

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Elizabeth Ferreira
Cartaxo E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 24/04/00
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Fornecimento de Serviço de Energia Elétrica para
Comunidades Isoladas da Amazônia: reflexões a
partir de um estudo de caso**

Autora: Elizabeth Ferreira Cartaxo

Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENERGIA**

**Fornecimento de Serviço de Energia Elétrica para
Comunidades Isoladas da Amazônia: reflexões a
partir de um estudo de caso**

Autora: Elizabeth Ferreira Cartaxo

Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2000

S.P. – Brasil

00011532

TIPO DE	100
* CHAMADA:	T/UNICAMP
	C242f
Ex.	
GRUPO BC/	41918
OC.	278/00
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
RECO	R\$ 11,00
DATA	25-08-00
* CPD	

CM-00142854-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C242f Cartaxo, Elizabeth Ferreira
Fornecimento de serviço de energia elétrica para comunidades isoladas da Amazônia: reflexões a partir de um estudo de caso / Elizabeth Ferreira Cartaxo.-- Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Energia solar. 2. Energia elétrica - Produção. 3. Sistemas de energia elétrica - Planejamento. 4. Energia – Fontes alternativas. I. Jannuzzi, Gilberto De Martino. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

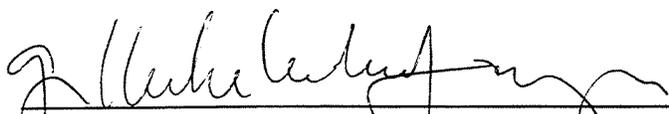
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENERGIA

TESE DE DOUTORADO

**Fornecimento de Serviço de Energia Elétrica para
Comunidades Isoladas da Amazônia: reflexões a
partir de um estudo de caso**

Autora: **Elizabeth Ferreira Cartaxo**

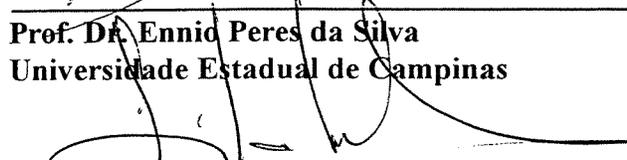
Orientador: **Gilberto De Martino Jannuzzi**



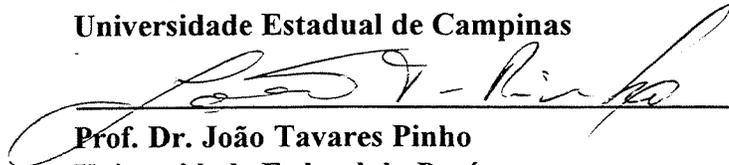
Prof. Dr. Gilberto De Martino Jannuzzi, Presidente
Universidade Estadual de Campinas



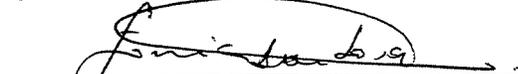
Prof. Dr. Ennio Peres da Silva
Universidade Estadual de Campinas



Profa. Dra. Sílvia Azucena Nebra de Pérez
Universidade Estadual de Campinas



Prof. Dr. João Tavares Pinho
Universidade Federal do Pará



Profa. Dra. Sônia Regina da Cal Seixas Barbosa
Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 24 de abril de 2000

Dedicatória:

Este trabalho é uma declaração de amor à Amazônia e ao seu povo. Povo que carrega no seu sangue a resistência do nordestino e a bravura do índio brasileiro.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser concluído sem a colaboração de diversas pessoas às quais presto minha homenagem.

Ao prof. Gilberto De Martino Jannuzzi, orientador desta tese.

Ao prof. Ennio Peres da Silva pelo apoio, tanto nas discussões do trabalho que muito ajudaram a elucidar questões, como pelo lado humano que muitas vezes ajudou a vencer obstáculos.

Ao prof. Luiz Augusto Barbosa Cortêz sem o qual minha estadia em Campinas seria muito desconfortável, não fosse o apoio prestado com o seu nome e de sua esposa Muriel.

Aos profs. Silvia Nebra e Waldir Gallo pelas discussões, sugestões e informações que muito contribuíram para a qualidade deste trabalho.

Aos funcionários da Unicamp, em especial aos secretários Rodrigues e Márcia Rogério pela atenção, carinho e presteza.

Aos profs. Rosana Parente e Perseverando, da Universidade do Amazonas, juntamente com sua equipe, pelo excelente trabalho e apoio na coleta dos dados de campo desta tese.

Aos alunos Daniel Nascimento e André Amaral do curso de engenharia elétrica da Universidade do Amazonas pela colaboração na coleta dos dados de campo deste trabalho.

Ao prof. Ricardo Cruz, do Instituto de Tecnologia da Amazônia, pela ajuda no estudo referente à produção de frio deste trabalho.

Ao Eng. Áureo Albuquerque, da Concessionária de Energia do Estado do Amazonas, pelas informações disponibilizadas, preciosas para a realização do estudo.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Ao Departamento de Eletricidade da Universidade do Amazonas pela liberação de minhas atividades acadêmicas para realizar este trabalho.

Ao meu esposo, Waldo Manguiera, cujo amor, apoio, carinho e paciência nos momentos mais difíceis me trouxeram o equilíbrio necessário para superar todas as barreiras.

E finalmente, o último na ordem de referências mas o primeiro na escala de valores, agradeço a Deus, Senhor de minhas forças e inspirador de minhas idéias.

*Como os caboclos empurram um batelão
que dormiu atracado na beira da várzea
e amanheceu encalhado
porque de noite as águas desceram demais,
assim nós te empurramos para o futuro,
encalhada Amazônia,
pelos pântanos da nossa indiferença,
sobre os cedros balofos da retórica
que mal nos ajudava a te esquecer.
Te guardávamos para um futuro
encoberto pela cerração da friagem,
como se as raízes das tuas árvores,
o canto de teus pássaros noturnos,
o sonho mineral de tuas águas,
estivessem estagnados, encantados
no cerne de uma abstração do tempo.
Como quem se desvia
da caranguejeira peluda,
como quem bota de lado
o panelo que te pesa,
como quem afasta os olhos
da coruja que te agoura,
como quem deixa para depois,
um dia quando
o plantio difícil de ser feito
e faz de conta que o rangido
na cumeeira rachada
é só o vento,
ora é o vento e nada mais
- assim te deixamos encalhada
nos limos apodrecidos do descaso
à espera de que o acaso
de uma enchente imaginária
te fizesse flutuar
ao encontro do teu rumo esquecido
perdido na fundura das águas”*

*Tiago de Mello
Poeta Amazonense*

Índice

1 Introdução	01
2 Antecedentes Históricos da Amazônia e o Planejamento Energético Rural Para Áreas Remotas	06
2.1. A Evolução da Ocupação Econômica da Região Amazônica	07
2.1.1. A Origem do Povo da Amazônia e sua Relação com o Uso de Energia	10
2.1.2. O Ciclo da Borracha	13
2.1.3. As Estratégias Oficiais para a Amazônia	21
2.1.4. A Complexidade Amazônica	26
2.2. A Importância do Planejamento Energético em Áreas Rurais Remotas	29
2.2.1. As Pesquisas e Experiências Implementadas em Áreas Rurais	31
2.2.2. Crescimento Urbano e as Necessidades Energéticas das Populações de Áreas Rurais	32
2.3. A Energia Solar	36
2.4. A Importância do Uso Eficiente e da Conservação de Energia no Setor Residencial	38
3 Metodologia Utilizada e Fundamentação Teórica do Trabalho	41

3.1. Metodologia Empregada para Elaboração dos Questionários	43
3.1.1. A Estrutura do Setor Residencial	46
3.1.2. A Estrutura do Setor Primário	49
3.1.3. O Setor Secundário	51
3.1.4. A Estrutura do Setor Terciário	52
3.2. Métodos Quantitativos Utilizados na Análise Econômica	55
3.2.1. Métodos de Análise Econômica para Escolha de Investimentos Alternativos	56
3.3. O Planejamento Integrado	58
3.4. O Gerenciamento Pelo Lado da Demanda	61
3.4.1. Os Resultados do Gerenciamento Pelo Lado da Demanda	66
4 Caracterização Sócio-Econômica e Energética da Região de Campinas	70
4.1. Localização de Campinas	72
4.2 Características Sócio-Econômicas da População	78
4.2.1 Escolaridade da População	80
4.2.2 Características dos Imóveis	81
4.2.3 Características Econômicas	85
4.2.4 Lazer	87
4.3 Características Energéticas	87
4.3.1 Setor Residencial	89
4.3.2 Setores Comercial, Público e de Serviços	104
4.3.3 Características Gerais	107
5 O Sistema Elétrico de Vila Campinas	113
5.1 Características Gerais do Suprimento de Energia Elétrica	113
5.2 Análise Econômica dos Sistemas	114
5.2.1 Sistema Diesel	115
5.2.2 Sistema Solar	126
5.2.3 Sistema Híbrido Solar-Diesel	131

5.2.4 Custos de Geração	138
6 Análise Técnica da Oferta e Gerenciamento da Demanda Visando um Melhor Aproveitamento do Sistema Elétrico de Vila Campinas	144
6.1 Alternativas Para o Projeto do Sistema Híbrido	145
6.1.1 O Dimensionamento dos Painéis Fotovoltaicos	146
6.1.2 Eliminação do Banco de Baterias	148
6.2 Perspectivas Iniciais do Projeto	152
6.3 Ações Pelo Lado da Demanda de Iluminação	154
6.3.1 O Comportamento da Carga	160
6.3.2 Os Custos Envolvidos	163
6.3.3 Considerações Econômicas e Operacionais	166
6.4 Uma Fábrica de Gelo para Vila Campinas	167
6.4.1 Dados Preliminares do Projeto	169
6.4.2 Cálculos de Carga Térmica de Armazenagem	170
6.4.3 A Máquina de Fabricação de Gelo	171
6.4.4 Motivação e Vantagens do Sistema de Frio	174
6.5 Considerações	175
7 Conclusões e Recomendações	179

Referências Bibliográficas

Anexos

Resumo

CARTAXO, Elizabeth Ferreira, *Fornecimento de Serviço de Energia Elétrica Para Comunidades Isoladas da Amazônia: reflexões a partir de um estudo de caso*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. No. de pg. 230, Tese (Doutorado)

O objetivo deste trabalho consiste na apresentação dos indicadores sócio-econômicos e energéticos de comunidades isoladas da Amazônia, caracterizada a partir de dados levantados numa pesquisa de campo de uma localidade no Estado do Amazonas. O trabalho apresenta uma análise técnica e econômica do sistema híbrido solar-diesel que fornece energia para a comunidade, abordando questões de desempenho e viabilidade de custos em relação a operação única com diesel, dentro do universo estrutural das formas de uso de eletricidade e das condições de sustentabilidade por parte dos consumidores. É feito um estudo da carga pelo lado da demanda com a finalidade de identificar os padrões de consumo dessas populações e estabelecer alternativas de uso mais eficiente e com atratividade econômica de modo a estimular a geração de renda familiar, considerando suas necessidades energéticas e seu modelo de produção.

Palavras Chave

Energia Solar, Sistema Híbrido, Gerenciamento da Demanda

Abstract

CARTAXO, Elizabeth Ferreira, *Fornecimento de Serviço de Energia Elétrica Para Comunidades Isoladas da Amazônia: reflexões a partir de um estudo de caso*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. No. de pg. 230, Tese (Doutorado)

The objective of this work consists of the presentation of the isolated communities' of Amazônia socioeconomic and energy indicators, characterized starting from data lifted in a research of field of a place in the State of Amazonas. The work presents a technical and economic analysis of the system hybrid solar-diesel that supplies energy for the community, approaching acting subjects and viability of costs in relation to only operation with diesel, inside of the structural universe in the ways of use of electricity and of the sustentabilidade conditions on the part of the consumers. It is made a study of the load on the side of the demand with the purpose of to identify the patterns of consumption of these populations and to establish alternatives of more efficient use and with economic atratividade in way to stimulate the generation of income familiar, considering its energy needs and its production model.

Key Words

Solar Energy, Hybrid System, Demand Management

Lista de Figuras

Figura 2. 1. Número de usinas termelétricas instaladas no interior do Estado do Amazonas ao longo das últimas décadas	28
Figura 3.1. Diagrama estrutural dos Setores da Economia	44
Figura 3.2. Estrutura da matriz sócio-econômica dos setores da economia	45
Figura 3.3. Diagrama da estrutura de tipologia do Setor Residencial	48
Figura 3.4. Diagrama da estrutura de tipologia do Setor Primário	51
Figura 3.5. Diagrama da estrutura de tipologia do Setor Terciário	54
Figura 3.6. Estratégias de GLD para modificar o perfil da curva de carga	62
Figura 4.1. Mapa do Estado do Amazonas com todas as usinas de energia elétrica instaladas (CEAM)	75
Figura 4.2. Esquema completo do fogão a lenha com combustão limpa	84
Figura 4.3 Perfil estimado da curva de carga do setor residencial de Vila Campinas	92
Figura 4.4. Perfil das curvas de carga do setor residencial estimado e do sistema registrado (referentes aos meses de maio e agosto/97, respectivamente)	92
Figura 4.5. Perfil da Curva de carga e índice percentual de uso dos ventiladores do setor residencial	97
Figura 4.6. Curva de carga e índice percentual de uso diário dos televisores do setor residencial	98
Figura 4.7. Perfil da curva de carga e índice de uso diário das lâmpadas incandescentes	101

Figura 4.8. Perfil da curva de carga da iluminação do setor residencial	102
Figura 4.9. Contribuição estimada de cada uso final de energia na carga residencial total	103
Figura 4.10. Curva de carga média diária de uma residência típica de Vila Campinas	103
Figura 4.11. Perfil estimado da curva de carga dos setores público e serviços (escola e igrejas)	104
Figura 4.12 Perfil estimado da curva de carga e índice percentual de uso diário dos ventiladores em escolas e igrejas	106
Figura 4.13. Perfil registrado da curva de carga do Sistema Campinas (agosto-97/CEPEL)	107
Figura 4.14. Perfil das curvas de carga estimada e registrada (maio/97/Pesquisa e agosto/97/CEPEL)	108
Figura 4.15. Participação estimada de cada uso final no total da energia registrada pelo Sistema de Vila Campinas	109
Figura 4.16. Curva de carga estimada para operação 24 horas diárias do Sistema	110
Figura 4.17. Participação dos setores da economia na demanda do Sistema de Vila Campinas (Dados registrados referentes ao mês de fevereiro de 1999/CEAM)	110
Figura 4.18. Características, por setor da economia, da demanda de eletricidade no interior do Estado do Amazonas (Dados do IBGE, CEAM e BEN/1998)	111
Figura 5.1. Curvas de potência de motores diesel	117
Figura 5.2. Fluxo de caixa para o Sistema Diesel	122
Figura 5.3. Perfil da curva de carga para operação 24 horas	124
Figura 5.4. Perfil médio registrado de radiação solar diária em Campinas (outubro/95-julho/96)	128
Figura 5.5. Fluxo de caixa para o Sistema Solar	130
Figura 5.6. Diagrama de Blocos do Sistema Híbrido	132

Figura 5.7. Diagrama elétrico simplificado do sistema híbrido solar/diesel	133
Figura 5.8. Fluxo de caixa para o Sistema híbrido solar-diesel	135
Figura 6.1. Fluxo de caixa para o sistema híbrido solar-diesel, com modificação no conjunto de painéis fotovoltaicos	150
Figura 6.2. Evolução do número de consumidores de Vila Campinas/AM	153
Figura 6.3. Perfil da demanda média estimada de Vila Campinas (junho/95)	153
Figura 6.4. Evolução do percentual de participação dos setores da economia no consumo de eletricidade dos sistemas do interior do estado do Amazonas	157
Figura 6. 5. Perfil estimado da curva de carga de iluminação incandescente e o equivalente à substituição por lâmpada PLE	160
Figura 6. 6. Perfil estimado da curva de carga do sistema e a mudança neste perfil, resultado da troca das lâmpadas incandescentes por PLE	161
Figura 6.7. Perfil estimado da curva de carga de iluminação incandescente e o equivalente à substituição por lâmpada fluorescente circular	162
Figura 6.8. Perfil estimado da curva de carga do sistema e a mudança neste perfil, resultado da troca das lâmpadas incandescentes por fluorescentes circular	162
Figura 6.9. Perfil estimado das curvas de carga, para as três situações de iluminação	163
Figura 6.10. Esquema geral da instalação	170
Figura 6.11. Container para 250 kg de pescado	171
Figura 6.12. Novo perfil estimado da curva de carga, considerando a adoção das medidas propostas(fábrica de gelo e lâmpadas PLE)	177
Figura 6.13. Novo perfil estimado da curva de carga, considerando a adoção das medidas propostas(fábrica de gelo e lâmpadas FLC)	178

Tabela 4.8. Método de eliminação do lixo em Campinas	83
Tabela 4.9. Índice de remuneração dos trabalhadores	86
Tabela 4.10. Faixa etária da população economicamente ativa	86
Tabela 4.11. Dados de 1995 do Sistema de Geração a diesel de Vila Campinas.	88
Tabela 4.12. Posse de eletrodomésticos por domicílio	89
Tabela 4.13. Tipos dos equipamentos encontrados na Vila	90
Tabela 4.14. Consumo médio individual dos equipamentos (kWh/mês/aparelho)	91
Tabela 4.15. Dados levantados e estimados das geladeiras	94
Tabela 4.16. Dados levantados e estimados dos “freezers”	95
Tabela 4.17. Dados levantados e estimados dos ventiladores	96
Tabela 4.18. Dados levantados e estimados dos televisores	98
Tabela 4.19. Tipo de lâmpada encontrada nas residências eletrificadas	99
Tabela 4.20. Tipo de lâmpada fluorescente encontrado nos domicílios	99
Tabela 4.21. Tipo de lâmpada incandescente encontrado nos domicílios	100
Tabela 4.22. Dados levantados e estimados das lâmpadas incandescentes do Setor Residencial	100
Tabela 4.23. Parâmetros do setor residencial em duas situações de número de consumidores	105
Tabela 5.1. Características dos Motores	115
Tabela 5.2. Parâmetros Utilizados para Análise do Sistema Diesel	115
Tabela 5.3. Consumo de diesel e horas de operação do grupo gerador da UTE Campinas/1997	119
Tabela 5.4. Consumo de diesel e horas de operação do grupo gerador da UTE Campinas/1998	120
Tabela 5.5. Parâmetros utilizados na análise do Sistema Solar	129
Tabela 5.6. Parâmetros Utilizados para Análise no Sistema Híbrido	134
Tabela 5.7. Planilha de custos anuais do Sistemas Diesel	138
Tabela 5.8. Planilha de custos em vinte anos de operação do Sistemas Diesel	138
Tabela 5.9. Planilha de custos em vinte anos de operação do Sistemas Solar	140
Tabela 5.10. Planilha de custos anuais do Sistemas Híbrido	141

Tabela 5.11. Planilha de custos em vinte anos de operação do Sistemas Híbrido	141
Tabela 5.12. Custo específico de geração dos Sistemas Diesel e Híbrido (\$/kWh)	142
Tabela 5.13. Diferenças entre custos dos Sistemas	143
Tabela 6.1. Parâmetros usados na análise do sistema híbrido, sem o banco de baterias.	150
Tabela 6.2. Planilha de custos em vinte anos de operação do sistemas híbrido, sem o banco de baterias	151
Tabela 6.3. Participação do Consumo residencial de eletricidade dos Estados na Região Norte (%)	155
Tabela 6.4. Consumo residencial de eletricidade das Regiões Brasileiras (%)	156
Tabela 6.5. Consumo residencial de eletricidade no Estado do Amazonas (%)	156
Tabela 6.6. Tipos e características das lâmpadas usadas no trabalho	159
Tabela 6.7. Planilha de consumo para os casos de iluminação com lâmpada incandescente, PLE e FLC	165
Tabela 6.8. Resultado da análise de custos das opções de projeto para o sistema híbrido de Vila Campinas, do ponto de vista da oferta	175

CAPÍTULO 01

INTRODUÇÃO

Avaliar, pensar, ponderar para bem agir, para mudar certo, para construir um futuro desejável, melhor do que este amanhã que o presente está a nos indicar... Este mote é um dos mais caros “leitmotiv” acadêmicos, dos que acreditam na força do racionalismo, na proposição de alternativas para o desenvolvimento da Sociedade. Certamente que as mudanças requerem mais, impõe também coordenar vontades e a capacidade de sonhar em novas dimensões, mas ainda assim, dar a conhecer melhor as estruturas sócio-econômicas atuais e suas perspectivas é uma função vital para a concepção e a construção de novos cenários.

Esta tarefa ganha ainda mais relevo quando nas condições amazônicas, cujos desafios para uma racional integração econômica só encontram comparação frente à magnitude dos recursos disponíveis e à complexidade do ambiente. Naquela região tudo é superlativo, como dizia Thiago de Mello (poeta amazonense), a “Terra das Águas e Pátria do Sol”, e a ânsia de uma nova realidade explode na multidão dos excluídos e nas elevadas taxas de expansão da demanda energética.

O presente trabalho é parte deste esforço analítico, como uma tentativa para embasar decisões e oferecer uma reflexão sobre as possibilidades de que a expansão da capacidade instalada de geração de energia elétrica ocorra em um marco de alto desempenho.

De ciclos e sustos tem vivido a Amazônia, épocas de áureas e derrocadas que atordoam sua história, fazendo dos seus caboclos meros espectadores do acaso, vítimas da ignorância dos que não sabem gerenciar suas riquezas. E a energia, que de tão essencial, se tornou indispensável para o rumo do bem estar humano, é, ainda, para algumas regiões da Amazônia, um privilégio de poucos. O atendimento precário marca sua realidade, mesmo nos grandes centros, como a exemplo da cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas. A geração a diesel continua sendo o mais significativo vetor da matriz energética para toda a região.

O uso racional de energia e as fontes alternativas ainda são legados a segundo plano pelo planejamento energético regional. A pergunta de sua gente é: Qual a saída? No caso das pequenas populações dessa região, quais são as alternativas? Qual o seu atrativo para a economia de mercado?

Responder estas perguntas é um trabalho de fôlego, porque embora haja algumas obviedades nessas respostas, seu caminho não é simplório. Foi com essa consciência que o presente trabalho procurou conhecer, com profundidade, detalhes das características dessa gente, especificamente, das pequenas vilas, remotas, isoladas, aparentemente de nenhum peso econômico, se considerado o valor agregado de sua atividade produtiva. Com as perspectivas do novo cenário do setor elétrico que surge no Brasil, com as privatizações e um mundo globalizado, qual será o futuro de quem não consegue seduzir o interesse do investidor? Qual é o potencial de desenvolvimento dessas localidades que pode ser estimulado a partir da oferta de energia elétrica? Quais suas necessidades energéticas? Como é o seu padrão de consumo?

São questões desafiadoras, que certamente não são resolvidas com ações paternalistas do Estado, porque o novo quadro que se delineia pelo setor não aceita pagar essa conta, fato esse já anunciado pelo prazo de vigor da conta de consumo de combustível (CCC). Faz-se necessário investigar para determinar a verdadeira vocação energética dessa região, uma energia que derive de seus recursos naturais, que sustente a cadeia de custos e atenda, não somente o consumo doméstico, também direito de todo cidadão brasileiro, mas que alimente sua cadeia produtiva, para que dela saia o seu sustento e a capacidade de poder pagar por ela.

Com este propósito, este trabalho é uma tentativa de identificar os padrões de consumo, anteriormente mencionado, dessas comunidades, através de um estudo de caso, onde o alvo da pesquisa foi uma pequena vila no Estado do Amazonas, escolhida por abrigar um projeto de fonte alternativa de geração de energia elétrica. Trata-se de um sistema único na América Latina, implantado na Amazônia pelo CEPEL, com a finalidade de verificar o seu desempenho nas condições climáticas da região, já que utiliza energia do Sol. Foi instalado nessa comunidade um sistema híbrido solar-diesel de geração de energia elétrica para alimentar uma rede de distribuição que fornece energia à comunidade de Vila Campinas.

Este trabalho realizou uma pesquisa de campo nas duas fases do projeto, antes de sua implantação, quando o sistema operava unicamente com o diesel, e depois de sua operação (híbrido). Um dos objetivos do trabalho foi traçar o perfil de consumo dos habitantes da vila e suas características social e econômica. Estes dados foram levantados através de pesquisa de campo, tratados estatisticamente, e são apresentados no Capítulo 4 desta tese.

Porém, inicialmente, foi feita uma pesquisa bibliográfica da evolução histórica da Região Amazônica, na intenção de compreender o contexto político e humano em que está inserida, para que se possa localizar quais as estratégias que poderiam funcionar na região a partir do conhecimento de sua história, para que erros não sejam repetidos. Parece ser esta uma das principais funções do passado. A Seção 2.1 traz um resumo dos pontos considerados mais relevantes dessa revisão histórica.

Na Seção 2.2 foi feita uma revisão bibliográfica da abordagem de alguns autores sobre a importância e necessidade do planejamento energético para áreas rurais remotas, as necessidades energéticas e pesquisas realizadas nessas áreas, tendo em vista que este trabalho trata de pequenas localidades isoladas, também remotas, haja visto suas localizações, que nada mais são do que zonas rurais (ver características econômicas, Capítulo 4).

Em seguida, na Seção 2.3, foi feito um breve histórico do surgimento da energia solar e sua inserção como fonte energética, para conhecer um pouco mais de uma das fontes de objeto deste

estudo (em virtude do sistema que alimenta a vila usar fonte solar). E finalmente, a Seção 2.4 apresenta um resumido levantamento bibliográfico sobre uso eficiente e conservação de energia, necessário para a análise abordada no Capítulo 6 e 7.

O Capítulo 3 mostra a metodologia empregada no trabalho, tanto para a fase do levantamento de dados quanto para a análise realizada nos estudos econômicos e gerenciamento da demanda, abordados nos Capítulos 5, 6 e 7.

O Capítulo 5 apresenta uma análise técnico-econômica do sistema elétrico de Vila Campinas. O objetivo é determinar os custos das possibilidades de geração de energia do sistema, do próprio projeto já implantado. É importante ressaltar que o dimensionamento do projeto foi realizado pelo Laboratório de Fontes Renováveis (NREL/USA) e não foi interesse deste trabalho questionar ou conferir os números apresentados, a crítica e análise foram feitas em cima do que foi executado, para verificar os benefícios ou falhas do mesmo, tendo em vista torná-lo um referencial para outras análises ou projetos.

Determinados os custos que envolvem o sistema, o Capítulo 6 discutiu as possibilidades de redução desses custos com medidas de gerenciamento da demanda, para melhorar o desempenho da geração (com vistas ao consumo de óleo e o crescimento futuro da carga), assim como ações que não somente minimizassem o uso da energia, mas esse uso fosse destinado a uma atividade produtiva (apontada pela características sócio-econômicas no Capítulo 4) que pudesse gerar incremento de renda familiar. O resultado esperado é um perfil de carga compatível com o uso eficiente de energia; minimamente resguardado para um crescimento futuro; com demanda noturna reduzida para não onerar os custos com o consumo de óleo diesel; uso da energia para atividade econômica; e desenvolvimento da comunidade para torná-la capaz de pagar pelo serviço de energia que recebe.

Finalmente, o Capítulo 7 aborda os meios para se implementar as medidas sugeridas no Capítulo 6, através da participação dos usuários do sistema na comunidade, e apresenta as

CAPÍTULO 02

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DA AMAZÔNIA E O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO RURAL PARA ÁREAS REMOTAS

Em virtude deste trabalho referir-se particularmente ao caso de uma pequena região da Amazônia Brasileira é importante contextualizar esta tese à luz da sua história, com o objetivo de compreender que ao longo de sua passagem política pelas mãos dos governantes a Amazônia tem sido alvo de planos e intenções que não fizeram com que ela encontrasse a sua verdadeira vocação para o caminho do desenvolvimento, especialmente quando passa pela questão energética, propulsora fundamental deste fim.

Na Seção 2.1 está descrito um resumo da história política e da ocupação humana da Região Amazônica, usando como referência textos de historiadores e pesquisadores que voltaram seus estudos para aquela Região. Na Subseção 2.1.2 são apresentadas as hipóteses de alguns autores da origem do povo e do contexto de formação geográfica da região e sua importância para o Estado Brasileiro, e também como seus habitantes faziam uso das diversas formas de energia em suas atividades.

A Subseção 2.1.2 descreve toda a fase de maior participação da Amazônia brasileira na economia do país, o ciclo da borracha, desde sua descoberta, expansão, as migrações, principalmente do nordestino, o comércio, o crescimento populacional de Manaus, a chegada da energia elétrica, o desenvolvimento urbano e o seu declínio.

Na Subseção 2.1.3 são relatados os principais planos e estratégias oficiais para ocupar e restabelecer as atividades produtivas da região Amazônica, tendo em vista que o ciclo da borracha não promoveu sustentação de outra fonte econômica local. Descreve-se a criação da Zona Franca de Manaus e suas conseqüências para o Estado do Amazonas, especialmente para as populações do interior com a migração para a capital.

Dentro da visão de que os planos estratégicos implementados na Amazônia não trouxeram ainda o desenvolvimento necessário para seu crescimento econômico com bem estar social é que procurou-se levantar os trabalhos voltados para o planejamento energético em áreas rurais, particularmente nas localidades remotas, apresentados na Seção 2.2. A Subseção 2.2.2 mostra trabalhos que apontam os problemas decorrentes do crescimento urbano desordenado e a importância de se direcionar ações para atender as necessidades de pequenas cidades e vilas nas áreas rurais como medida para reverter esse quadro e vocacionar o país para suas reais potencialidades.

A Seção 2.3 traz um resumo da evolução da energia solar ao longo das últimas décadas e sua importância no suprimento de energia, principalmente eletricidade, para as localidades mais distantes, onde é pouco o atrativo econômico para a chegada da rede elétrica convencional ou onde esta seja de difícil acesso.

E finalizando este Capítulo, a Seção 2.4 mostra trabalhos onde se observa a importância de conhecer as formas de uso racional de energia através de tecnologia eficiente, principalmente numa economia em que os custos financeiros dos projetos muitas vezes prevalecem sobre os custos sociais dos investimentos, fazendo com que desperdícios representem irracionalidade de uso e prejuízo para os objetivos.

2. 1. A EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO ECONÔMICA DA REGIÃO AMAZÔNICA

A floresta amazônica encontra-se hoje definitivamente no foco de interesse de todos. Última grande reserva de madeiras tropicais do planeta, abrigando um imenso patrimônio biológico

sob a forma de milhões de espécies de organismos, regulando o ciclo hidrológico da maior bacia hidrográfica do mundo, fornecendo 20% de toda a água doce que chega aos oceanos com a descarga dos rios, vem esta floresta sucumbindo rapidamente à expansão da fronteira agrícola em diversos países Amazônicos.

A Amazônia compartilha com o resto dos trópicos úmidos uma alta radiação solar, temperaturas relativamente uniformes, alta pluviosidade e umidade. A Bacia é constituída em 98 % de terra firme e 2 % de várzea. A maior causa de variabilidade em insolação provém da cobertura de nuvens, a média de incidência solar na região é de 167 kJ/m^2 por dia (SALATI, 1983).

A floresta tropical úmida de terra firme, sendo um dos ecossistemas mais complexos que se conhecem, requer evidentemente soluções mais diferenciadas para sua utilização. As pressões que se delineiam sobre os recursos naturais e os espaços desta imensa região tornam urgentes a formulação de uma política coerente, bem fundamentada, que garanta a obtenção de um equilíbrio entre conservação da natureza e produção econômica sustentada.

O que se entende exatamente por Amazônia? Quais são seus limites?

É uma pergunta difícil de se responder. O termo Amazônia é amplamente usado para designar a grande região equatorial de terras baixas, cobertas de florestas, ao norte do continente sul-americano.

A Amazônia é também muitas vezes identificada com a área coberta de florestas, da bacia de drenagem do rio Amazonas. O rio Amazonas, que percorre toda a região de oeste para leste, com seu vale quase paralelo à linha do Equador, drenando uma área de aproximadamente 6 milhões de quilômetros quadrados (excluindo-se a bacia de Tocantins), representa uma das características mais marcantes da Amazônia, funcionando como elemento integrador da grande região.

No Brasil, o conceito de Amazônia tornou-se mais fluido, porque, além da Amazônia como uma unidade paisagística natural, criou-se, para fins de planejamento, uma Amazônia Legal. Criada pelo governo brasileiro em 1966, está limitada pelo paralelo de 16°S em Mato Grosso, pelo 13°S em

Tocantins, e pelo meridiano de 44°W Gr. no Maranhão. Essa enorme região cobre uma área de 5.033.072 km², ou seja, 59,1% do território, e abrange grandes extensões de matas de transição e de cerrados fora do domínio equatorial Amazônico (SANTOS, 1980).

A Amazônia é caracterizada por grandes extensões de florestas densas, com uma grande diversidade florística, grande quantidade de biomassa, genericamente denominada de floresta tropical úmida ou floresta tropical pluvial. Esta floresta é comumente conhecida como a Hiléia, segundo a denominaram Humboldt e Bonpland no início do século XVIII. No entanto, as formações vegetais da Amazônia são muito mais variadas do que esta generalização sugere.

A Amazônia, apresenta em geral, condições ótimas para fotossíntese, ou seja, a produção de carboidratos pelas plantas a partir de águas e gás carbônico, usando como energia a radiação solar. Estes ingredientes são abundantes na região, onde as temperaturas também são favoráveis ao processo durante todo o ano. Há, portanto, um potencial elevado de produção de matéria orgânica, situado acima de 8 toneladas de carbono fixo por hectare por ano (equivalente a 20 toneladas de matéria prima seca por hectare por ano).

A biomassa da floresta, isto é, a massa da matéria viva presente numa dada área, num dado instante, é também muito grande, da ordem de 500 toneladas por hectare, expressa em peso seco, o que é equivalente a 200 toneladas de carbono por hectare. Esta biomassa é constituída em sua quase totalidade pelas plantas, especialmente pelas árvores e plantas lenhosas. A biomassa animal representa uma fração muito pequena da biomassa total, sendo da ordem de algumas dezenas de kg/ha (peso fresco) para os vertebrados, e de algumas centenas de kg/ha (peso fresco) para os invertebrados, sobretudo insetos (SALATI et ali, 1983).

Estes fatos têm sido motivo de especulações otimistas relativas ao potencial agrícola da região, ou, mais recentemente, com relação à utilização dos recursos madeireiros e à conversão das imensas reservas de biomassa em energia. Infelizmente o Brasil ainda não descobriu o potencial da Amazônia, e a Amazônia permanece adormecida; encalhada pelos descasos e indiferenças daqueles que não a conhecem e não sabem lidar com suas riquezas.

Paradoxalmente, a Amazônia tem representado um verdadeiro desafio agrícola, permanecendo até hoje entre as regiões mais atrasadas do mundo em termos de desenvolvimento da agricultura. Abstraindo-se os fatores históricos, sociais e econômicos que indubitavelmente são relevantes para a compreensão global do problema, pode-se dizer que do ponto de vista ecológico já se dispõe de informações para a explicação desta situação (SALATI et ali, 1983).

Ao lado do fluxo de energia, a reciclagem de materiais, especialmente nutrientes minerais essenciais ao crescimento das plantas, é uma das funções básicas dos ecossistemas.

2. 1. 1. A ORIGEM DO POVO DA AMAZÔNIA E SUA RELAÇÃO COM O USO DE ENERGIA

Os livros de história registram que a América foi "descoberta" por Cristovão Colombo em 1492 e o Brasil por Pedro Álvares Cabral em 1500. Entretanto, estas falácias são frutos do etnocentrismo europeu, pois os "descobridores" ao encontrarem o Novo Mundo, habitado por populações em graus diferentes de desenvolvimento cultural, às quais chamaram de *Índios* (porque Colombo pensou ter chagado às Índias), viram nelas seres inferiores, exóticos, sem "almas", que precisaram ser "civilizados", colonizados e cristianizados.

A origem do homem americano segue várias hipóteses, buscando nos estudos arqueológicos, em textos bíblicos, através da Atlântida, das linhas de migração, da botânica, da genética, a maioria levando a crer em não ser o homem americano autóctone.

Porém, as evidências científicas orientam para um povoamento realizado através do estreito de Bering, por grupos Asiáticos, a partir da Sibéria, num período em que a descida do nível do mar criou uma ponte terrestre (BENCHIMOL, 1977).

Ao contrário da maioria do povo que habitava o Velho Mundo, onde houve uma Idade do Ferro, os povos indígenas encontrados pelos europeus nunca aprenderam a usá-lo.

Com relação à Amazônia Brasileira, a reconstrução de seu passado pré-histórico encontra numerosas dificuldades, entre as quais enumeramos as seguintes (BENCHIMOL, 1977):

- a) falta de pesquisas.
- b) densa cobertura vegetal que dificulta a localização de vestígios arqueológicos;
- c) os instrumentos de material mais resistente, como a pedra, são raros e o clima é pouco propício à conservação de materiais tais como a madeira, fibras, ossos etc., dos quais, provavelmente, teria sido feita a maioria dos artefatos.

As prováveis mudanças de clima e vegetação alteraram os recursos de subsistência e o homem, que vivia na Amazônia em período anterior à Era Cristã, foi aos poucos desenvolvendo a técnica da derrubada e queima da mata (BENCHIMOL, 1977).

Um número crescente de especialistas começa a sugerir que foi a escassez da caça e da pesca, ou seja, disponibilidade da proteína animal, que limitou o desenvolvimento cultural de assentamentos humanos em terra firme na Amazônia.

A história da Amazônia tem sido muito pouco estudada de forma sistemática nos arquivos regionais e no exterior. Além disso, os primeiros viajantes não indígenas parecem ter dado pouca atenção à grandiosidade de seus feitos, quase nada deixando registrado, fazendo com que se possa apenas fazer base em dados precários para as informações registradas nos escritos sobre as primeiras explorações da costa Amazônica e do rio Amazonas, assim como as primeiras tentativas de colonização dessa área.

Os índios que habitavam a região não conheciam o metal, sua ferramenta era a pedra. Suas casas eram cobertas com folhas e quando estas apodreciam eles se mudavam para outra área. Sua agricultura era rudimentar, praticavam a caça e a pesca, e algumas tribos construíam canoas, a partir dos troncos das árvores, muitas vezes de grandes dimensões, e conheciam o fogo. Eles utilizavam o fogo em várias aplicações, como, por exemplo, na produção de farinha de mandioca. A fonte de

energia empregada para produzir o fogo era a lenha, a forma usada era o calor ou energia calorífica e o equipamento de uso, o tacho¹ (BENCHIMOL, 1977).

No interior das ocas faziam fogueiras para fins de iluminação, aquecimento, cozimento de alimentos e para afastar os animais, todas de pequeno porte para permitir a saída dos produtos da combustão e evitar a intoxicação com esses produtos.

Além da lenha, o índio empregava bastante a força muscular, não apenas na realização das tarefas habituais mais simples, mas na fabricação de canoas (juntamente com o fogo), no corte das árvores e no transporte até o local onde construía as ocas. No transporte sobre água a força propulsora era a braçal, dado que não praticavam a navegação a vela.

Os índios brasileiros não utilizavam a energia de animais ou dos ventos, nem no transporte nem em outras atividades, pois não conheciam o boi, o cavalo, o moinho de vento e a vela de pano. A energia solar era utilizada na secagem de alimentos e de sementes. As aldeias indígenas mais populosas da Amazônia estavam concentradas nas margens dos rios e os índios viviam de forma bastante simples se comparados com a maioria dos grupos da região central da América.

Em 1541, o capitão espanhol Francisco de Orellana, na sua viagem de conquista às terras "lendárias", na época propagadas como o "El Dorado", realizou a primeira viagem no rio Amazonas. Deu-se então o primeiro contato entre os reais descobridores da Amazônia e os que dela pretendiam tomar posse em nome da Espanha. Este contato foi bastante amistoso, ficando os espanhóis com um bom suprimento de peixes e aves que os índios lhes ofertaram, embora posteriormente tenham-se registrado hostilidades durante as quais Orellana matou muitos índios, com armas de fogo, enforcamentos e pondo fogo em suas casas. Iniciava-se, para o indígena, que até então ocupara o ambiente de forma harmônica, um período que já leva quatro séculos, em que ele teve de enfrentar o apossamento de suas terras, a perturbação do meio ambiente onde vivia, a dizimação de sua gente pela guerra, escravidão e doenças (BENCHIMOL, 1977).

1 Vaso de barro largo e de pouca fundura.

A navegação no Amazonas, em direção ao mar, levou cerca de 8 meses, tendo terminado em agosto de 1542. Após a viagem, o grande rio passou a ser conhecido, durante algum tempo, por rio de Orellana.

As terras às margens do rio Amazonas e a floresta encontradas pelos europeus eram pujantes, a alimentação frutífera era farta, a terra era densamente povoada pelos indígenas e o rio era o caminho utilizado.

2. 1. 2. O CICLO DA BORRACHA

Os índios já usavam a borracha em flechas incendiárias, na confecção de tochas, em vasilhames e outros. Os interesses dos europeus cresceram, e a partir de 1736 foram enviados à Amazônia engenheiros e cientistas, cercados das atenções oficiais, encarregados de estudar as árvores das quais escorria um leite que era usado de formas diversas pelos índios.

Em 1745, La Condamine apresentou uma comunicação sobre a borracha na Academia de Ciências de Paris; em 1751, Fresneau, com o apoio de La Condamine, apresentou à mesma Academia o resultado de suas observações e estudos; e em 1762, o botânico Fuset Aubley descreveu a *Hévea brasiliensis*. Nesse mesmo ano, Fresneau, depois de haver pesquisado durante cerca de 20 anos a liquefação do produto coagulado, comunicou ao governo francês a sua descoberta de ter conseguido dissolvê-lo em terebentina (SANTOS, 1980).

Nos anos que se seguiram, outras descobertas, no sentido de transformar a borracha em matéria-prima para uma nova indústria, foram feitas não só na França mas, também, na Inglaterra. E na Escócia, em torno de 1823, Charles Mac Intosh empregou um novo solvente, a nafta do carvão. Com os resultados obtidos, ele fundou uma fábrica de tecidos a prova d'água. Todavia, a vulcanização da borracha, que iria resolver definitivamente o fato de ela ser muito dura no frio e pegajosa no calor, só foi solucionada em 1839, por Goodyear, um americano. Como esse processo empregava enxofre e calor, ele foi associado ao deus mitológico Vulcano e, daí, o nome de vulcanização com que foi disseminado (SANTOS, 1980).

Teve início então a época áurea do ciclo da borracha, com a intensificação da comercialização deste produto para a Europa e América do Norte.

Em 1803, Robert Fulton construiu o primeiro barco a vapor que teve sucesso comercial. O desenvolvimento da navegação marítima e fluvial, a partir de Fulton, foi enorme, pois os problemas da navegação a vela foram superados. A energia primária utilizada era o carvão mineral. No Brasil utilizou-se por muito tempo o carvão importado, pois as máquinas importadas não eram apropriadas para o uso de lenha.

Em virtude do aumento da demanda da borracha na região, pesava sobre a Amazônia o interesse do domínio de países como Estados Unidos, França e Inglaterra. O governo imperial resolveu incorporar essa região ao surto de expansão que estava a se iniciar no sul, introduzindo o navio a vapor. Assim, pela lei 1.037 de 10 de agosto de 1852, foi concedido à Companhia de Navegação e Comércio do Amazonas, sob a direção do Barão de Mauá, o privilégio exclusivo da navegação a vapor, comércio e colonização no rio Amazonas, durante 30 anos (SANTOS, 1980).

A Companhia começou a operar com três navios pequenos, os quais gastavam 22 dias na viagem Belém-Manaus-Belém, o que significava uma velocidade sete vezes maior que a das embarcações tradicionais. Estas embarcações tradicionais, em época de chuvas, chegavam a levar de dois a três meses no trajeto de Manaus a Belém.

Com o aumento dos grupos de imigrantes que iam atrás de seringais silvestres, a Companhia não pode continuar a atuar sozinha e outras surgiram, inclusive frotas particulares. Por essa época a borracha já era o principal produto de exportação do Amazonas. Assim, uma parcela da mão-de-obra que antes era empregada nos meios de transporte a vela ou a remo pôde deslocar-se para a extração da goma elástica. Além disso, os meios de comunicação foram grandemente facilitados.

Os costumes mudaram rapidamente, quando os vapores começaram a navegar no rio Amazonas, trazendo uma onda de novas idéias, mecanização e modas para a região.

A Fase de Expansão da Borracha

A demanda primitiva de borracha pela nova indústria na Europa e nos Estados Unidos prendia-se a necessidades bem definidas, relacionadas com bens de consumo, do gênero de roupas e calçados impermeáveis ou borrachas-de-apagar. Ao mesmo tempo, invenções e aplicações apareceram no campo das necessidades industriais: correias de transporte fabril, tubos, luvas, gasômetro elástico, mangueiras contra incêndio, blocos para amortecimento de balanço em carruagens, lâminas preservadoras de infiltração em embarcações e tetos de edifícios, verniz de borracha para a fabricação de lonas e carpetes, cordas revestidas de borracha. A produção de almofadas, camas, travesseiros infláveis e bolas de jogo, veio atender a outros desejos do consumidor (SANTOS, 1980). Até se chegar à vulcanização da borracha, que solucionava o problema da pegajosidade da borracha e ampliava sua utilização em produtos industrializados.

Em 7 de dezembro de 1866, um decreto abria o rio Amazonas à navegação estrangeira, intensificando-se a comercialização da borracha e aumentando a oferta de empregos diretos ligados à navegação.

A Evolução Populacional: Migrações

A procura crescente da borracha no mercado mundial, carrou para a região Amazônica uma grande leva de imigrantes nordestinos e também de estrangeiros, pois, na verdade, foi o capital estrangeiro que financiou a vinda oficial da maioria dos imigrantes, uma vez que o governo da então Província do Amazonas, administrou e incentivou essa imigração.

A mão de obra indígena, recrutada de forma escrava, era usada na descoberta do produto e no reconhecimento dos canais, furos e igarapés, assim como na sua extração.

A demanda mundial da borracha crescia mais intensamente que a oferta, de 45,6 libras-ouro em 1850, o valor médio da tonelada exportada pela Amazônia subira a 141,1 em 1860 e atingira 200 em 1876. O sub-aproveitamento do potencial, nas condições técnicas operantes, devia-se

principalmente à relativa escassez de mão-de-obra, daí a necessidade de promover a imigração para a Amazônia (SANTOS, 1980).

Em 1872, a participação da borracha no valor dos 19 produtos da Amazônia, atingira 71,9% (contra 10,7% em 1848), e era a atividade principal do Estado do Amazonas. É nesse período que a população da Província do Amazonas começa a ter expressão maior, ultrapassando o marco humilde de menos de 20.000 para alcançar perto de 55.000 em 1870.

Nos primórdios do uso da borracha, quando sua utilização não havia se intensificado, o látex era obtido simplesmente com o abate puro da seringueira, destruída assim num uso único; ou então golpeava-se a planta de cima para baixo, amarrando-a firmemente com cipós, de modo que sangrasse o mais possível. Esses sistemas conduziam à morte da árvore. Com o crescimento da produção e do uso da borracha, os próprios seringueiros adotaram novos métodos de produção, com divisão de tarefas operacionais, uso de instrumentos de sangria e coleta mais ou menos padronizada, etc. A energia usada nos trabalhos de extração da borracha era basicamente muscular humana.

O Desenvolvimento Urbano

Com a produção da borracha, a propriedade principal passou a ser o seringal, dando origem ao surgimento de algumas cidades, como por exemplo Benjamin Constant e Boca do Acre. Manaus, que não passava de uma vila, surgida à sombra do Forte Barra do Rio Negro, transformou-se em cidade graças ao intenso movimento comercial de que foi núcleo, além do que ela era a porta de saída da borracha para o exterior. As obras monumentais, como por exemplo a construção do teatro Amazonas em 1896, a importação de alimentos do exterior e uma vida noturna que ficou conhecida no Brasil, Manaus atraía um corpo famoso de intelectuais e de profissionais liberais que estimularam as atividades artísticas e científicas.

Assim, enquanto a borracha abriu, no plano internacional, as possibilidades para o desenvolvimento industrial de vários países, como a fabricação do automóvel, os Estados Amazônicos tiveram apenas um curto período faustoso, onde uma minoria chegou a desvarios,

segundo o anedotário da época, de acender charuto com dinheiro e derramar champanha nos cabarés, sendo que as mulheres vinham diretamente da França. Aliás, essa minoria continuava, como ocorrera no período colonial, a ter mais ligações com a Europa do que com o resto do Brasil, vivendo um verdadeiro fausto parisiense. Isso ocorria em Manaus, enquanto o grosso da população, os seringueiros, sofria um regime disfarçado de trabalho escravizado, dependendo em tudo do patrão. Proíbiam-lhe o cultivo da terra, não só para que ele se dedicasse exclusivamente à coleta, uma vez que durante 6 a 7 meses no ano ele quase nada podia obter da seringueira ou do caucho por causa das chuvas, mas, principalmente, para que ele ficasse cada vez mais preso ao seringalista, dele dependendo para comer, para vestir-se, para ter acesso à querosene importada (fonte usada para iluminação), sabão e outros bens (SANTOS, 1980).

O serviço de energia elétrica foi instituído pela primeira vez na cidade de Manaus em 1902, foi a segunda cidade do Brasil a receber esse serviço. Era produzida energia em corrente contínua para operar o sistema de bondes e fornecer energia para iluminação pública da cidade, sendo toda a produção a base de óleo diesel importado (BARBALHO, 1987). O surto da borracha colocou Manaus dentre as dez maiores capitais do Brasil na época (aproximadamente até 1920).

O crescimento populacional do Amazonas nos intervalos de 1870-1880 e 1890-1900 tiveram incrementos de 120 e 69%, respectivamente. A Tabela 2.1 mostra o percentual de participação da mão de obra no setor primário, em um ano típico do auge da atividade do extrativismo da borracha.

Tabela 2.1. Distribuição da mão-de-obra do Amazonas por setores da economia/1900.

Setores	N ^o s. Absolutos	%
Primário	124.665	80,5
Secundário	9.480	6,1
Terciário	20.670	13,4
Total	154.815	100,00

Fonte: Diretoria Geral de Estatística, 1907.

O Declínio

Entre 1910-1912 a produção da borracha atingiu o seu ponto máximo com uma quantidade exportada que superou 42 mil toneladas, no valor de mais de 25 milhões de libras esterlinas.

Todavia, experimentos feitos pelos ingleses com a *Herva Brasiliensis* (nome científico da seringueira) demonstraram ser uma espécie adaptável e rentável para a cultura. Começou, assim, a produção da borracha cultivada, cuja concorrência com a nativa, coletada na Amazônia, levaria ao declínio da economia naquela área. O que parece ter ocorrido é que os ingleses, não podendo dominar de forma total e absoluta a produção brasileira, levaram as sementes das seringueiras nativas na Amazônia para as suas colônias da Ásia, onde implantaram um sistema racional de plantio que, em poucos anos, dominou a produção nacional (SANTOS, 1980).

Em 1901, ao mesmo tempo que em Londres era organizada uma empresa que se destinava ao plantio da seringueira, as colônias holandesas nas Índias Orientais também começaram a cultivá-la. Além disso, os alemães, na África, iniciaram experimentos com a goma elástica e, no Brasil, alguns ensaios foram feitos tanto na Amazônia como na Bahia, enquanto que os franceses dedicaram-se ao plantio da mesma em vários pontos da Indochina.

Em termos mundiais, a produção da borracha nacional, que em 1910 constituía mais de 50%, caiu para pouco mais de 5% em 1926. E o volume da borracha plantada, que em 1910 era de 8 mil toneladas, subiu para 360 mil toneladas em 1920, enquanto que a borracha nativa passou de 60 mil toneladas para 42 mil toneladas no mesmo período. Tais diferenças eram o resultado da aplicação de processos científicos na heveicultura asiática, em detrimento da atividade empírica da extração da borracha na Amazônia (SANTOS, 1980).

Tentativas para obstar o declínio da borracha na Amazônia foram feitas, em nível estadual e federal, tais como o Plano de Defesa da Borracha e o Convênio Pará-Amazonas.

O fracasso tanto das tentativas de âmbito estadual quanto da área federal, de valorizar e financiar a produção gumífera quando ela entrava em declínio crescente na Amazônia brasileira, fizeram com que a economia regional estagnasse, senão regredisse, por um prazo aproximado de 30 anos, embora entre 1925 e 1927 ela tivesse tomado um novo impulso, condicionado pelas manobras britânicas que restringiram a produção asiática com a finalidade de conseguir um aumento do produto no mercado internacional.

Com a queda cada vez mais acentuada dos índices de exportação da borracha e com o fracasso das tentativas de soerguimento da economia da região, houve uma retração das frentes de expansão e um alargamento da miséria.

As falências, já no ano de 1913, eram muito pronunciadas, uma vez que todo o sistema de aviamento fora abalado. Em Manaus, quase todas as firmas se desfizeram. Sem ajuda oficial, as conseqüências da vitória dos concorrentes ingleses e holandeses para os produtos Amazônicos teve o aspecto de um verdadeiro cataclisma que provocou a estagnação já apontada.

Não se dispõe de descrições pormenorizadas dos dramas ocorridos naquela época, do aumento do desemprego de dezenas de milhares de indivíduos numa área que desde 1900 e particularmente após 1908 sofria a martelação intermitente dos preços, da concentração de ociosos nas cidades, do fechamento melancólico de seringais, da paralisação quase completa de uma frota fluvial que se considerava a maior do mundo, com 26.300 toneladas de capacidade, a partir de então, com os vapores desocupados, os cascos enterrados na lama das margens, as tripulações desembarcadas na falta de serviço. Pode-se apenas imaginar a crise de alimentos obrigando primeiro ao auto-acionamento e depois conduzindo literalmente à fome uma parte da população.

E, finalmente, houve uma migração de retorno, principalmente para o Maranhão e locais diversos do nordeste. As conseqüências de tão profundo golpe no aparelho governamental não tardaram. O Amazonas ficou comprometido com uma elevada dívida interna e externa.

A Tabela 2.2 mostra as alterações sofridas nos valores da renda interna dos diversos setores da economia da região e as variações de preço no mercado, para o período de 1910 a 1920, que dá uma noção estimada das conseqüências sociais sofridas pela população da região naquele período.

Tabela 2. 2. Evolução da renda interna a preços constantes, 1910 e 1920/Amazônia.

Setores da Economia	Cr\$ 1.000		Participação (%)		Variação 1910 = 100
	1910	1920	1910	1920	
Setor Primário	1.042.548	169.081	44,9	35,8	16
Agricultura	45.816	42.783	2,0	9,1	93
Extração Vegetal	944.745	78.282	40,7	16,6	8
Animal e Derivados	51.977	81386	2,2	10,1	157
Setor Secundário	9.643	33.721	4,0	7,1	36
Indústria Extrativismo	-	80	-	0,0	-
Indústria Transformação	74.907	28.173	3,2	5,9	38
Construção Civil	18.727	5.468	0,8	1,2	29
Setor Terciário	1.184.166	270.309	51,1	57,1	23
Comércio	714.518	184.261	30,8	39,0	26
Público	254.418	39.523	11,0	8,3	16
Serviços	215.230	46.525	9,3	9,8	22
Total	2.320.338	473.111	100,0	100,0	20

Fonte: SANTOS, 1980.

O Plano de Defesa da Borracha foi mal implementado e antes mesmo de ter revelado suas potencialidades, mudanças no governo federal acarretaram não o seu aperfeiçoamento e “feedback”, mas o insólito cancelamento. A descontinuidade da ação federal, criando elevado nível de boas expectativas numa hora e o irresponsável aniquilamento delas na hora seguinte, exprime o grau de incompetência técnica com que a União enfrentou o problema amazônico - incompetência que em alguns pormenores chegou às raias do ridículo e mal escondia o crescente desinteresse federal pela região (SANTOS, 1980).

No período de 1939-1944, o governo de Getúlio Vargas firmou com o governo americano os "Acordos de Washington" que foram responsáveis pela "Batalha da Borracha", propiciando a instalação do seguinte aparato institucional: Banco de Crédito da Borracha (BCB), que atualmente é o Banco da Amazônia S.A. (BASA); Serviço Especial de Saúde Pública (SESP); Rubler Development Corporation (RDC), responsável pelo transporte e o suprimento de bens para os seringais, de passageiros no interior e da borracha para os Estados Unidos, Aeroporto de Ponta Pelada, em Manaus; entre outros.

2. 1. 3. AS ESTRATÉGIAS OFICIAIS PARA A AMAZÔNIA

Fracassada a "Batalha da Borracha" ao final da II Guerra, foi feita uma emenda na constituição, para a execução de um Plano de Valorização Econômico da Amazônia (PVEA), o qual definiu a Amazônia Legal Brasileira e criou a SPVEA (superintendência), e também o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Durante os governos Vargas a Amazônia foi vista como um problema e não foi feito nenhum esforço para o aproveitamento de seus recursos energéticos, toda a energia elétrica gerada era de fonte petrolífera, o transporte feito por vias aéreas e através dos rios, este último feito de forma precária.

Somente em 1953, com a criação da Petrobrás, se intensificou a procura de petróleo na Bacia do Solimões, feita até então muito timidamente. Em 1966, a SPVEA foi substituída pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM.

Na década de 70, foram lançados o Programa de Integração Nacional - PIN, Programa de Redistribuição de Terras - PROTERRA, Plano Nacional de Desenvolvimento – PND(I e II). Todos estes planos nacionais tinham diretrizes e metas para a integração, ocupação humana e desenvolvimento econômico da Amazônia.

No período do "milagre econômico", a crescente necessidade de suprimento de energia elétrica mobilizou os setores produtivos a exigirem dos governos a construção de hidrelétricas, assim como na década de 70 e 80 com a crise do petróleo. Os poderes públicos inexperientes quanto às interferências ambientais dos aproveitamentos hidrelétricos, desenvolveram e construíram extensos projetos de usinas hidrelétricas.

O anúncio do Plano de Desenvolvimento da Amazônia Oriental, com o Projeto Carajás, criado pelos decretos leis números 1813 e 1825 de dezembro de 1980, foi uma surpresa que desabou sobre a região. Os autores do plano tinham convicção de que preparavam a redenção da Amazônia e do país. A Amazônia e a Nação não partilhavam da mesma certeza. A UHE de Tucuruí foi construída, aproveitando o potencial do Rio Tocantins, com área inundada de 243 km² e capacidade de gerar 3.960 MW. Tucuruí inaugurou a fase dos grandes aproveitamentos energéticos na Amazônia. O Plano de Desenvolvimento da Amazônia Oriental mostrou a vocação do país em atrair investimentos multinacionais, sendo que estes transferem para países em desenvolvimento seus segmentos menos rentáveis e mais poluidores.

Embora a UHE de Tucuruí viesse abastecer Belém (substituindo a geração diesel) e parte do nordeste do país (interligada à CHESF), ela não foi construída para este fim. Um enorme complexo industrial de alumínio, a Albrás/Alunorte e Alcoa que ali se instalaram devido a um mineral abundante na Amazônia, a bauxita, requeria uma grande quantidade de energia elétrica para seu funcionamento. A Amazônia poderia oferecer energia abundante, barata e com garantia de

fornecimento a longo prazo aos grupos econômicos que decidirem explorar suas enormes jazidas, desde que fosse iniciado um programa de aproveitamento de seu potencial.

O Programa Grande Carajás, traduzido em Plano de Desenvolvimento da Amazônia Oriental, elaborado pela Companhia Vale do Rio Doce, tinha como objetivo, na realidade, estimular a instalação de um vasto conjunto de empreendimentos, capaz de duplicar as exportações brasileiras, conseguindo mais dólares para o pagamento da dívida externa do país.

Objetivo este não alcançado, porque o Brasil continuou importando alumínio. Somado a isto, foram aplicados descontos aos preços de exportação, sobretudo à energia, que representa de 30 a 35% do custo total de uma fábrica de alumínio, que foi fornecida com subsídios, diferenciando as tarifas aplicadas a este setor das demais vigentes no país.

O Projeto Grande Carajás desenvolveu um incremento de uma atividade meramente extrativa, com pouca ou quase nenhuma transformação industrial, de onde o minério é transferido para os carentes centros de consumo dos países industrializados, dos quais o Brasil compra o produto acabado por um preço elevado.

O Programa Grande Carajás pretendia utilizar 15,5 milhões de hectares de terra para cultivos agrícolas e reflorestamento. Onde foi feito? Por quem e para quem? É nessa área que se concentra a maioria dos conflitos pela posse da terra.

Havia sem dúvida muita lógica em todo o Plano. Segundo Kerman José Machado, funcionário da ELETRONORTE, “o Brasil conta na Amazônia com raras oportunidades para transformá-la em centro industrial do país. Em Carajás e outras áreas da selva têm sido descobertas surpreendentes reservas minerais, especialmente ferro e bauxita, exigindo imensas quantidades de energia para a refinação. Podemos ser a Arábia Saudita da energia hidráulica, achamos possível produzir na Amazônia 40% da energia do Brasil, pelo menos 100 milhões de kW. É a coexistência da energia e das reservas minerais que fará a grandeza do Brasil. A energia representa a parcela maior do custo da transformação da bauxita em alumínio, nações como o Japão não podem importar

o minério e refiná-lo, justamente em razão desse custo, o Brasil dispõe da energia barata e mais limpa precisamente junto às reservas minerais” (KELLY e LONDON, 1983).

O chefe do projeto para aproveitamento da floresta que foi inundada pela represa, foi designado para supervisionar o corte de 2.200 km² de árvores; uma tarefa semelhante à de desmatar todo o Estado de Rhode Island (USA) em três anos. “O desmatamento é um trabalho que deve ser feito rapidamente, relata ele. Se as árvores não forem logo retiradas, elas acabam por apodrecer e irão entupir as turbinas. Calculamos que a madeira valha uns dois bilhões e meio de dólares, o que representa um lucro bem razoável. Nunca foi desmatada uma área deste tamanho. Uma companhia canadense disse que precisaria de dez a quinze anos. Então, ganhamos a concorrência, pois faremos o serviço em três, no máximo. Não temos experiência em trabalhos dessa natureza, mas é uma boa coisa começarmos na Amazônia”. (KELLY e LONDON, 1983).

O documento "Estudos do Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu" elaborado pelo CNEC, em 1980, estabelecia o aproveitamento da bacia para formação de uma sucessão de lagos que cobririam uma superfície de mais de 18.000 km². A potência firme oferecida chegaria a 9.500 MW. Pelos índices usuais do setor elétrico, a esta potência firme pode corresponder a instalação de máquinas geradoras num total de 19.000 MW, com todos os reservatórios cheios. Estes projetos, embora não tenham encaminhamento previsto, serão certamente desenvolvidos no futuro.

No Estado do Amazonas: A Zona Franca de Manaus

Em 1968, através de leis federais, foi criada a Zona Franca de Manaus, que dava total isenção de impostos às indústrias que ali se estabelecessem.

A reação imediata aos incentivos do governo, foi um aumento repentino na atividade comercial de Manaus. Artigos de alimentação, roupas, aparelhos domésticos, equipamentos eletrônicos eram adquiridos no mercado internacional. Cerca de 500 indústrias se instalaram, na montagem de artigos, até então, proibidos de importação, que geravam milhares de empregos diretos

e indiretos, aumento da renda e de impostos no Estado. Numerosos estabelecimentos e lojas para turistas começaram a surgir. A construção civil, praticamente parada, começou em ritmo acelerado. A população da cidade crescia, com migração de todas as regiões do país, acentuadamente do Nordeste e do interior do Estado.

De acordo com estudos realizados em 1971, 57% da população de Manaus chegou à cidade após a implantação da Zona Franca. Houve um grande êxodo rural. A proporção desse crescimento era maior do que o sistema elétrico podia expandir-se. Para suprir essa demanda a energia elétrica gerada era toda obtida de derivados de petróleo, importados para o Estado. A Companhia de Energia do Amazonas operava os sistemas. Em 1973, foi criada a ELETRONORTE para atuar na região Amazônica.

Em 1987, a ELETRONORTE resolveu construir a Usina Hidrelétrica de Balbina, apesar das condições geográficas da região não oferecer quedas d'água favoráveis, foi provocada uma queda artificial de 25 metros no rio Uatumã, represando suas águas para formar o reservatório da Usina, onde para uma potência nominal de apenas 250 MW inundou-se cerca de 2.530 km² de mata intacta (quase a mesma área da UHE Tucuruí para uma potência firme 32 vezes menor), provocando um desequilíbrio ambiental de sérias conseqüências. A principal função da UHE de Balbina seria abastecer a cidade de Manaus, em virtude da sua crescente demanda, porém a energia firme de apenas 80-100 MW médios por ano, representa 40 a 60% da demanda da cidade.

A situação da Zona Franca de Manaus, cujo modelo sempre esteve em fase de crise crônica, passou a entrar em fase de crise aguda e traumática, pois o seu horizonte de sobrevivência está ameaçado, principalmente com a abertura das importações no país. No período áureo de sua implantação, a população de Manaus cresceu de 245.000 habitantes em 67 para 1.165.352 em 91. Em 1970 o PIB do Estado era de US\$ 1,1 bilhão, representando 0,7% do Brasil, em 1980 passou para US\$ 3,9 bilhões, 1,1% do nacional, nos primeiros anos de 1990, passou para US\$ 5,8 bilhões, 1,4% do país. Em 1997 foi de US\$ 12,06 bilhões, representando 1,5% do PIB brasileiro.

Enquanto a economia do Amazonas cresceu 13% ao ano, na década de 70, a do Brasil cresceu 8,5% (BENCHIMOL, 1992). Em decorrência, o interior do Estado ficou apoiado em base produtiva primária (já que os produtos hortifrutigranjeiros consumidos em Manaus vêm de outros Estados), estando sua principal atividade de extrativismo vegetal em decadência, o fluxo migratório para Manaus fez crescer aceleradamente sua população, elevando o grau de urbanização do Estado e promovendo o crescimento desordenado, que agrava a questão da posse da terra e da moradia, com o surgimento de favelas e invasões.

2. 1. 4. A COMPLEXIDADE AMAZÔNICA

Uma simples análise de desenvolvimento da Amazônia revela uma forte assimetria sócio-espacial, constituída por pólos onde floresce uma economia de porte razoável, coexistindo com regiões onde as populações estão submetidas a uma condição de vida primitiva, de nível quase tribal.

E isto se dá também, sem dúvida, devido à distribuição desigual de oferta de energia, que resulta em falta de condições para a produção de água potável, para a conservação de medicamentos, para a criação de mercado de trabalho, além de ter conseqüências sobre a educação, recursos médico-hospitalares, etc.

Essa distorção na oferta energética, associada a um setor primário fragilizado, conduz o interior da Amazônia a um subdesenvolvimento crônico. Parece claro portanto, que o problema precisa ter um enfoque que valorize a formulação de um projeto energético capaz de oferecer outras possibilidades às populações do interior dos Estados, contribuindo assim, para a redução da assimetria sócio-energética-espacial.

Alguns pesquisadores e políticos procuraram esboçar cenários para o desenvolvimento sócio-econômico da Amazônia:

AB'SABER (1992) apresentou um rol de propostas que envolviam as áreas energética, agrícola, urbana, habitação, ambiental, florestal e indigenista para a Amazônia.

REDCLIFT (1994) escreveu que a política energética para a Amazônia Brasileira deveria procurar um melhor balanço entre economia/crescimento demográfico e o uso sustentável dos recursos naturais disponíveis, tendo em vista que os efeitos ambientais dos projetos para seu desenvolvimento têm implicações regional e global. Segundo o referido autor, o desenvolvimento da Amazônia requer uma co-evolução entre os princípios que norteiam o sistema ecológico da região e os sistemas cultural e econômico que são adquiridos predominantemente, tais medidas requerem uma política de integração e a participação massiva dos grupos interessados no planejamento de suas próprias comunidades.

SCHECHTMAN et ali (1994) abordam algumas questões relacionadas a possíveis impactos macroeconômicos decorrentes da não utilização do potencial hidrelétrico da Região Norte.

FABRIZY et ali (1994) discutiram as questões envolvidas na problemática do desenvolvimento das PCH's na região Amazônica.

Muitos outros pesquisadores estudaram e estudam cenários favoráveis para alcançar o desenvolvimento da região.

No caso específico do Estado do Amazonas, se observam dois espaços bastante diferenciados na sua tipologia econômica e, conseqüentemente, demográfica: por um lado, a capital Manaus, com sua estrutura produtiva pautada em tecnologia moderna através da Zona Franca; e por outro, o interior do Estado, apoiado em base produtiva primária, estando sua principal atividade de extrativismo vegetal em decadência.

O cenário de suprimento de energia elétrica do Estado do Amazonas caracteriza-se por diversos parques térmicos isolados, de pequena capacidade de geração. As localidades do interior são supridas pelas usinas operadas pela concessionária do Estado (CEAM); estas operam em sua quase totalidade com derivados de petróleo, de forma muitas vezes precária. O combustível é subsidiado pelo governo, o que o torna competitivo em relação às outras fontes de energia, com potencial no Estado. Apenas 18% dos combustíveis consumidos no Estado, atualmente, é produzido na Refinaria de Manaus - REMAN, o restante é importado das refinarias do sudeste do país. A lenha é usada como fonte primária, em sua maior parte, no setor residencial e com maior percentual no interior do Estado, onde a energia elétrica, o óleo e o gás são de difícil acesso.

de seus recursos naturais, como fonte para geração de eletricidade (FOLEY, 1992). Esta também é uma questão que está inteiramente ligada ao desenvolvimento econômico de um país, pois “muitas mudanças estruturais fundamentais estão transformando as sociedades ocidentais... Tais mudanças não podem ser ignoradas pelos países do terceiro mundo, se eles estão buscando seus lugares, em pé de igualdade, no ambiente global de competência do mercado internacional. Ao longo dessa corrida, a modernização deve atingir e afetar as áreas rurais dos países em desenvolvimento. Eletrificação é um pré-requisito essencial neste processo” (MUNASINGLE).

Não é o princípio da eletrificação rural que está em questão, mas o tempo e o nível de recursos empregados. É claramente absurdo investir grandes somas de recursos para programas de eletrificação em áreas onde o suprimento de eletricidade não é uma prioridade da localidade. É muito mais difícil fazer um julgamento, onde a população quer um suprimento, e é convencida dos benefícios que isto traria, mas é incapaz de prover uma taxa aceitável de retorno para o investimento requerido. Não existe um modo fácil para sair deste dilema, os contrastes financeiro e técnico vão permanecer. A tarefa primária é fazer o melhor uso de qualquer dos recursos que estão disponíveis e uma análise cuidadosa e objetiva das opções técnicas, gerencial e financeira em cada caso (FOLEY, 1992).

Atualmente está havendo uma conscientização das instituições internacionais e governamentais em geral, para promover o suprimento de energia às populações rurais (HARVEY, 1995). Porém, a grande restrição para o planejamento energético no nível de vilas, com que o setor elétrico ainda se depara, é a falta de uma metodologia adequada às suas características (HARVEY, 1995). Tal metodologia é necessária por três razões: reduzir custos; promover a responsabilidade e o comprometimento financeiro local; e prover um quadro comum de referências interligando planejamento/gerenciamento local as agências de determinação de subsídios, para prover recursos financeiros e orientar o corpo técnico envolvido.

Uma estratégia de melhores suprimentos de energia e segurança não deveria estar baseada em fontes oriundas da importação de energia, mas de preferência na auto-suficiência da energia, isto estendido também aos requisitos de tecnologia e infra-estrutura tecnológica para a conversão e utilização destas fontes. É bem mais fácil introduzir tecnologia de subsistência simples, eficiente e efetiva nas sociedades mais pobres do que tecnologias que estão ao seu redor mas que suas condições sociais, técnicas e econômicas não permitem acessá-las. Porém, as barreiras são muitas, YU e GILMOUR (1996) descreveram algumas limitações para uma maior introdução de sistemas de energia renovável, considerando o estudo de casos no Sul do Pacífico. Os autores relatam os esforços de cinco países nesta região (Kiribati, Nauru, Fiji, Cook Islands e Western Samoa) em produzir energia a partir de fonte renovável, todos com alguma disponibilidade de recursos naturais (biomassa, água, ventos e sol), e as dificuldades enfrentadas neste processo que têm limitado o uso daqueles recursos, quais sejam, a falta de: pessoal técnico qualificado; suporte financeiro para o investimento inicial; planejadores e gerenciadores de energia; instituições voltadas para o desenvolvimento de projetos com tecnologia de fonte renovável; assistência técnica; e incubadora com suporte técnico e financeiro para os novos projetos.

O desenvolvimento econômico é acompanhado de industrialização e urbanização, sendo esta última a que exerce maior influência no uso de energia, permitindo economia de escala na produção, mas requerendo mais transformação, como transporte de alimentos e modernização do setor agrícola, levando a consideráveis aumentos no uso de energia e troca de energia humana, animal e fontes domésticas por fontes de energia moderna. “Cerca de 30% da população mundial consome 70% da energia. Se for contabilizado o consumo acumulado desde a Revolução Industrial, a situação é mais grave: menos de 20% da população acumulada foi responsável por mais de 85% da energia consumida até hoje. É claro que essa concentração se localiza nos chamados países industrializados” (JANNUZZI, 1995).

Estudo estatístico, realizado por JONES (1991), indicou que um aumento de 10% na proporção da população, morando nas cidades, aumentaria o consumo de energia per capita para 4,5% a 4,8%/\$, à reserva constante de renda per capita e industrialização, com riscos de extrapolar as estatísticas marginais para maiores mudanças, considerando os casos da China e Índia, com cotas

de urbanização em torno de 21% a 23% respectivamente em 1981, dobrando a extensão de suas urbanizações para 42% e 46% (não tão alto para os padrões dos países em desenvolvimento). Então, mesmo que a renda per capita e industrialização permanecessem sem mudanças, o consumo de energia moderna per capita poderia crescer 45% somente por causa da urbanização.

MILUKAS (1993) reportou-se às necessidades energéticas das cidades secundárias, tomando a cidade de Nakuru, na África, como estudo de caso. O autor argumentou que se faz necessário e imprescindível um estudo das reais necessidades de energia das populações dessas cidades e uma política energética que apresente opções de fontes de energia disponível e suas formas de uso, com atrativos econômicos e aceitação ambiental, excetuando-se cenários em que a eletrificação do setor doméstico urbano seja promovido extensivamente não para reduzir o consumo de combustíveis, em virtude da adequação dos seus padrões de consumo, mas sim, induzir uso mais eficiente destes combustíveis.

XIAOHUA e ZHENMING (1996) realizaram um levantamento em 3240 famílias, em seis diferentes regiões do meio rural da China, para identificar as características do consumo de energia doméstica. Os dados foram obtidos em 18 vilas, através da aplicação de questionários que contemplavam: situação sócio-econômica; consumo de energia doméstica; cozimento doméstico; fontes de energia habituais; e disponibilidade dos recursos. Os resultados mostraram que 40 a 60% do consumo de energia por família era usado para cozimento e que 60 a 90% do total do consumo era de fonte de biomassa, com eficiência média de conversão de 10 a 20%, os estilos tradicionais do uso da biomassa revelaram uma destruição dos recursos limitados da terra.

Nos países mais pobres do mundo, onde o consumo de energia per capita é menor do que nas nações industrializadas, o processo de urbanização rápido será a consequência da dinâmica do desenvolvimento econômico, onde as taxas de crescimento da população nas cidades são consistentemente maiores devido ao maior aumento da rede de migração (TYLER, 1994). Um exemplo disto é o que acontece na Ásia, embora a maioria da população esteja situada na área rural, é esperada uma mudança nesta característica, os países em desenvolvimento já apresentam o surgimento de megalópoles, emergindo com um típico padrão evolucionário. As cidades são o foco

da atividade econômica e, freqüentemente, mercados eficientes, oferecendo diversidade de escolha de atividades, uma das principais atrações da vida urbana. Os estilos dessa vida urbana são realmente adotados como o modelo do futuro. As cidades são caracterizadas pelas profundas disparidades de renda, condições de vida e acesso aos serviços básicos, entre os grupos sociais que controlam os benefícios econômicos do crescimento rápido e aqueles que estão à margem deste processo (TYLER, 1994). KULKARNI et ali (1994) fizeram um levantamento do efeito da urbanização em três cidades da Índia e o resultado é o predomínio do desequilíbrio social e a falência dos serviços básicos de atendimento à população.

Medidas precisam ser tomadas para evitar, ou pelo menos minimizar, este quadro de evolução, e certamente isto passa por um processo de conhecimento das necessidades das populações rurais.

A característica predominante no consumo dessas cidades secundárias e vilas é a forte participação do setor residencial; neste sentido é importante o levantamento de dados que permitam delinear a estrutura de uso da energia neste setor, para estabelecer um programa de atendimento energético que seja eficiente e adequado para a realidade que envolve cada caso, no intuito de fazer uso dos recursos disponíveis, evitar o desperdício e fomentar atividades artesanais domésticas que possuem importância fundamental para a economia da localidade.

O potencial dos países em desenvolvimento é estimular o investimento nas cidades secundárias e zonas rurais, de forma descentralizada, no sentido de redirecionar a migração que está continuamente expandindo a população de suas principais cidades.

Uma tecnologia que vem expandindo sua aplicação em áreas rurais e remotas é a energia fotovoltaica, pela simplicidade operacional, pelo caráter renovável e a natureza limpa da fonte, em relação à outras, esta vem crescendo significativamente nas últimas décadas, conforme se descreve na Seção seguinte.

2. 3. A ENERGIA FOTOVOLTAICA

A evolução da tecnologia solar vem se expandindo ao longo dos anos e sua aplicação para fins de uso em eletricidade também, apesar dos altos custos que ainda enfrenta, sendo esta sua principal barreira. Sua aplicação se justifica principalmente em áreas e regiões onde a escassez de fontes e a distância à rede elétrica são limitações difíceis de serem vencidas.

Contar um pouco da história da descoberta da energia solar é, no mínimo, uma curiosidade interessante a ser narrada. Em 1839, um físico experimental francês, Edmund Becquerel, descobriu, enquanto efetuava um experimento com dois eletrodos de metal, que estes quando expostos à luminosidade aumentavam a passagem de elétrons. Este físico escreveu: Os efeitos dos elétrons sob a influência da radiação solar. Em 1873, Willoughby Smith descobriu a fotocondutividade do selênio. Em 1877, W.G. Adams e R.E. Dia escreveram a primeira publicação sobre o efeito fotovoltaico da célula de selênio sólido em, “A ação da luz sobre o selênio”, no “Proceeding Real Society, A25, 113”. Em 1883, Charles Fritts, inventor americano, descreveu as primeiras células solares feitas de hóstias de selênio (WORLDNEWS, 1999).

Em 1904, Einstein publicou um artigo sobre o efeito fotoelétrico, juntamente com um artigo sobre a teoria da relatividade, e em 1916, Millikan apresentou provas do efeito fotoelétrico. Albert Einstein ganhou em 1921, o Prêmio Nobel pelas teorias explicando o efeito fotoelétrico.

Em 1954, na Conferência Norte-Americana sobre Dispositivos Semicondutores/IEEE, os W. Furgão Roosbroek Laboratories Sino e J.J. Loferski RCA apresentaram documentos com as equações de máxima potência e máxima eficiência das células “PV/electron voltaic” (WORLDNEWS, 1999).

Em 1955, o exército dos Estados Unidos recebeu a tarefa de gerar energia para os primeiros satélites de terra norte-americanos a partir de fonte fotovoltaica. Em 1961, ocorre a Conferência da ONU sobre “Energia Solar no Mundo em Desenvolvimento” (WORLDNEWS, 1999).

Em 1972, foi instalado numa escola de uma aldeia da Nigéria um sistema PV para o serviço de televisão educacional. Em 1973, a Universidade de Delaware montou uma das primeiras residências com PV do mundo, com um sistema híbrido PV-térmico, no qual as placas PV's alimentavam a carga durante o dia e à noite o sistema era alimentado pela energia da concessionária de eletricidade. Além da eletricidade, as placas PV's agem como coletores térmicos permitindo o armazenamento deste calor. Em 1978, a NASA financiou a instalação de um sistema de 3,5 kWp em Papago, na Índia; foi a primeira aldeia do mundo a receber um sistema PV para alimentar bombeamento de água, iluminação residencial, refrigeração, cocção e lavadora de roupa. Este sistema operou até meados de 1983, quando a rede elétrica chegou até a aldeia e o conjunto PV instalado no local passou a ser destinado para bombeamento de água de outra comunidade (WORLDNEWS, 1999).

Ao longo destes anos a geração de energia, a partir de fonte solar, tem se destinado a atender, principalmente, as áreas mais remotas e carentes do mundo, onde os sistemas convencionais não alcançam. Estes sistemas já chegaram a várias localidades, proporcionando a solução de muitos problemas sociais dessas regiões, tais como, Equador, Zimbábue, Quênia, Guiana, Kigwezi, Ikuta, Gabão, Indonésia, Paquistão, México, Índia, Brasil e outras, onde sem este recurso natural certamente a energia dificilmente chegaria. Os recursos financeiros para a implantação desses sistemas geralmente partem de doações, programas de ajuda dos países mais ricos e iniciativas do Estado, dentro de políticas estratégicas específicas.

Este foi um breve histórico da evolução do uso e aplicação da energia fotovoltaica, que vem sendo usada para diversos fins, como iluminação residencial, clínica médica e escolas; refrigeração de vacinas; conservação de alimentos; telecomunicações; bombeamento de água; moenda de grãos; TV escola; climatização de ambientes; veículos elétricos; equipamentos de vigilância florestal; sistemas de radares; operacionalização de satélites; e outros.

O crescimento da utilização desses sistemas pode ser avaliado pelo crescimento da produção industrial de painéis PV que em 1977 foi responsável por um total de cerca de 500 kW e em 1980, somente a empresa ARCO Solar produziu mais de 1 MW de módulos PV. Já no ano de 1982, a

produção industrial total ficou em torno de 9,3 MW, e atingindo, em 1983, uma produção que excedeu 21,3 MW, com vendas registradas acima de 250 milhões de dólares. Números mais recentes mostram que em 1999 as vendas chegaram a 198 MW, comparados a 153 MW em 1998 e 126 MW em 1997. O Crescimento nos EUA de 1999 para 1998 foi de 20%; ou seja, 54 para 61 MW. No Japão o aumento foi de 63%; de 49 para 80 MW. A Europa registrou um aumento de 14%; com números de 32 para 36 MW. No resto do mundo o crescimento foi de 10%; de 19 para 21 MW. Os valores registrados indicam que durante os últimos 15 anos o acúmulo de vendas de módulos fotovoltaicos passou de 1.000 MW (SOLARACCESS, 1999).

A tendência é um crescimento ainda mais significativo da produção industrial de painéis, em virtude da disseminação da tecnologia, das pressões ambientais em relação a outras fontes e, particularmente, a redução dos custos desses sistemas e o aumento de sua eficiência, tendo em vista a evolução tecnológica dos materiais envolvidos

2. 4. A IMPORTÂNCIA DO USO EFICIENTE E DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL

A escassez de recursos, os custos envolvidos e as dificuldades de acesso limitam a oferta em determinadas regiões do mundo e do Brasil, porém não deve, nem pode, ser esta a única preocupação quando se visa disponibilizar energia nessas regiões, mas também a forma de uso e as tecnologias empregadas para evitar perdas e encarecimento ainda maior desses sistemas.

Porém, a utilização de equipamentos energo-intensivos, tais como ar-condicionado, refrigeradores e máquinas de lavar está crescendo rapidamente, contribuindo com o rápido aumento na demanda elétrica residencial. PONGSAPICH e WONGSEIARTTIRAT (1994) realizaram um levantamento das características do consumo de energia doméstica urbana na Tailândia e verificaram a grande necessidade de que o governo volte mais a atenção para as formas de uso doméstico de eletricidade, através da melhoria da eficiência dos equipamentos e campanhas de conservação de energia

Uma preocupação dos pesquisadores tem sido apontar as formas de uso ineficientes de eletricidade, no setor residencial. O trabalho de NAKAGAMI (1996) mostrou o crescente aumento da demanda residencial no Japão. O tipo de construção das residências, mudanças climáticas, estilo de vida, hábitos de uso e equipamentos eletrodomésticos foram os fatores que mais contribuíram para esse aumento. Apesar da tendência de baixar a demanda de energia no setor industrial, o autor verificou que no setor residencial esta tendência seria de aumentar, principalmente o uso de eletricidade, e recomendou o direcionamento para pesquisas que visem modos de vida desejáveis e não, necessariamente, para facilitar o padrão residencial.

Uma forma de reduzir esse consumo é estimular o uso eficiente e a conservação de energia. Os custos e benefícios dos programas de conservação de energia podem ser comprovados. JANNUZZI e SANTOS (1995) apresentaram os resultados favoráveis dos programas aplicados em três cidades do Estado de São Paulo, mostraram que os incentivos financeiros são componentes essenciais para os programas de conservação, além da campanha de informação das novas tecnologias para educar o consumidor residencial. Foi observado que o nível de renda familiar influi na participação do programa.

GRUGER e BRAND (1991) em seu trabalho, apresentaram uma série de motivações para a promoção da conservação de energia, objetivando transpor os obstáculos e barreiras nas companhias de pequeno e médio porte. De qualquer forma, preservando-se o necessário pluralismo e a flexibilidade das iniciativas, sempre abertas para o reconhecimento das potencialidades locais, é possível e mesmo recomendável a proposição de um programa nacional de conservação de energia elétrica como parte de programas mais amplos da política energética (HADDAD et ali, 1994). Muita pesquisa já foi feita para investigar, propor e solucionar o problema do desperdício e do uso eficiente de energia: SHIPPER e HAWK (1991) delinearam algumas perspectivas para o uso de eletricidade doméstica mais eficiente; JANNUZZI et ali (1995) mostraram algumas oportunidades, custos e barreiras para a introdução de medidas ou tecnologias que façam um uso mais eficiente de energia e discutiram a necessidade de estratégias que promovam alterações de comportamentos e hábitos dos consumidores, para viabilizar a implementação desses programas em larga escala.

Para atingir estes objetivos é necessário modificar o conceito tradicional de demanda, não cabendo mais a visão de que esta é uma componente fixa do sistema, passando as opções do lado da oferta a serem consideradas de forma competitivas com as do lado da demanda (isto é, as possibilidades e mecanismos de gerenciamento). Com esta perspectiva surgiu o conceito de “Demand-Side Management” (DSM) ou Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD), segundo GELLINGS (1996), este conceito foi construído por duas razões principais: responder às necessidades de um processo lógico de otimização da interface oferta/demanda; e apresentar uma ferramenta única de marketing.

As ações de GLD não somente são direcionadas para modulação da curva de carga² (ver Seção 3.4 do próximo Capítulo) mas também são ações destinadas à redução da necessidade de expansão da capacidade de oferta (o que pode ocorrer no nível da geração, da transmissão e/ou da distribuição de eletricidade), através da difusão de tecnologias mais eficientes de uso final, do gerenciamento da curva de carga e outros mecanismos de regulação (EPRI, 1984). No Capítulo 3 será feita uma breve revisão do conceito de GLD e seus tipos de programas.

² Mecanismos de redução ou flexibilização da curva de carga (demanda).

CAPÍTULO 03

METODOLOGIA UTILIZADA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO TRABALHO

No capítulo anterior foram abordados alguns aspectos econômicos e sociais da ocupação humana na Amazônia, enfocando o contexto político desta ocupação, particularizando em alguns aspectos, o Estado do Amazonas, visto que este foi o alvo deste estudo. Foram mencionados alguns elementos de sua história política que levam a ponderar sobre a eficácia do planejamento implementado na região, que sugere ter induzido uma discrepância social entre dois espaços notoriamente observados, não meramente justificado pela posição geográfica que ocupa. Foi também revista algumas experiências nacionais e internacionais em planejamento energético de áreas rurais remotas, cujas ferramentas utilizadas e resultados obtidos podem ser importantes para a realidade da Região Amazônica. A transferência ou adaptação dessas experiências requer, entretanto, uma análise detalhada de fatores inerentes (atores e mecanismos), bem como um conhecimento razoável da estrutura de demanda da região onde se pretende avaliar as possibilidades de transferência ou adoção de estratégias similares.

Com a finalidade de obter esse conhecimento, buscou-se determinar uma forma de levantar as informações para montar um banco de dados que desse suporte à coleta necessária dessas informações, de forma a cobrir todos os setores sócio-econômicos representativos de interesse. Inicialmente, determinou-se considerar um estudo de caso para identificar e levantar esses dados, no qual esta escolha se restringiu às questões mencionadas no capítulo introdutório deste trabalho.

A Seção 3.1 descreve a metodologia adotada para identificação dos dados de interesse a serem levantados na comunidade (Campinas/AM), onde se desenvolveu a pesquisa, e para elaboração dos questionários que foram aplicados na coleta desses dados. As Subseções seguintes descrevem a estrutura dos diversos setores que compõem a economia e seus indicadores energéticos e sócio-econômicos, a partir dos quais foram formuladas as questões contidas nos questionários. O método adotado mostrou-se satisfatório pela riqueza de detalhes envolvida.

A Seção 3.2 descreve os métodos utilizados na análise econômica do sistema de geração de energia elétrica que atende aos consumidores de Vila Campinas.

A Seção 3.3 faz uma abordagem sumária da teoria do planejamento integrado de recursos e suas principais barreiras.

Na Seção 3.4 são comentados alguns métodos e ferramentas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda e de avaliação de seus resultados.

3. 1. METODOLOGIA EMPREGADA PARA ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

A grande preocupação no início do trabalho foi a obtenção dos dados necessários para os estudos; não seria possível estabelecer as prioridades e necessidades de energia das populações que habitam as comunidades do interior da Amazônia, sem o conhecimento de caso, sem o levantamento e a observação *in loco*, e para atingir este objetivo somente através de um levantamento em campo. Para respaldar este levantamento foram elaborados questionários visando cobrir todas as informações necessárias. Os cuidados para uma elaboração detalhada foram tomados e as questões basearam-se nos indicadores sócio-econômicos e energéticos da metodologia de GIROD (1991), em virtude desta metodologia parecer a mais indicada pelo grau de detalhamento inserido nos parâmetros de seus indicadores e por melhor caracterizarem a descentralização dos indicadores energéticos no nível de pequenos espaços político-administrativo. A Fig. 3.1 mostra o diagrama dessa estrutura.

3. 1. 1. A ESTRUTURA DO SETOR RESIDENCIAL

A estrutura do setor residencial é determinada pelas necessidades, usos e tipos de combustível que envolvem suas atividades. É necessário levantar o modo de realização e a existência dessas atividades para definir as características do setor na população. A Tabela 3.1 enumera essas necessidades e a partir delas foi estruturado parte dos questionários.

Tabela 3.1. Necessidades no Setor Residencial.

Alimentação	Produção de alimentos Preparação (triturar, moer, descascar) Cozer e aquecer alimentos Armazenamento e conservação do alimento
Vestuário	Costura Passar roupa
Conforto térmico nas moradias	Refrigeração Ventilação
Higiene	Higiene pessoal Lavagem de roupa Tratamento da água Armazenagem de produtos da área médica
Iluminação	Iluminação
Comunicações	Transmissão de informações Telecomunicações (rádio, televisão, telefone, etc.)

Fonte: GIROD (1991)

A Tabela 3.2 mostra os dados sócio-econômicos e energéticos do setor residencial de onde também se partiu para elaboração dos itens relacionados ao interesse dessas informações, necessários para a formulação dos questionários deste setor.

Tabela 3. 2. Dados sócio-econômicos e energéticos do Setor Residencial.

Dados sócio-econômicos	Número de habitantes ou residências Região administrativa ou geográfica Área urbana ou rural Tamanho do conglomerado, vila Tipo de residência (individual/coletiva, status social) Tipo de construção (materiais de construções tradicionais/cimento) Estilo de ocupação (permanente/temporário, próprio/alugado, etc.) Nível de renda residencial Categoria sócio-profissional Ligação à rede de eletricidade Tamanho da residência
Dados energéticos	O consumo energético total ou individual, divide-se nas categorias: Usos Fontes energéticas Consumo energético do equipamento: Tipo, tamanho e número Duração de utilização Disponibilidade e eficiência Unidade de consumo Custo, uso, manutenção Tempo de vida Preço da energia: Preços de mercado, tarifas, taxas Diferença entre área urbana e rural Outras: Despesa com energia do setor e orçamento Distância coberta e tempo gasto em obter o energético (coleta de lenha, compra de derivados de petróleo, etc.)

Fonte: GIROD (1991)

3. 1. 4. A ESTRUTURA DO SETOR TERCIÁRIO

O setor terciário desagrega-se em comércio, serviços, transporte e turismo. Sua estrutura de dados é normalmente apresentada por seus indicadores sócio-econômicos e energéticos. Os indicadores sócio-econômicos do comércio podem ser representados através de agregados setoriais e indicadores de atividades, por tipo de serviço.

Os dados energéticos do comércio podem ser apresentados através do consumo total por atividades do setor e por fontes de energia; pelo consumo dos equipamentos energéticos, sua eficiência e seus custos tarifários; custo de demanda contratada; dentre outros, como mostra a Tabela 3.5. A partir desses parâmetros, assim como para o setor primário, também foram elaborados questionários específicos para as atividades identificadas deste setor na comunidade.

Tabela 3. 5. Dados sócio-econômicos e energético do setor de serviços.

Dados sócio-econômicos	Agregados setoriais Categorias de serviço: limites entre regiões geográficas ou administrativas, áreas urbanas ou rurais, tipo de cidade Indicadores de atividade por tipo de serviço Produção Número de comércios e número de clientes ou usuários Características das construções
Dados energéticos	Consumo de energia total, unitário ou específico Acordo com o tipo de energia Acordo com o tipo de serviço Acordo com o uso Equipamento de energia Característica do equipamento usado Preço das fontes de energia Preço de mercado, escalas, tarifas Oferta de energia e custos de operação

Fonte: GIROD (1991)

Os indicadores do transporte podem ser representados através dos dados de infra-estrutura, bem como da frota de veículos, tráfego, dados energéticos e dos indicadores econômicos. A Tabela 3.6 indica os atributos para os diversos indicadores.

Tabela 3. 6. Dados e indicadores do setor de transporte

Infra-estrutura	Rodovia e estradas: tipo, tamanho corrente e futuro, manutenção Canais e portos Abastecimento e quantidade de combustível vendido
Veículo e frota de veículo	Tipo e número de veículos Taxa de propriedade de veículos Características dos veículos rodoviários e hidroviários: combustível usado potência da máquina capacidade (assentos) e capacidade de carga (ton./veículo) coeficiente de utilização por dia e por ano custos de transporte e manutenção Frotas de embarcações: barcaça, costeadores, cargueiros, etc.
Tráfego	Mobilidade individual e viagem pessoal: frequência diária, distância média, tempo gasto na viagem Razão da viagem: casa-trabalho, casa-escola, viagem pessoal, atividade de recreação, etc. Origem, destino, distância e tempo gasto para o transporte de bens Capacidade das companhias pública ou privadas, cadastradas ou clandestinas, para fornecer o transporte público de passageiros: frota de veículos, distância das linhas servidas, taxas cobradas para transportar passageiros e bens.
Dados energéticos	Total do consumo de eletricidade e combustível Preço do combustível: taxas, subsídios, preço de compra e de venda

Fonte: GIROD (1991)

A partir dos indicadores anteriores compõe-se o diagrama da estrutura com a tipologia do setor terciário, Fig. 3.5.

- (a) A taxa deve representar o melhor retorno que a empresa poderia obter em investimentos alternativos.
- (b) O investimento alternativo deve possuir o mesmo grau de risco e volume monetário similares ao investimento proposto.
- (c) Disponibilidade de dinheiro, expectativas futuras sobre taxas de juros de mercado, expectativas de inflação, habilidade em obter empréstimos de longo prazo, todos estes parâmetros afetam a escolha da taxa de desconto.
- (d) Geralmente, para o Setor Público esta taxa é pré-fixada.

A análise de alternativas econômicas em investimentos pode ser feita usando determinadas ferramentas que possibilitam esta análise. Para isto é necessário fazer a escolha de uma metodologia que mais se adeque ao caso em questão. Na Seção seguinte são apresentados alguns desses métodos e no Anexo I encontra-se uma descrição detalhada dos mesmos.

3. 2. 1. MÉTODOS DE ANÁLISE ECONÔMICA PARA ESCOLHA DE INVESTIMENTOS ALTERNATIVOS

Para se decidir sobre um determinado investimento, na maioria das vezes existem alternativas que se diferenciam pelo custo inicial ou pelos mecanismos de trabalho e capital, em função dessa variedade de opções é necessário fazer uma análise econômica detalhada para se chegar a uma escolha correta. E para essa análise existem métodos econômicos quantitativos que proporcionam uma clareza das alternativas, suficientemente conclusivas para se efetuar esta escolha.

Taxa Interna de Retorno (TIR)

Quando um investimento possui um fluxo de caixa negativo que vai gerar no futuro fluxo de caixa positivo, pode-se calcular a taxa interna de retorno desse investimento. A taxa interna de retorno do investimento será a taxa de juros sobre o investimento inicial que é obtida da consequência de geração dos fluxos positivos. A avaliação de aceitação do projeto será a comparação da taxa interna de retorno obtida com a taxa de referência adotada pela empresa.

Período de Retorno (Payback ou Payout)

È o tempo mínimo necessário para que os fluxos de caixa positivos ultrapassem o valor inicial do investimento, sem considerar as alterações monetárias no decorrer do tempo.

Investimentos Mutuamente Excludentes

Há ocasiões em que vários investimentos devem ser analisados para se optar por um deles, chamam-se investimentos mutuamente excludentes. Nesses casos, a decisão sobre uma escolha implica na rejeição das outras alternativas.

Os projetos mutuamente excludentes podem ser avaliados pelo método do valor presente ou pelo método dos custos equivalentes anuais (CAE). O custo anual equivalente é uma ferramenta econômica de análise mais esclarecedora para alternativas de investimentos mutuamente excludentes com vidas de projeto diferentes (KAPLAN, 1983).

Efeito do Valor Residual

Quando o valor residual de uma alternativa é dado, o custo equivalente anual será reduzido pela quantia associada a ele, visto que este valor representa uma receita no final do período (ex: maquinaria de uma usina elétrica).

Depreciação

Outro valor que deve ser considerado nos cálculos é o que se refere ao desgaste dos equipamentos. Ativos físicos adquiridos numa empresa são usados durante um determinado período de tempo (vida útil). Portanto, é usual alocar os custos de um dado ativo em diferentes períodos de tempo (durante a vida útil) ao invés de num instante definido, como por exemplo, na data da

aquisição do ativo. Esse modelo de alocação dos custos de um ativo em intervalos definidos no tempo é chamado de depreciação (ver Anexo I). Considerando que,

$$\text{Lucro Líquido} = \text{Lucro Bruto} - \text{Depreciação}$$

no período em que ocorreu, eles afetam o imposto de renda a ser pago pela empresa. Geralmente, quanto maior a depreciação durante um período menos imposto será pago. Portanto, as políticas de depreciação são fixadas pelo governo federal.

3. 3. O PLANEJAMENTO INTEGRADO

O novo modelo de planejamento energético desejável para os países desenvolvidos ou em desenvolvimento se delinea pela integração entre os recursos naturais disponíveis, o uso final da energia, o meio ambiente e o potencial de investimento daquele país. A preocupação das nações mundiais não é mais unicamente com a disponibilidade da fonte de energia, nem somente com os custos monetários do investimento; questões como impactos ambientais das fontes de suprimento, eficiência energética dos equipamentos e níveis de serviços de energia requeridos (nível de iluminação e temperatura em ambientes climatizados, por exemplo), ganham cada vez mais espaço nas resoluções que regulamentam a concessão de recursos no setor energético (JANNUZZI e SWISHER, 1997).

O planejamento dissociado destes termos e desta análise tem uma tendência ao esgotamento no futuro. É necessário traçar metas e estabelecer prioridades na oferta de energia, a partir das necessidades energéticas de cada povo, integrando todos esses fatores referidos anteriormente, para que se tenha um sistema viável, sustentável e adequado.

São estes fundamentos que norteiam o Planejamento Integrado de Recursos (PIR). Projeções de demanda de carga e de energia elétrica têm um papel importante neste PIR, porque elas ajudam a avaliar a necessidade de novos recursos. O PIR é um processo de planejamento mais complexo e

necessita de um contexto institucional apropriado para que seja concebido e implementado. A elaboração de um PIR tem a preocupação de desenvolver critérios para escolher o cenário que melhor represente os benefícios para o setor elétrico, consumidores e sociedade em geral. Projeções feitas com grande nível de detalhe e baseadas em informação de qualidade ajudarão a determinar quais programas de eficiência ou de Gerenciamento pelo Lado da Demanda devem ser adotados nos momentos apropriados e quais usos finais e setores de consumo devem ser priorizados (JANNUZZI e SWISHER, 1997).

A estrutura tecnológica das projeções e dos cenários da demanda de energia podem ser determinadas a partir dos modelos de projeção de usos finais (ou modelos técnico-econômicos), que são muito detalhados. Esse modelo se ajusta muito bem aos propósitos de projeções de eficiência energética porque é possível considerar explicitamente mudanças nos níveis de serviço e de tecnologia.

A demanda de energia para cada atividade é o produto de dois fatores: o nível da atividade (o serviço de energia) e a intensidade de energia (o uso de energia por unidade de serviço). Assim, no caso por exemplo, da iluminação, o nível de atividade seria o número de lumens-hora (quantidade de luz) necessários para as atividades de uma loja, que possui uma determinada área a ser iluminada durante o período comercial, e a intensidade de energia seria a quantidade de kWh necessários para prover cada lumem-hora (o que depende da tecnologia e projeto de iluminação da loja).

É um método que requer dados detalhados, inclusive levantamentos e pesquisas de campo. Esse tipo de análise é chamado de "bottom-up" (JANNUZZI e SWISHER, 1997).

O nível de atividade que implica em maiores necessidades de serviços de energia depende da população, da renda e da produção econômica. O nível da intensidade energética depende da eficiência energética, incluindo tanto aspectos operacionais quanto tecnológicos. A somatória dos produtos destes dois fatores sobre todos os serviços requeridos fornece a demanda total de energia.

A implementação do PIR enfrenta barreiras legais e institucionais, impedindo sua difusão e avanço, tais como: barreiras financeiras do consumidor (falta de capital para o investimento, desinteresse ou diversidade de classes são algumas delas); barreiras tecnológicas e de infra-estrutura, (em algumas regiões as novas tecnologias não estão disponíveis ou não possuem assistência técnica adequada àquela nova tecnologia, o suprimento da rede elétrica precisa ser de boa qualidade e confiabilidade para não comprometer o desempenho dessa nova tecnologia); barreira de tarifas e preços de energia (geralmente os custos para o consumidor são baseados nos custos médios de geração e não levam em conta os custos da energia gerada no horário de pico, nem os custos marginais que são sempre superiores, ainda se pratica a teoria de mercado que é vender mais para aumentar receita e isso não pode ser mais aplicado unilateralmente); e barreiras enfrentadas pela diversidade de atores e de expectativas que envolvem o setor energético, o consumidor e a sociedade, onde também está inserida a escassez de dados que permitam conhecer com profundidade as necessidades energéticas das populações.

Porém existem formas de se superar estas barreiras, dentre elas podem ser citadas, iniciativas para conduzir programas de eficiência ou conservação, assim como a introdução de fontes renováveis, que podem ser liderados por agências governamentais. Estes programas incluem campanhas de informação pública; etiquetagem de equipamentos de energia; padrões para construções e aparelhos; aquisição de tecnologia; pesquisa, desenvolvimento e demonstração financiados pelo governo; e mecanismos fiscais e financeiros.

O sucesso desses programas depende de vários aspectos, desde econômicos, culturais, sociais ou ambientais. Alguns programas devem ser voluntários, enquanto outros podem ser objeto de esforço governamental, tal como legislação, mas em geral eles têm que ser flexíveis e adaptáveis nos anos iniciais. Os governos geralmente têm a sua disposição diversos instrumentos que podem ajudar e impulsionar a introdução de medidas de eficiência energética e fontes renováveis.

Como exemplo para ilustrar o que foi exposto, os bancos nacionais podem ter linhas de créditos especiais para empréstimos dedicados à compra de produtos de eficiência energética ou

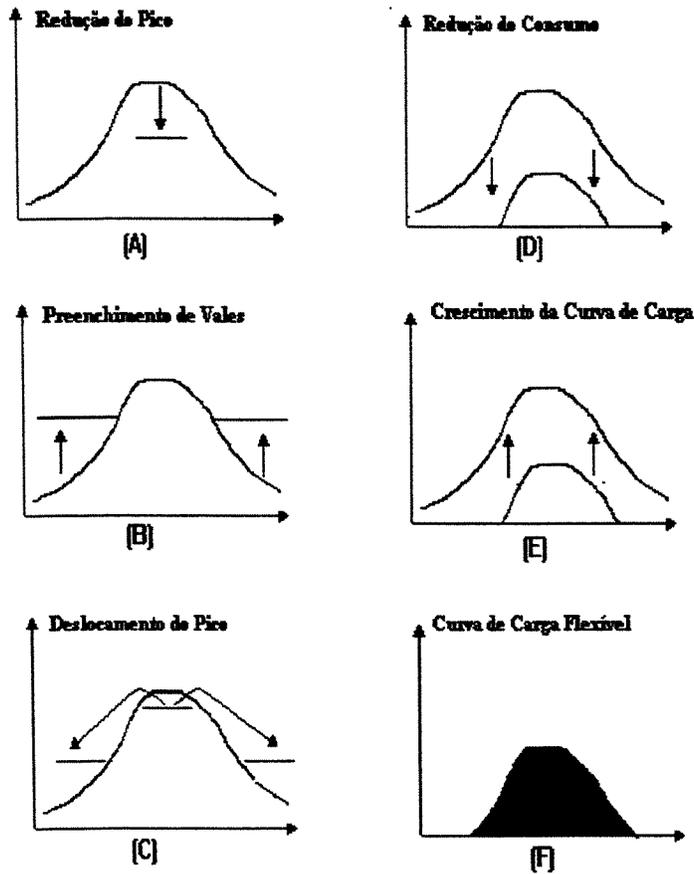
aquisição de equipamentos com novas tecnologias. No caso do Brasil, o BNDES já possuiu linhas de crédito especiais para financiar projetos de conservação de energia, mas infelizmente esse tipo de iniciativa não teve muito sucesso devido a uma série de outros fatores que não atraíam o interesse do consumidor.

3. 4. O GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA

É denominado de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) o esforço sistemático feito para promover mudanças no perfil de consumo de energia elétrica. Os programas de GLD são atividades desenvolvidas e implementadas essencialmente pelas concessionárias de eletricidade, dentro de uma certa área geográfica, embora em alguns países as agências de governo também tenham realizado ações de GLD. Para implementar ações desse tipo de programa é necessário fazer inicialmente uma avaliação da evolução futura do perfil de carga e da quantidade de energia demandada pelos consumidores. As estratégias de GLD consideram diversas iniciativas que têm como objetivo mudar a forma da curva de carga ou da sua área total (energia total consumida) ou ainda por uma combinação de ambas as iniciativas. Os gráficos da Figura 3.6 descrevem as estratégias clássicas de GLD. As concessionárias podem projetar programas combinando duas ou mais estratégias, modificando os perfis de carga de seus consumidores e/ou a energia demandada total.

A situação apresentada na Figura 3.6(A) representa ações que têm como objetivo a redução do pico da curva de carga. A redução do pico não implica necessariamente em um decréscimo no consumo de energia, como é o caso mostrado pela Figura 3.6(C). É possível mudar a área da curva (energia consumida) durante as horas de pico para outros períodos. As Figuras 3.6(B) e 3.6(E) ilustram o objetivo do aumento de vendas de eletricidade. No primeiro caso os esforços são feitos direcionando o crescimento de carga durante períodos específicos e, no segundo caso, ele promove um crescimento geral da carga. A Figura 3.6(F) representa uma situação na qual a concessionária tem a possibilidade de criar uma curva de carga flexível que pode acomodar a demanda dos consumidores e suas características operacionais. Por exemplo, em um sistema hidroelétrico, durante

a estação seca, a concessionária está interessada em reduzir a demanda de eletricidade, mas durante a estação úmida ocorre a situação oposta. A Figura 3.6(D) apresenta o caso onde a conservação de energia é o principal objetivo do GLD.



Fonte: JANNUZZI e SWISHER (1997).

Figura 3. 6. Estratégias de GLD para modificar o perfil da curva de carga.

Os programas de gerenciamento da carga incluem medidas que objetivam evitar o aumento de capacidade de produção de eletricidade ou fazer melhor uso daquela existente. A meta é modificar o perfil de carga. O consumo total de energia pode permanecer constante ou mesmo crescer. O

gerenciamento de carga não significa, necessariamente, economizar o combustível usado nas usinas térmicas (ou água nas usinas hidroelétricas) para gerar eletricidade.

É fundamental conhecer a estrutura do perfil de carga da concessionária para cada classe de consumidor (industrial, comercial, residencial, etc) e as tecnologias de uso final (iluminação, força motriz, etc.). Deste modo, é possível determinar o programa mais apropriado (substituição de lâmpadas, motores eficientes, etc.).

O gerenciamento de carga pode ser feito através de mudanças na estrutura tarifária, controle direto da carga ou pela introdução de tecnologias específicas. A concessionária pode investir na eficiência energética para reduzir o consumo de energia ou reduzir sua taxa de crescimento, e com isso evitar a expansão da capacidade de produção e economizar combustível (no caso das usinas térmicas). Para este fim a concessionária pode fazer uso das auditorias de informação; dos incentivos e empréstimos financeiros; dos programas de instalação direta; e incentivos a fabricantes e fornecedores de equipamentos.

No Brasil as ações para o mercado residencial do PROCEL e das concessionárias referem-se basicamente às atividades de etiquetagem/certificação de eletrodomésticos e projetos pilotos visando testar a receptividade e operacionalidade de alguns incentivos financeiros (desconto/financiamento/instalação direta) de aparelhos eficientes. Há também alguns projetos de maior escala que fazem parte dos programas de GLD do Vale do Jequitinhonha (CEMIG) e Fortaleza (COELCE).

Alguns dados são interessantes de serem observados. Em 1995, 75% dos domicílios brasileiros possuíam ao menos uma geladeira, em 1988 este número era de 63%. Apenas entre 1993 e 1996 foram vendidos no Brasil aproximadamente 12 milhões de novos refrigeradores, a maioria destes formada por modelos de uma porta com um pequeno congelador interno e um volume total entre 250 e 340 litros. O PROCEL, em parceria com o INMETRO e o CEPTEL, atuou fortemente

junto aos fabricantes no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem devido a esta iniciativa, a eficiência média das geladeiras melhorou em 10% ao final da década passada (GELLER et ali, 1997).

Em 1995, o PROCEL concedeu o “Selo PROCEL de Economia de Energia” e publicidade aos modelos mais eficientes. Em 1996, um projeto piloto foi iniciado em Manaus utilizando *rebates* e publicidade intensiva para estimular as vendas dos refrigeradores com selo. Foram comercializadas 1.600 unidades em quatro meses de campanha, triplicando o número de vendas normalmente verificado naquela praça (GELLER et ali, 1997).

No que se refere à iluminação, apesar do grande potencial para substituição de incandescentes por fluorescentes, a maioria dos projetos das concessionárias ainda pode ser considerada de pequena escala. Esforços têm sido empreendidos pelas concessionárias, alguns com suporte técnico e financeiro do PROCEL. Os principais projetos desenvolvidos no passado recente foram realizados por três concessionárias, apesar da modéstia destes programas, eles contribuíram para o crescimento das vendas das LFCs, que decuplicaram nos últimos seis anos, atingindo o patamar de 7 milhões de unidades vendidas em 1997. Esta quantia representa 2% das vendas das incandescentes (GELLER et ali, 1997).

Os resultados obtidos pelos programas de gerenciamento pelo lado da demanda até o momento estão muito aquém do potencial econômico no setor residencial. Barreiras e imperfeições do mercado inibem a adoção de novas tecnologias em maior escala. Décadas seguidas de instabilidade econômica e inflação alta desencorajaram as análises do tipo “life-cycle-cost” e investimentos de longo prazo, influenciando as compras baseadas no menor custo inicial; mercado fechado, protecionismo e ausência de competição não estimularam a busca da eficiência, quer no nível da produção, quer no uso doméstico; imaturidade no mercado e na infra-estrutura relacionada com os produtos eficientes; falta de incentivos financeiros para concessionárias atraírem consumidores em programas de GLD (GELLER et ali, 1997).

Algumas destas barreiras vêm sendo reduzidas nos últimos anos. A inflação está contida em patamares aceitáveis e uma relativa estabilidade econômica prevalece. Os mercados estão se abrindo, com a imposição de uma salutar competição. Hoje muitos consumidores estão pagando preços de certa forma altos pela eletricidade consumida. A disponibilidade de produtos e informação sobre medidas de eficiência energética está crescendo devido a ações dos programas implementados por órgãos específicos de atuação na área da eficiência energética. A Tabela 3.7 apresenta algumas barreiras específicas do segmento residencial, e possíveis estratégias de superação.

Tabela 3. 7. Barreiras e estratégias no combate ao desperdício no setor residencial.

Barreiras	Estratégias
Produtos de baixa eficiência	<ol style="list-style-type: none"> 1. Normalização, certificação, etiquetagem. 2. Selo PROCEL de Economia de Energia. 3. Acordos voluntários de eficiência energética.
Atitude dos consumidores (desconhecimento e insegurança)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informar os benefícios das novas tecnologias e produtos eficientes (campanha de mídia). 2. Enaltecer a questão ambiental, associando-se com agentes da causa ecológica.
Alto custo inicial dos produtos eficientes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Redução de custos através da redução da carga tributária dos produtos eficientes. 2. Concessão de descontos e/ou financiamentos conforme análise de custo/benefício entre concessionária e fabricantes.
Atual política tarifária não reflete custo marginal de fornecimento diferenciado ao longo do dia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementação de novas tarifas: <ul style="list-style-type: none"> - amarela; - binômia; - madrugada.
Modesta participação do custo da energia no orçamento doméstico (público de renda média e alta).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tratamento diferenciado na divulgação dos benefícios do combate ao desperdício de energia elétrica.
Produto eficiente não disponível no mercado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promoção junto aos pontos de vendas. 2. Incentivo direto aos vendedores. 3. Estudo de novos canais de distribuição.

Fonte: ELETROBRÁS e PROCEL, 1998.

É admissível pensar que no futuro próximo as concessionárias distribuidoras (em sua maioria já privatizadas e sob a contingência de terem que investir pelo menos 1% de seu faturamento em conservação de energia) certamente desenvolverão programas de GLD independentemente do apoio, patrocínio ou orientação de órgãos do governo.

3. 4. 1. OS RESULTADOS DO GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA

As avaliações de programas dessa natureza são feitas através de métodos de pesquisa usuais das ciências sociais e dados técnicos para produzir resultados confiáveis e válidos. Conforme define HIST e REED (1992) "a avaliação é a medida sistemática da operação e desempenho dos programas e depende dos objetivos dos mesmos. A avaliação depende de mensuração objetiva, ao invés das impressões pessoais".

É muito importante mostrar os resultados efetivos dos programas de GLD que foram implantados, pois é a partir desses resultados que se consolidam as medidas e se pode atingir o convencimento dos futuros participantes desses programas. Porém, mensurar os efeitos das ações de GLD é uma tarefa difícil; as dificuldades encontradas devido ao tempo de implantação das medidas, o crescimento vegetativo e econômico dos consumidores, a demanda reprimida do sistema e as mudanças das condições técnicas operativas da região, são algumas das dificuldades encontradas para se avaliar os resultados obtidos em programas de GLD (BURGOA, 1998).

A discussão sobre a aceitação dos programas de GLD pelas concessionárias remete a uma necessidade de melhor avaliá-los, do ponto de vista econômico, tendo em vista a redução do nível de incerteza inerente ao próprio processo de implementação destes programas. Essa questão, na verdade, se desdobra em várias outras, relacionadas ao processo de avaliação.

Em se tratando da avaliação *ex-ante*, a primeira dificuldade que se observa é a carência de dados para se proceder a uma completa análise dos programas desenhados, de modo a que se possa decidir, com razoável segurança, sobre os resultados esperados quando da implementação dos

mesmos. Nesta avaliação, as ferramentas computacionais já disponíveis para uso parece adequadas, podendo-se optar pelas mais completas, como o modelo DSManager do EPRI, ou pelas mais simples. Evidentemente, a disponibilidade de dados para alimentar os modelos constitui um fator determinante para esta escolha. Na medida em que se disponha de mais dados podem-se usar as ferramentas mais robustas (ELETROBRÁS e PROCEL, 1998).

Ainda sobre a avaliação, porém enfocando a sua segunda fase, ou seja a avaliação *ex-post*, percebem-se, hoje, dificuldades no acompanhamento dos resultados dos programas implementados, o que impede o efeito demonstração de certos programas.

Essas dificuldades se traduzem tanto por aspectos de organização interna das empresas, ou seja, por elas não estarem bem estruturadas para proceder à avaliação, quanto por aspectos técnicos relacionados ao alto crescimento natural do consumo e ao fato de se tratar, em alguns casos, de atendimento a uma região com demanda reprimida.

Quando se trata desta avaliação dos programas de GLD é necessário, de início, saber qual o nível de precisão que se deseja obter nos resultados, tanto estimados (*ex-ante*) quanto efetivamente obtidos (*ex-post*). Ou, de outra maneira, é necessário definir qual o percentual do custo total do programa se está disposto a alocar para a avaliação do mesmo.

Relativamente ao crescimento do consumo, mencionado anteriormente, em se tratando de energia economizada e redução de demanda é necessário considerar a precisão do processo de avaliação em face do nível de precisão do processo de previsão das taxas de crescimento de mercado que, em se tratando de países em desenvolvimento, podem se apresentar bastante elevadas. Um pequeno erro nesta previsão poderia mascarar totalmente os resultados obtidos pelo programa de GLD. Este fato explica a dificuldade de aferir os resultados do GLD através da curva de carga (ELETROBRÁS e PROCEL, 1998).

Todas estas questões torna necessário traçar um planejamento integrado oferta versus demanda, possuir um conhecimento minucioso do mercado local, fazer diagnósticos energéticos, desenvolver estudos de otimização energética e montar unidades de demonstração (para se ter uma visão setorial).

As formas para se avaliar programas de GLD podem ser realizadas com análise detalhada dos seus parâmetros (aceitação do consumidor, procedimentos de implantação, desempenho dos equipamentos, impacto na curva de carga, período de vida das medidas de conservação, persistência ou não das economias de energia, número de participantes, custos para empresa de energia e consumidores participantes, alterações no comportamento do consumidor), dentre os quais podem ser citados: os diagnósticos energéticos, através de pesquisas de levantamento desses parâmetros, após seis meses de implantação das medidas de GLD, utilizando uma metodologia que permita estimar ganhos reais através do cruzamento de informações; e os estudos de otimização, que requer uma avaliação aprofundada e criteriosa, com medições permanentes, desses parâmetros.

A viabilidade operacional dos programas de GLD está inteiramente ligada aos cuidados que se devem tomar quanto às peculiaridades das regiões brasileiras, na forma de aplicação desses projetos, assim como a garantia nos prazos de execução e resultados (SCTDA-GEO, 1998).

CAPÍTULO 04

CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA E ENERGÉTICA DA REGIÃO DE CAMPINAS

O interesse por levantamentos e estudos que permitam conhecer os padrões de consumo dos setores da economia que compõem o sistema de uso de eletricidade nessas comunidades tem se mostrado de extrema importância para delinear as reais necessidades energéticas e orientar quais as alternativas viáveis para o atendimento dessas localidades que justifiquem suas aplicações de forma minimamente rentável e sustentável (MILUKAS, 1993) e (JANNUZZI e SWISHER, 1997), tendo em vista o déficit de atendimento destas regiões, a desestruturação na distribuição do consumo (entre os setores), a eficiência energética dos equipamentos, a forma de uso, dentre outros fatores.

Levantamento de dados de algumas localidades da região amazônica já foram realizados em outras pesquisas, a exemplo do levantamento feito pelo PROCEL, coordenado e executado pela Universidade Estadual de Campinas e Universidade do Amazonas, nas cidades de Manaus, Porto Velho e Macapá (JANNUZZI e POMPERMAYER, 1997). Porém, esses levantamentos referem-se a centros urbanos com características diferenciadas de suprimento energético e estrutura sócio-econômica. As comunidades com menor densidade populacional, mais afastadas desses centros, comportam peculiaridades que não permitem meras extrapolações de dados levantados em outras localidades, especialmente pela miscigenação entre hábitos urbanos (diversificação de equipamentos domésticos) e rurais (modelo de produção/consumo e padrão econômico).

Além desses fatos, a natureza da coleta das informações é bem mais ampla; uma microregião permite identificar todos os elementos que compõem os setores da economia, possibilitando cobrir os dados de toda a área de interesse. Esta situação favorece a confiabilidade e a precisão destes dados, assim como a observação dos resultados na aplicação das propostas sugeridas no trabalho.

O levantamento de campo feito para este trabalho cobriu 100% da região de Campinas no qual foi computado um total de 138 domicílios e 763 moradores, onde as entrevistas puderam ser realizadas pela presença de moradores no local, cerca de 40 famílias não foram entrevistadas ou por não estarem na residência na ocasião da visita, ou por dificuldade de acesso da equipe ao local do domicílio. O IBGE foi notificado da divergência entre seus dados e os dados levantados nesta pesquisa e justificou que tal divergência é em virtude do fato das dificuldades de acesso à região, o que leva os seus contadores a estimarem os números sem a precisão da contagem "in loco".

Conforme mencionado na introdução, a finalidade aqui é identificar a participação relativa dos principais usos finais, considerando os diferentes equipamentos, no consumo de eletricidade da Vila, de modo que isso possa ser devidamente considerado na avaliação de programas e medidas supostamente¹ eficazes, de gerenciamento da demanda e melhorias da eficiência energética no uso final de eletricidade.

Neste capítulo, procura-se descrever o perfil sócio-econômico da população; levantar o conjunto de aparelhos eletroeletrônicos existente/sua distribuição entre os setores de consumo por uso final; descrever a tipologia (conforto, climatização, lazer, etc.) dos equipamentos, suas características técnicas e operacionais, os hábitos de uso, e estabelecer relações entre os diferentes aspectos de uso no setor residencial de eletricidade, em função da predominância desse setor no consumo total.

¹ Os métodos de avaliação de GLD ainda encontram muita dificuldade em mensurar os resultados destes programas (BURGOA, 1998), porém muitos trabalhos estão voltados para demonstrar os seus efeitos positivos (LOPES, 1998).

Os dados utilizados neste trabalho foram levantados através de pesquisa de campo realizada por uma equipe da Universidade do Amazonas/UA, dos Departamentos de Estatística e Eletricidade, montada especificamente para este propósito, com recursos financeiros da Universidade do Amazonas, CNPq (bolsistas de iniciação científica), e Prefeitura de Manacapuru-AM.

Foram devidamente levantados 138 domicílios, 50,7% concentrados na Vila e 49,3% nos arredores da região de Campinas. Os dados cobrem um vasto espectro de informações sobre características sócio-econômicas, demográficas e energéticas.

Este capítulo está estruturado da maneira que segue. Na Seção 4.2, caracteriza-se o perfil sócio-econômico e demográfico da população, como faixa etária; composição familiar; grau de escolaridade; e as características do domicílio (tipo, condição de ocupação, lixo, escoamento sanitário, água, etc.).

Na Seção 4.3, foram analisadas as características energéticas, tais como o índice de posse dos equipamentos, e as condições de operação. Segue-se uma análise das formas de uso dos aparelhos, particularmente aqueles que mais influenciam no comportamento da curva de carga, qualitativamente e quantitativamente.

Na Seção 4.4 são mostradas as características da demanda dos sistemas elétricos que alimentam o interior do estado do Amazonas e como os setores da economia contribuem nessa demanda, e averiguando se existe aparente similaridade entre estes e o caso particular “foco” deste trabalho.

4.1 - LOCALIZAÇÃO DE CAMPINAS

Campinas está localizada às margens do Rio Manacapuru, próximo ao Paraná do Anamã, entre 60° 45' W de longitude e 5° 30' S de latitude, e aproximadamente a 53 km em linha reta da sede de seu município, Manacapuru, distante 80 km de Manaus, capital do Estado, seu acesso

somente se dá por via fluvial. Possui cerca de 1500 km², com topografia plana, levemente ondulada, de níveis muito baixos, clima quente e úmido de temperatura média de 26,43°C, faz fronteira ao norte com o Município de Novo Airão do Amazonas, ao sul com Beruri, ao oeste com Caapiranga e a leste com Manaquiri.

A população da região de Campinas é distribuída pelos habitantes que se concentram na Vila, cerca de 1010, e pelos habitantes dispersos em seus arredores, em torno de 1000. Seguindo informações obtidas do Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI do IBGE, a região de Campinas, definida pelo Órgão como "Setores Censitários 37 e 38 do Município de Manacapuru-AM", possui 2.688 habitantes e 497 domicílios, de acordo com o Censo Demográfico de 1991.

A localização de Campinas, bem como seu potencial de incidência solar, determinou sua escolha como local piloto para implantações de projetos referentes a sistemas de energia alternativa, como o sistema híbrido de geração de energia elétrica, resultante da interação dos sistemas solar e diesel (CEAM/1995) .

As figuras apresentadas na Fig. 4.1 mostram a localização de Campinas e a configuração geográfica do Estado do Amazonas, com todos os seus municípios e vilas eletrificados pelo sistema de concessão da CEAM e ELETRONORTE (atualmente Manaus Energia). O conjunto de sistemas de concessão da CEAM englobam noventa usinas termelétricas, entre municípios e vilas, todas elas representas na figura. A Tabela 4.1 apresenta os dados destas usinas.



ESTADO DO AMAZONAS

GOVERNO PAULO PINTO NERY

MUNICÍPIO DE MANACAPURU



- Sede
- Distrito
- Posto, lagoa, rio, lago, lagoa
- Posto, rio, lagoa
- Posto, rio, lagoa

RODÁVIAS

- Federal
- Estadual
- Municipal
- Em construção
- Em projeto

SÍMBOLOS

- △ Estação de trem
- Estação de rádio
- Estação de rádio
- Estação de rádio

TERRELOS

- Campo de aviação
- Anodromo
- Antena
- Antena

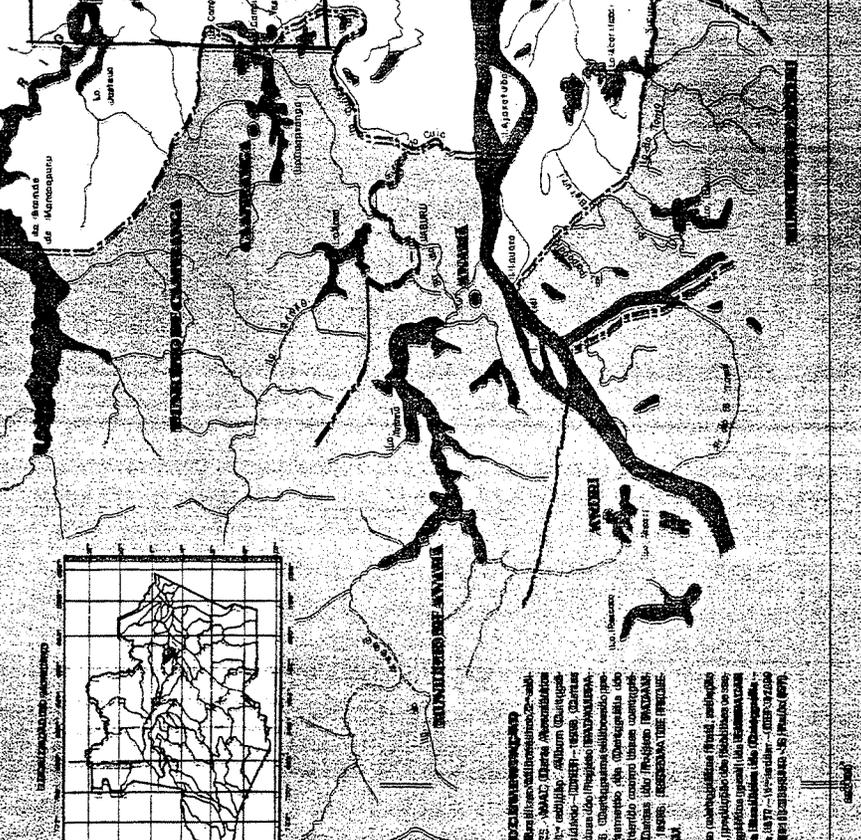
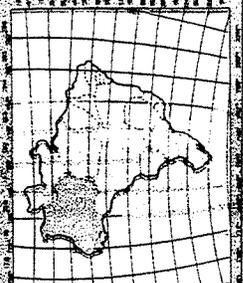
LEGENDA

- Rio, lagoa
- Intermitente
- Perennial
- Brejo
- Área inundável
- Cadeia de montanhas
- Corredeira
- Rochas
- Arma
- Ponto
- Foz

LEGENDA

- Marco de divis. impositivo
- Marco de divis. projetado
- Linha de foz
- Limite intermunicipal
- Limite intermunicipal
- Limite intencional
- Limite do Dec. Lei 1184/71
- Ponto geodésico
- Estação satélite
- Torre
- Antena
- Campo de aviação

MUNICÍPIO DE NOVO ALENOR



ÁREA DO MUNICÍPIO	
Km ²	7.082
ha	708.200



1983

Este município foi criado em 1983, pela Lei Municipal nº 1184/71, desmembrando-se do Município de Manaus, com sede em Manacapuru, tendo como território o território do antigo Município de Manacapuru, criado em 1962, pela Lei Municipal nº 1184/71, e o território do antigo Município de Manacapuru, criado em 1962, pela Lei Municipal nº 1184/71.

Tabela 4. 1. Dados das usinas termelétricas do sistema CEAM.

Localidade das Usinas	Potência Disponível (kW)	Entrada Operação	Ponta de Carga (kW) / (fev./99)	Consumo Diesel (l/mês)
1. Alvarães	500	1975	320	52.122
2. Amaturá	360	1974	270	48.360
3. Anamá	390	1976	245	34.260
4. Anori	900	1971	620	101.867
5. Apui	2.480	1986	840	107.340
6. Atalaia do Norte	460	1970	340	46.056
7. Autazes	2.750	1969	1.110	142.848
8. Axinim	*	1998	54	7.195
9. Barcelos	1.100	1970	635	105.625
10. Barreirinha	660	1967	585	88.647
11. Belém do Solimões	150	1987	70	7.480
12. Benjamin Constant	1.750	1968	1.460	180.665
13. Beruri	340	1975	310	48.110
14. Boa Vista dos Ramos	750	1986	420	68.890
15. Boca do Acre	1.950	1971	1.742	240.285
16. Borba	2.400	1972	750	170.880
17. Caapiranga	370	1975	210	31.554
18. Caburi	100	1992	65	10.075
19. Caiambé	100	1986	58	9.225
20. Cameta	160	1992	70	8.960
21. Campinas	60	1986	42	2.231
22. Canutama	500	1973	380	52.152
23. Carauari	1.750	1971	1.545	231.929
24. Careiro	550	1973	245	31.918
25. Castanho	1.700	1979	1.005	155.534
26. Caviana	160	1986	54	8.091
27. Coari	5.200	1967	3.523	484.598
28. Codajás	3.000	1969	1.080	161.430
29. Cucuí	260	1973	90	14.287
30. Eirunepé	3.350	1969	1.180	194.800
31. Envira	440	1973	440	64.230
32. Estirão do Equador	200	1974	50	12.621
33. Fonte Boa	800	1971	700	138.943
34. Guajará	350	1986	317	45.045
35. Humaitá	3.250	1968	3.088	419.350
36. Iauaretê	300	1975	130	19.520
37. Ipiranga	100	1975	60	13.123
38. Ipixuna	550	1973	310	60.885
39. Iranduba	6.050	1983	3.940	632.600
40. Itacoatiara	8.200	1966	8.333 ²	1.079.470
41. Itamarati	280	1977	210	34.035
42. Itapeaçu	180	1987	75	11.480

² A ponta de carga é maior do que a potência disponível, o que indica falha da informação obtida na empresa.

43. Itapiranga	650	1971	440	73.190
44. Jacaré	**	1998	13	3.395
45. Japurá	76	1973	35	3.181
46. Juruá	470	1973	200	26.682
47. Jutai	700	1972	620	113.180
48. Lábrea	2.200	1970	1.782	247.990
49. Limoeiro	310	1982	170	30.695
50. Manacapuru	9.800	1967	6.750	922.105
51. Manaquiri	590	1984	345	45.115
52. Manicoré	2.060	1969	1.518	217.361
53. Marãã	470	1973	148	49.445
54. Maués	3.000	1967	2.210	327.050
55. Mocambo	200	1987	65	13.890
56. Murituba	60	1986	28	3.929
57. Nhamundá	1.000	1971	540	70.576
58. Nova Olinda do Norte	910	1969	850	122.901
59. Novo Airão	1.150	1973	550	98.248
60. Novo Aripuanã	1.150	1972	760	119.155
61. Novo Céu	***	1998	56	5.171
62. Novo Remanso	****	1998	200	20.115
63. Palmeiras	200	1974	45	10.318
64. Parintins	9.950	1965	5.810	854.312
65. Pauini	380	1973	345	63.620
66. Pedras	120	1976	68	8.395
67. S. Gabriel da Cachoeira	2.050	1971	1.520	257.853
68. São Paulo de Olivença	620	1971	845 ²	85.631
69. S Sebastião do Uatumã	700	1975	340	50.290
70. Sacambu	100	1992	31	5.580
71. Silves	530	1971	295	45.365
72. Santa Isabel Rio Negro	620	1972	360	56.050
73. Santo Antônio do Iça	625	1971	580	95.890
74. Tabatinga	3.650	1972	3.120	437.725
75. Tapauá	600	1973	600	84.243
76. Tefé	6.600	1968	4.350	592.180
77. Terra Nova	*****	1998	13	1.200
78. Tonantins	350	1975	250	56.583
79. Tuiué	**	1998	33	5.413
80. Urarini	300	1976	200	28.980
81. Urucará	760	1968	670	105.680
82. Urucuritaba	650	1976	500	69.570
83. Vila Amazônia	*****	1998	46	5.325
84. Vila A. Montenegro	70	1971	55	6.852
85. Vila Bittencourt	200	1973	55	11.839
86. Zé Açú	*****	1998	18	3.222

* Pertence ao Município de Borba. ** Pertence à Manacapuru. *** Pertence à Autazes.
**** Pertence à Itacoatiara. ***** Pertence à Careiro. ***** Pertence à Parintins.

Fonte: CEAM e ELETROBRÁS, 1998/1999.

Do total das usinas instaladas no interior do Amazonas da CEAM, apenas Vila Campinas (parte da fonte de energia é solar) e brevemente São Gabriel da Cachoeira (está em construção a PCH que atenderá o município) utilizam fonte renovável de energia.

4. 2 - CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS DA POPULAÇÃO

O número médio de membros por família identificado pela pesquisa de campo em Campinas foi de 5,53 pessoas, sendo este uma média maior do que a da região Norte, de 4,0³, e maior do que a média nacional que é de 3,6³ (PNAD, 1996). A população é predominantemente jovem, com 69,8% em idade até 25 anos (a média nacional até 24 anos é de 38,8% (PNAD, 1998)), destes 34,2% são crianças, somente 27,2% da população está na faixa de 26 a 60 anos, conforme se observa nos índices percentuais apresentados na Tabela 4.2 (números referentes aos dados coletados pela pesquisa de campo), na faixa de 25 a 59 anos a média nacional é de 41,7%³ (PNAD, 1998); quinze integrantes das famílias não tiveram suas idades informadas⁴. Seria interessante verificar o porque da grande quantidade de crianças identificada, se existe êxodo da população na fase adulta para outras regiões, ou se as condições são atualmente atrativas para a migração ou o retorno da população mais jovem. Dos moradores, 52% são do sexo masculino e 48% do sexo feminino, no país estes números são 49% e 51% respectivamente (PNAD, 1998).

Tabela 4. 2. Faixa etária populacional de Campinas

Faixa Etária (anos)	%
Até 10	34,2
11 – 15	15,5
16 – 20	11,1
21 – 25	9,0
26 – 40	15,0
41 – 60	12,2
Mais de 60	3,1

³ Excluída a população da área rural dos Estados de Rondônia, Acre, Roraima, Amazonas, Pará e Macapá.

Os habitantes de Campinas são em sua maioria nativos da região de Campinas, 65,9%; outros 19,3% são migrações de Manacapuru e os demais de outras localidades do Estado do Amazonas e regiões do país. Das famílias entrevistadas, um total de 18 não souberam responder esta pergunta, por não recordarem ou desconhecem sua origem, isto quando o entrevistado tinha idade avançada ou era jovem e não tinha a informação dos pais.

Tabela 4. 3. Naturalidade dos moradores de Campinas.

Localidade	Percentual (%)
Campinas	65,9
Manacapuru	19,3
Outras Regiões do Amazonas	7,0
Outros Estados do Brasil	3,8
Outros Países	0,4
Desconhecem	3,6

Considerando que a maioria da população de Campinas é nativa e que sua população apresenta um percentual alto de jovens, os dados da Tabela 4.4 sugerem que, no momento, a população está optando por permanecer residindo na região. No Estado do Amazonas a naturalidade da população residente é composta de: 64,7% reside no próprio município de sua naturalidade; 56,9% sempre residiram no município; e 14,5% não são naturais do Estado, ou seja migraram de outras regiões do país ou do mundo (PNAD, 1995)⁵.

Tabela 4. 4. Tempo de residência das famílias em Campinas.

Tempo (anos)	%
Até 2	6,7
03 – 08	27,1
09 – 14	9,8
15 – 20	10,5
21 – 26	9,8
27 ou mais	36,1

⁴ O entrevistado não sabia informar por esquecimento ou desconhecimento.

⁵ Exclusive a população rural.

4. 2. 1 - ESCOLARIDADE DA POPULAÇÃO

Na área educacional a comunidade tem o apoio do Estado e da Prefeitura de Manacapuru, fornecendo material e pessoal para a realização das atividades escolares. A maior parte dos funcionários são da própria Vila e outros migram de Manacapuru com contratos de curta duração. O pagamento dos funcionários das escolas estadual e municipal é feito pelas respectivas secretarias das esferas competentes. O ensino das escolas vai até a 4ª série do 1º grau; o restante da grade escolar é feito em Manacapuru. Desta situação resulta que uma considerável parcela da população possui o 1º grau incompleto, 49,5%. Apesar das escolas, em relação às suas instalações, terem a capacidade de locar todas as crianças de Campinas, há um índice de desistência relevante ocasionado pelo precoce início das crianças no trabalho de lavoura familiar e as grandes distâncias existentes para se chegar à escola, onde este percurso é feito em barcos a remo, em muitos casos no horário noturno.

A Tabela 4.5 mostra o grau de instrução dos moradores, sendo que 205 pessoas entrevistadas não souberam definir seu grau de escolaridade, geralmente porque parou os estudos há muito tempo e não recordavam o nível que tinham alcançado. A taxa de analfabetismo no Brasil das pessoas com mais de sete anos de idade é de 14,9%⁴, na região Norte⁵ o número é 12,1% (PNAD,1997), em Campinas este número ficou em 19,6%.

Tabela 4. 5. Grau de instrução dos moradores de campinas, entre crianças e adultos

Grau de Instrução	%
Analfabeto	19,6
1º grau incompleto	49,5
1º grau completo	24,1
2º grau incompleto	3,2
2º grau completo	2,2
3º grau incompleto	1,4

4. 2. 2 - CARACTERÍSTICAS DOS IMÓVEIS

Na Vila estão distribuídos 126 imóveis, dentre os quais estão: a sede da Companhia Elétrica do Amazonas/CEAM, onde o sistema híbrido solar-diesel está instalado e é monitorado; um Posto de Saúde, desativado por falta de recursos; uma Delegacia, com o efetivo de um soldado da polícia militar; uma Escola Estadual e uma Municipal, que atendem as crianças da comunidade; e três templos religiosos. O restante engloba estabelecimentos comerciais, tais como padaria e tabernas⁶ que funcionam na própria residência do proprietário.

Foi identificado pela pesquisa que os imóveis da região de Campinas estavam locados em áreas do tipo terra firme em 55,1%, alagada (permanentemente inundada) em 15,4% e várzea (periodicamente inundada) em 29,5% das construções. Os domicílios residenciais são construções feitas em madeira, a maioria sem pintura, com número médio de quatro cômodos por domicílio, compostos por 01 sala, 01 cozinha e 02 quartos, somente 34,8% das residências possuem banheiro próprio. Em relação à propriedade do domicílio, 90,5% é própria e 9,5% cedida.

Tabela 4. 6. Percentual da quantidade de cômodos nos domicílios.

Quantidade de Cômodos	Percentual (%)
Sala (01)	97,6
Sala (02)	2,4
Quartos (até 02)	93,5
Quartos (03 a 07)	6,5
Cozinha (0)	10,1
Cozinha (01)	89,9
Banheiro (0)	65,2
Banheiro (01)	34,8
Copa (0)	99,3
Copa (01)	0,7

⁶ Estabelecimentos para venda de diversos produtos domésticos, alimentícios e bebidas.

Com relação aos aspectos sanitários, a comunidade apresenta duas principais formas de obtenção de água, a coleta direta do rio e através de cacimbas d'água⁷, esta última utilizada por mais da metade da população e muito comum em épocas de seca. Quanto ao tratamento da água, o mais usual dentre os moradores é a filtragem: coam-se várias vezes com pano limpo ou utilizam-se filtros convencionais. Há ainda o tratamento por fervura e aplicação de cloro. Mas um percentual considerável (33%) utiliza água sem nenhum tratamento. Segundo o PNAD (1996), 74,2% dos domicílios no Brasil recebem água tratada⁸, em Campinas 11,6%.

Tabela 4. 7. Forma de abastecimento de água em Campinas⁹.

Abastecimento de Água	Percentual (%)
Encanamento	11,6
Cacimba d'água	63,8
Rio ou lago	52,2
Poço artesiano	16,0
Chuva	1,4
Outros	1,4

Em virtude da comunidade não possuir sistema de rede de esgoto, os despejos sanitários são escoados, na maioria, em “fossas caseiras” (70,9%), que são buracos abertos no chão, variando de 4 a 7 metros de profundidade; quando cheios são fechados com a própria terra, sendo algumas delas de uso comunitário. A média nacional de domicílios com rede coletora de esgoto é de 40,3% e com coleta de lixo é de 87,4% (PNAD, 1996)⁸.

Apesar da comunidade não possuir sistema de coleta de lixo, este fato, aparentemente, não compromete em grandes proporções a saúde da população. Os moradores apresentam uma aparência saudável e para eventuais casos de doenças o tratamento é feito por meio de medicamentos caseiros, sendo os mais graves encaminhados à cidade de Manacapuru.

⁷ Escavação em baixadas úmidas ou no leito de um rio, na qual a água se acumula como num poço.

⁸ Excluída a população da área rural dos Estados de Rondônia, Acre, Roraima, Amazonas, Pará e Macapá.

⁹ Como as pessoas podiam marcar mais de uma opção os percentuais não somam 100%.

Tabela 4. 8. Método de eliminação do lixo em Campinas

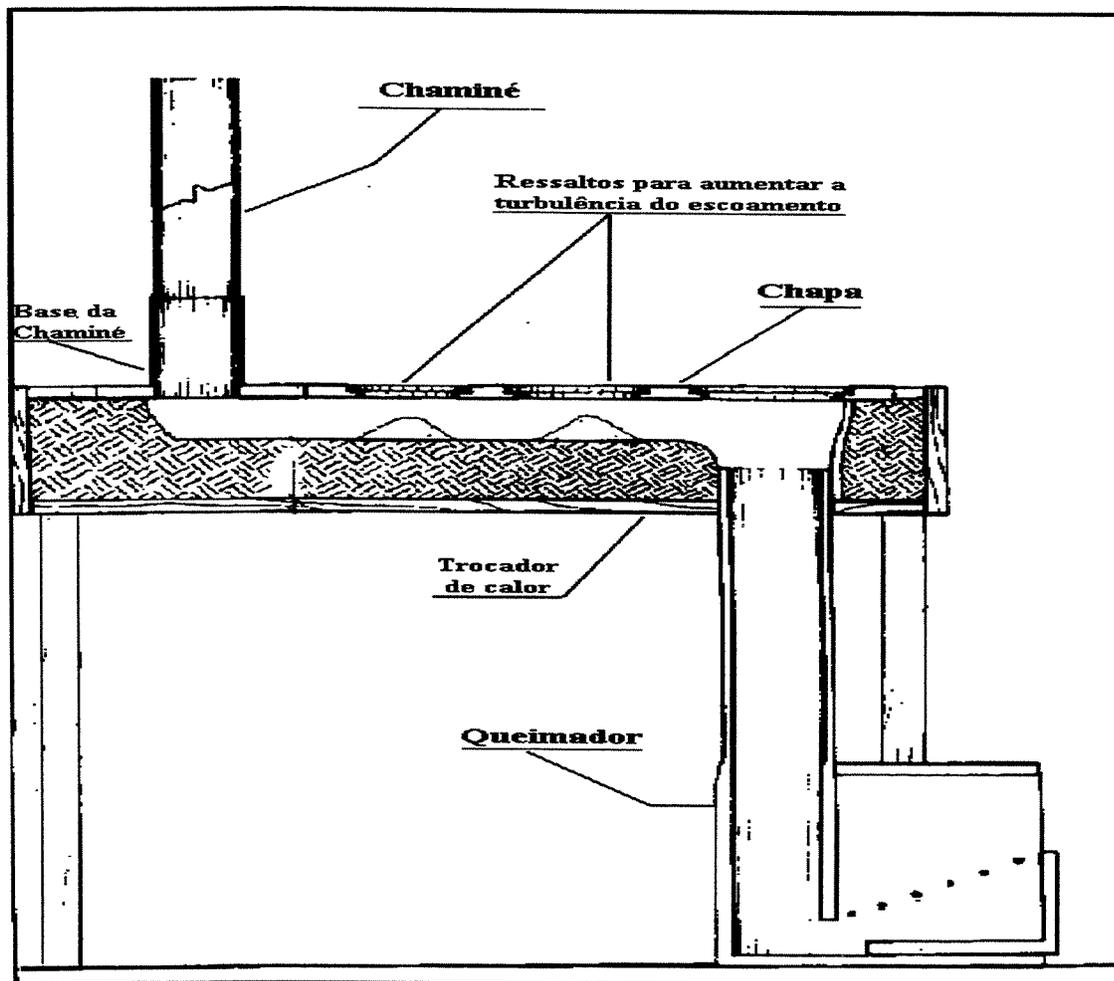
Método	%
Queima	68,6
Enterra	1,4
Despejo (rio / lago)	16,1
Outros	13,9

Para o cozimento e aquecimento dos alimentos a maioria da população faz uso do fogão a gás, que representa 92% do método de cocção adotado na comunidade contra apenas 6,5% do uso do fogão à lenha (1,5% dos entrevistados não responderam esta pergunta), apesar da facilidade de acesso à lenha de 17% da população estar assegurada, segundo informações dos próprios entrevistados.

Um dos fatores que influenciam o uso expressivo do gás é a baixa demanda de alimentos cozidos, devido à limitada variação do cardápio familiar, e o desconforto causado pelo uso do fogão a lenha que ainda não está adaptado às condições locais; provoca aquecimento do ambiente, atrai mosquitos para o interior das residências e é de baixa eficiência.

No sentido de minimizar as desvantagens do uso do fogão a lenha foi desenvolvido um projeto de fogões mais eficientes pelo CETEP (1998). MARTINS et ali (1992) implementaram um modelo deste fogão nas comunidades de Mocambo e Caburi, em Parintins/AM. Posteriormente, com o propósito de redimensionar, construir e testar a tecnologia “downdraft” (como é denominado o processo de queima do fogão) BORGES (1994) construiu um protótipo no qual pôde avaliar a eficiência e a emissão de monóxido de carbono no processo, o qual chamou de fogão a lenha de combustão limpa; é um fogão que apresenta muitas vantagens em relação aos fogões tradicionais, tais como: economia de lenha; menor tempo de cocção; segurança na manipulação do fogão; preparação de vários alimentos ao mesmo tempo; eliminação da fumaça dentro do domicílio; melhora da higiene e do ambiente interno; diversificação da dieta alimentícia; e incorporação de outros membros da família no trabalho da cozinha.

Foi identificada uma variação no formato dos fogões a lenha na região; estes podem ser estruturas feitas de tijolos, pedras e barro prensado, montados diretamente no chão ou em armações de madeira. Geralmente são armadas duas fileiras paralelas de tijolos ou pedras para sustentar pedaços de zinco e/ou painéis; no espaço armado são queimadas toras de madeira. A Fig. 4.2 mostra o desenho esquemático do protótipo do fogão a lenha de combustão limpa baseado no modelo concebido por MARTINS (1992).



Fonte: BORGES (1994).

Figura 4. 2. Esquema completo do fogão a lenha com combustão limpa.

Atualmente esta tecnologia está sendo difundida pela Universidade do Amazonas através do Projeto “Tecnologias Alternativas para o Meio Ambiente Rural: Aspectos Técnicos e Sócio-Econômicos” junto a pequenos produtores familiares do Projeto de Assentamento Iporá (PAI) do INCRA, situado nos municípios do Rio Preto da Eva e Itacoatiara/AM (SOUZA et ali, 1999).

Seria necessário um trabalho de divulgação informativa e educacional junto à comunidade para possibilitar a penetração desta tecnologia tendo em vista todas as vantagens referidas, principalmente no que diz respeito: à sustentabilidade, considerando que o custo do gás e a falta de um sistema de abastecimento dificultam muito o uso do fogão a gás na região; ao baixo custo econômico, devido à eficiência do processo que requer um baixo consumo de lenha; e aos benefícios sociais e de saúde para a população de Campinas, assim como de outras localidades.

4. 2. 3 - CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS

O pescado, a farinha de mandioca, produzida no local, e a banana são os alimentos básicos da população. A presença de outras frutas é mais acentuada na alimentação dos moradores residentes nos arredores da Vila, onde a agricultura é mais presente. Esta, no entanto, é praticada mais a nível de subsistência, caracterizando-se pela ausência de máquinas e de insumos agrícolas. Não há referência de qualquer assistência técnica aos colonos e nem feiras de comercialização de seus produtos.

Uma grande parcela da população, 48,6%, não possui renda familiar, e dos que a possuem, 63% recebem em torno de um salário mínimo, o restante apresenta renda variando de 1,5 até 7,5 salários mínimos, conforme mostram os números da Tabela 4.9, onde os patamares mais altos representam a parte da população que domina as atividades comercial e pesqueira. No Brasil 22,9% das famílias recebem até dois salários mínimos e 3,7% não possuem renda (PNAD, 1996)¹⁰. Em Campinas, o trabalho assalariado representa 17%, o autônomo 75,4% e o eventual ("bico") 7,6%. Há ainda a presença do cultivo de pequenas hortas e criações de cabeças de gado e galinhas, porém mais para consumo próprio do que de acréscimo à renda familiar. No Brasil, na faixa da população

economicamente ativa com 10 anos ou mais, 53% são empregados, 22,3% trabalham por conta própria, 3,7% são empregadores e 9,1% não são remunerados (PNAD, 1996)¹⁰.

Tabela 4. 9. Índice de remuneração dos trabalhadores.

Salário Mínimo	Percentual (%)
Menos de 1,0	45,2
1,0	17,8
1,1 – 2,0	15,5
2,1 – 7,5	21,5

A Tabela 4.10 mostra a faixa etária da população que realiza o trabalho e contribui com a renda familiar. Os números sugerem um equilíbrio na participação de todas as faixas de idade, sendo pequena a participação infantil, pelo menos no que diz respeito à remuneração, não estando descartada a participação no trabalho de economia doméstica.

Tabela 4. 10. Faixa etária da população economicamente ativa.

Idade	Percentual (%)
Menos de 18	4,9
18 – 25	22,1
26 – 35	18,0
36 – 45	24,6
Mais de 45	30,4

A exploração de seus recursos naturais caracteriza a base econômica de Campinas, pois representa os poucos meios de trabalho existentes. A pesca é a principal fonte de renda da população, e a quase totalidade da agricultura praticada é de subsistência. Os rios Manacapuru, Solimões e o Lago de Campina são os mais explorados na atividade pesqueira e no transporte para

¹⁰ Excluída a população da área rural dos Estados de Rondônia, Acre, Roraima, Amazonas, Pará e Macapá.

sua comercialização , em virtude da proximidade e facilidade de acesso, destacando-se pela presença dos peixes jaraqui, tambaqui, aruanã, piranha e bodó.

O transporte de acesso aos moradores de Campinas são os barcos de linha diários oriundos de Manacapuru que levam em média seis horas de trajeto até esta ou os barcos de motor de popa tipo "voadeiras" de propriedade particular que reduzem o tempo de deslocamento para três horas, e para deslocamentos mais curtos, nos arredores da Vila, os moradores utilizam os barcos à remo.

4. 2. 4 - LAZER

As atividades de lazer caracterizam-se por dois grupos distintos: as famílias não atendidas pelo serviço de energia elétrica, nas quais o lazer é a conversa em grupo, passear na Vila, jogar futebol, jogar baralho, nadar no rio e brincar com os filhos (foi observado pouco uso de pilhas/baterias). As famílias atendidas pelo sistema elétrico têm como lazer, além das atividades já citadas, ver televisão e ouvir música. As festas comemorativas que marcam o calendário da Vila são as festas juninas, e a festa da padroeira da Vila que acontece anualmente no mês de setembro.

4. 3 - CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS

Em 1987 foi instalada em Campinas uma usina termelétrica com capacidade nominal de 96 kW para fornecer energia elétrica no período das 18:00 às 24:00h, operada pela CEAM com combustível subsidiado, pago pela Conta de Consumo de Combustível (CCC) gerenciada pela ELETROBRÁS. A Tabela 4.11 apresenta a capacidade instalada da UTE Campinas e os valores de consumo e carga no ano de 1995.

Tabela 4. 11. Dados de 1995 do Sistema de Geração à diesel de Vila Campinas.

Grupo Gerador Diesel	2 x 48 kW (127 / 220V) 60 Hz
Ponta de carga	24 kW
Consumo médio (óleo / mês)	1.600 l
Consumo de óleo lubrificante	15 l / 300 horas de operação
Número de consumidores	72
Horário de atendimento	18:00 às 24:00 horas

Fonte : CEAM¹¹

A disponibilidade do recurso solar em níveis satisfatórios para geração de energia elétrica (ver Capítulo 05) motivou a implantação do sistema híbrido de geração complementar em 1996, em Vila Campinas. A implantação do sistema foi viabilizada devido à doação dos equipamentos necessários por parte do Departamento de Energia dos Estados Unidos, através do Laboratório de Fontes Renováveis (NREL), ao CEPEL. Campinas tornou-se uma estação experimental, monitorada via satélite por técnicos da empresa nos Estados Unidos.

As instalações da UTE Campinas foram adaptadas ao sistema híbrido, aproveitando a rede de transmissão elétrica e os geradores a diesel. Como resposta, em relação ao sistema anterior, a implantação do novo sistema estendeu o horário de operação das 6:00 às 24:00 hs.

Na aplicação do questionário, a população classificou o sistema híbrido como muito bom (52%) e bom (45%); apenas 2% achou o sistema regular. Esta resposta levava em consideração as mudanças no cotidiano das pessoas, como mudanças de hábitos, melhorias na qualidade de vida e expectativas quanto ao novo sistema.

Das melhorias advindas com a operação do novo sistema, os moradores apontam o conforto em primeiro lugar (92%), em seguida a conservação dos alimentos (42%), e apenas 12% no exercício do seu trabalho. Os moradores não atendidos pelo sistema consideram como perspectivas

¹¹ Informação obtida no Departamento de Projetos da CEAM: "Projeto Campinas – Implantação de Sistema Híbrido Piloto de Geração de Energia Elétrica, 1995".

do advindo da energia o conforto (86%), uma necessidade prioritária, a conservação dos alimentos (33%), e apenas 5,5% dos moradores indicam a possibilidade do uso de energia no trabalho. Este fato ainda se verifica quando do desejo de adquirir algum eletroeletrônico para a residência; 60% dos moradores desejam adquirir geladeira ou “freezer”, e 13%, ventilador.

4.3.1 – SETOR RESIDENCIAL

O setor residencial é predominante na demanda de eletricidade, representando cerca de 75,8% do consumo total registrado na Vila, no período da medição, ou seja, o mês de agosto de 1997. O parque de eletrodomésticos existente mostra que a maioria dos equipamentos está relacionada com o conforto¹², conservação de alimentos (refrigeração), e lazer. Um percentual de 57% dos entrevistados assistem televisão como forma de lazer, 65,6% utilizam o “freezer” para refrigeração, e 34,4% utilizam geladeira. A Tabela 4.12 mostra o número médio de eletrodomésticos por domicílio.

Tabela 4.12. Posse de eletrodomésticos por domicílio.

Eletrodoméstico	Índice
Ventilador	0,90
Televisor	0,29
Geladeira	0,11
“Freezer”	0,22
Ferro de Passar	0,21
Liquídificador	0,12
Rádio	0,38
Máquina de Costura	0,01
Vídeo Cassete	0,01
Receptor de Satélite	0,02
Som	0,06

Disponibilidade de água gelada para beber e ventilação para afugentar os mosquitos.

Quanto à marca dos aparelhos destacam-se, a Consul, como marca predominante dos “freezers” encontrados, todos do modelo horizontal, e a Eletrolux para as geladeiras, ambas, na sua maioria, com volume de 280 litros. Destaca-se também, o ventilador da marca Jumbo, tanto o de pé quanto o de mesa, de potência 50 W, muito freqüente nas residências. Em relação ao televisor, a penetração maior é dos televisores de pequeno porte, principalmente o de 14 polegadas, seguido do modelo de 12 polegadas, a marca mais encontrada foram Philco e Diplomat, este último para os modelos menores.

Com base na potência dos equipamentos encontrados na própria comunidade foi determinada a potência nominal dos aparelhos; onde a identificação não era possível, tomou-se como referência os similares de marca e modelo. A Tabela 4.13 mostra os tipos encontrados na Vila que serviram para essa referência.

Tabela 4. 13. Tipos dos equipamentos encontrados na Vila.

Equipamento	Marca	Potência (W)
“Freezer”	Consul	242 (280 l)
Geladeira	Eletrolux	176 (280 l)
Televisor	Philco Hitachi	56 (14")
	Philco Hitachi	75 (20")
	Diplomat	30 (12")
Ventilador	Jumbo	50
Liquidificador	Walita	385
Ferro de Passar	Walita	1000
Rádio	Diplomat / Recor	20

A Tabela 4.14 mostra o consumo médio mensal de um aparelho, estimado a partir das informações de hora de uso levantadas, o número total de aparelhos existente na Vila e a potência média destes aparelhos, onde o valor médio foi obtido a partir da média aritmética dos dados de placa levantados e seus similares.

Tabela 4. 14. Consumo médio individual dos equipamentos (kwh/mês/aparelho).

Equipamento	Consumo (kWh/mês/apar.)	Desvio Padrão (Δ kWh)	Parque de Aparelhos	Potência Média (W)	Desvio Padrão (Δ W)
Televisor	12,0	6,28	28	59,6	30,64
Ventilador	14,1	17,74	85	55,1	12,85
“Freezer”	54,1	-	21	225,6	53,88
Geladeira	51,8	-	11	172,7	10,85
Rádio	3,9	3,13	37	23	10,56
Liquidificador	Não Consta ¹³	-	12	324,6	94,78
Ferro-de-passar	Não Consta	-	20	943	148,86

A Fig. 4.3 mostra o perfil estimado do comportamento da carga, referente ao uso de energia elétrica do setor residencial. Fica evidente que ações voltadas para o gerenciamento da demanda, devem buscar alternativas que visem reduzir a carga no horário compreendido entre 18:00 e 24:00 horas, pois é neste intervalo, conforme observa-se na curva, que ocorre o maior pico de consumo do setor. É importante ressaltar que, como se trata de geração híbrida, nesse período o sistema opera com diesel, de custo mais elevado para a concessionária.

¹³ Devido a imprecisão e aleatoriedade do uso deste equipamento, não foi possível estabelecer o seu consumo mensal.

e de 10 horas para os refrigeradores (PROCEL, 1989). Em virtude de não haver disponibilidade de dados mais recentes de consumo de refrigeradores naquela região, foram adotados estes últimos valores neste trabalho, pois estariam mais próximos da situação experimentada neste estudo.

Tomando-se como parâmetro estes índices e considerando a potência nominal como representativa da potência média requerida, o consumo médio mensal de eletricidade de uma geladeira típica de Vila Campinas, significaria 51,8 kWh/mês por aparelho. Desse modo, considerando-se o índice de posse, o número de consumidores residenciais de 97, e o parque de geladeiras domésticas de 11 aparelhos (constantes na Tabela 4.15), significa um consumo de eletricidade igual a 0,55 MWh, o equivalente a 5,16% de todo o consumo residencial de eletricidade registrado naquele mês, 10,57 MWh¹⁴.

Tabela 4. 15. Dados levantados e estimados das geladeiras.

Potência Média Nominal (W)	173
Índice Médio de Posse	0,11
Parque de Geladeiras	11
Tempo Médio de Uso (h / dia)	10
Consumo Mensal/Aparelho (kWh)	51,9
Consumo Mensal do Parque (kWh)	571

Analogamente, um aparelho de “freezer” típico de Vila Campinas apresenta um consumo médio mensal da ordem de 54 kWh e contribui com cerca de 10,8% do consumo do setor residencial de eletricidade (parâmetros para cálculo apresentados na Tabela 4.16), considerando-se os dados registrados naquele período. A eletricidade destinada à refrigeração doméstica totaliza cerca de 19,6% da parcela residencial e em torno do mesmo percentual de todo o consumo final de eletricidade da Vila.

¹⁴ Dados de carga, referentes à medições no mês de agosto/1997, fornecidos pelo CEPEL.

Em relação à demanda, o parque de geladeiras representava 1,9 kW, e o de “freezers” 4,7 kW, somando juntos cerca de 6,6 kW, o equivalente a 20,2% da demanda máxima registrada em 1997 (32,7 kW) e 13,8% da capacidade instalada do sistema (48 kW).

Tabela 4. 16. Dados levantados e estimados dos “freezers”.

Potência Média Nominal (W)	225,6
Índice Médio de Posse	0,22
Parque de “Freezers”	21
Tempo Médio de Uso (h / dia)	8
Consumo Mensal / Aparelho (kWh)	54,1
Consumo Mensal do Parque (kWh)	1.200

As curvas de carga relacionadas ao uso de energia para refrigeração são difíceis de serem estimadas, devido à imprecisão de horário e simultaneidade de operação, geralmente elas são representadas com uma reta com o valor de sua potência nominal, o que não reflete o valor real de seu consumo diário.

ii. Características de Consumo para Climatização

O ventilador tem uma penetração bem difundida em Vila Campinas (0,9 aparelho/domicílio). A potência média dos aparelhos é de 55 W, o tempo médio de uso diário é de 8,5 horas. O consumo médio mensal foi estimado em 14,1 kWh por aparelho, e o consumo de eletricidade do parque de ventiladores, no mês do levantamento, foi de 1,2 MWh, o equivalente a 11,17% do total do consumo residencial de eletricidade. A Tabela 4.17 traz os parâmetros utilizados para os cálculos anteriores.

machado, tarrafá, zagaia, malhadeira, etc., demandados de bastante esforço físico; o padrão de construção dos imóveis; a estrutura da grade escolar e o nível de escolaridade; o número médio de membros por família; os sistemas de criação de animais, como aves (galinhas e patos), suínos e bovinos, de maneira geral com planteis reduzidos tendo como finalidade principal a satisfação das necessidades das famílias; dentre outras.

E como ponto principal de identificação da comunidade de Campinas com outras localidades da região, destacam-se as características energéticas, dentre as quais podem ser citadas: a predominância do setor residencial no uso de energia elétrica; a necessidade de frio para a conservação de seus produtos, particularmente o pescado; o alto índice de uso das lâmpadas incandescentes; o uso de combustíveis fósseis para iluminação e transporte; a baixa eficiência do processo de cocção com uso de biomassa somada às dificuldades de acesso ao uso do processo com o gás; e, principalmente, a atratividade do setor elétrico para gerar energia rentável e sustentável nessas localidades.

CAPÍTULO 05

O SISTEMA ELÉTRICO DE VILA CAMPINAS

Com base nos dados levantados pela pesquisa de campo e informações obtidas em outros levantamentos, particularmente aqueles analisados e apresentados no capítulo anterior, este capítulo tem por finalidade descrever e fazer uma análise econômica do sistema elétrico que atende a Vila Campinas.

Sabe-se das limitações econômicas que os sistemas fotovoltaicos enfrentam para se tornarem uma fonte de energia alternativa viável, na maioria dos casos, mas quantificar estes valores, no caso específico deste trabalho, que se utiliza de um exemplo demonstrativo de geração de energia elétrica em conjunto com um sistema diesel, pode conduzir a considerações mais sólidas, que permitam apontar as questões pontuais onde sua utilização é mais rentável e benéfica, do ponto de vista econômico e social.

Conforme mencionado na introdução, a finalidade aqui é identificar os principais componentes do sistema elétrico da Vila e os itens que contribuem para a relação de despesas e receitas, de modo que isso possa ser devidamente contabilizado na análise econômica.

Inicialmente, Seção 5.1, procura-se identificar as principais características do suprimento elétrico de Vila Campinas.

Em seguida, Seção 5.2, são descritas três situações possíveis de suprimento elétrico para a Vila, considerando os componentes que estão instalados na usina. Nas Subseções 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3 são calculados os custos de cada uma, de acordo com os investimentos necessários e as receitas advindas, num determinado horizonte previamente determinado, utilizando os métodos de análise econômica descritos no Capítulo 3.

Com base nos custos e investimentos, na Subseção 5.2.4 é calculado o custo específico de geração para três situações, a operação unicamente com fonte diesel, através do grupo gerador; a operação híbrida solar/diesel, considerando que todos os custos são de responsabilidade da concessionária; e esta última, considerando parte dos equipamentos como doação de terceiros.

Na última Seção (5.3), os resultados são analisados e comparados entre si.

5.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

O sistema híbrido instalado foi dimensionado para atender a carga de Vila Campinas no horário das 6:00 às 24:00h. Durante o dia o sistema solar alimenta diretamente a carga da Vila, através dos painéis fotovoltaicos, passando pelo inversor (DC/AC). Quando a geração de energia dos painéis for superior à carga exigida, estes passam a carregar também o banco de baterias.

Quando acontece uma geração excedente de energia, ou seja, a geração do sistema solar é superior à demanda da Vila e o banco de baterias já está carregado, o inversor autoregula sua velocidade e conseqüentemente a tensão de saída, e o excedente de geração é injetado na rede sem afetar a estabilidade do sistema. Durante a noite o banco de baterias alimenta a Vila até que este chegue a descarregar 60% de seu potencial, quando então entra o grupo gerador.

O novo sistema permitiu um aumento no horário de fornecimento de energia, que antes fornecia energia elétrica no período das 18:00 às 24:00h, e um aumento no número de consumidores atendidos de 72 para 120.

5.2 - ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS

Considerando três possibilidades de fornecimento de energia elétrica para Vila Campinas, quais sejam, diesel, solar, e híbrido solar/diesel, tendo em vista os equipamentos disponíveis instalados na Vila, com operação de dezoito (imediatamente após a instalação do conjunto fotovoltaico) e vinte e quatro diárias (devido à adoção da resolução 315/98 da ANEEL, texto no Anexo II), foi feita uma análise econômica, incluindo considerações técnicas de operação, e uma análise comparativa dos três investimentos.

O método adotado para análise comparativa dos investimentos foi o método do custo anual equivalente (ver Capítulo 3, Subseção 3.2.1), por ser uma alternativa mais esclarecedora, tendo em vista que os projetos possuem vidas úteis diferentes (CARTAXO e JANNUZZI, 1998). Com esse método o custo inicial é transformado em um fluxo de caixa equivalente com desembolsos anuais uniformes ao longo da vida do projeto, feito isso comparam-se os custos totais equivalentes trazidos para o valor presente.

Nesta análise é necessário escolher a taxa de desconto de referência. A escolha desta taxa não é fácil em investimentos da natureza do empreendimento referido neste trabalho, em virtude da finalidade e localidade atendida. Porém é preciso definir uma taxa de desconto minimamente atrativa e aceitável no mercado brasileiro, tendo em vista a necessidade de investimentos nas microregiões alvos deste trabalho e a disponibilidade de recursos.

A escolha ficou em uma taxa de 5%; não é uma taxa de mercado usual, tendo em vista ser mais freqüente, nas análises econômicas, uma taxa de 10%, porém este número não refletiria uma situação real, visto que, investimentos para projetos de serviços públicos que visem atender essas áreas possuem um cunho social e de interferência do Estado que traduz uma situação atípica de mercado, sendo necessário transpor certos conceitos e adequá-los à novos cenários. Desta forma, pareceu convincente e coerente a escolha de 5% para essa taxa de retorno do investimento.

5. 2. 1 - SISTEMA DIESEL

Primeiramente, considerou-se o grupo gerador operando 18 horas diárias, período de operação do sistema na época do levantamento.

Tabela 5. 1. Características dos Motores

Potência	48 KW / 53 KVA
Rendimento (η)	39%
Fator de Potência (fp)	0,9
Vida útil	30.000 horas
Custo unitário grupo gerador (incluído imposto e frete)	\$ 30.520,00

Fonte: STEMAC¹

Para o cálculo dos custos do sistema foram utilizados valores padrões de custo de manutenção² e custos fixos³, considerados em projetos técnicos como sendo em torno de 2% do investimento inicial nos dois casos. O valor do dólar de R\$ 1,67, usado nos cálculos deste trabalho, é relativo à cotação do dia 19 de março de 1999.

Tabela 5. 2. Parâmetros Utilizados para Análise do Sistema Diesel

Custo de manutenção/ano	2% do investimento inicial
Custos Fixos/ano	2% do investimento inicial
Poder calorífico inferior (PCI)	10.750 kcal / kg
Custo do óleo (na bomba - \$)	0,2695 / l
Custo do óleo (para CEAM – R\$) ⁴	0,4234 / l
Custo do óleo (para CEAM - \$)	0,2535 / l
Tarifa média cobrada (R\$)	0,112 / kWh
Tarifa média cobrada (\$)	0,067 / kWh

¹ Consulta ao fabricante STEMAC S/A, Porto Alegre/RS, 1997.

² Despesas com reparos, troca de peças defeituosas e manutenção preventiva.

³ Despesas com salários e encargos sociais.

⁴ Valor fornecido pela concessionária (CEAM) em maio/1999.

Em 18 horas de funcionamento diário o motor opera 6570 horas/ano. Os custos relativos ao óleo lubrificante estão incluídos nos custos de manutenção.

Depreciação – (D)

Ativos básicos, como equipamentos e maquinário, adquiridos por uma empresa, são usados durante um certo espaço de tempo (vida útil). Portanto, é usual alocar os custos de um dado ativo em diferentes períodos de tempo, durante a vida útil, ao invés de um instante definido, como por exemplo, na data de aquisição do ativo. Esse modelo de alocação dos custos de um ativo em intervalos definidos no tempo, durante a vida útil, é chamado de depreciação (KAPLAN, 1983).

Para este trabalho, o cálculo da depreciação foi feito utilizando-se o método de depreciação linear, onde é assumida a depreciação como ativo distribuído uniformemente ao longo da vida útil do equipamento (visto no Capítulo 3). Logo, o valor anual da depreciação é constante e uniforme, igual a:

$$D = (C - L) / N$$

Onde,

C – Custo inicial do equipamento.

L – Valor residual do equipamento⁵.

N – Vida útil do equipamento (anos).

Então:

$$D = (\$ 61040 - \$ 6104) / 10 = \$ 5.494,00 / \text{ano}$$

⁵ Usado o valor referido em projetos de engenharia, 10% do custo do equipamento.

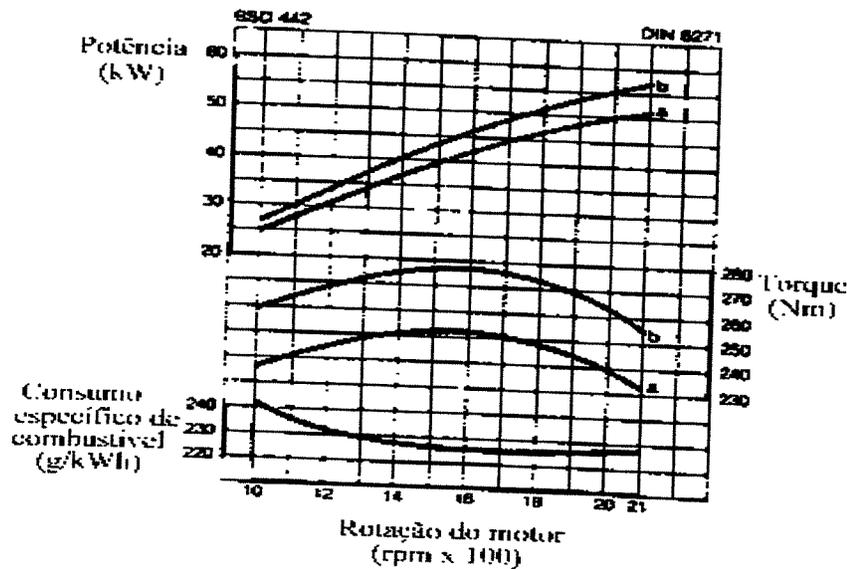
Fator de Carga - (FC)

O fator de carga da máquina foi obtido diretamente na usina (UTE Campinas/CEAM), a partir de dados da operação.

$$FC = 0,70$$

Consumo Médio Específico - (m_c)

O consumo médio do motor, ou seja, o litro de óleo diesel consumido por hora, foi obtido a partir dos valores do consumo específico de combustível de um motor similar diesel (FORD, 1989), aplicados ao consumo médio horário registrado do sistema de Vila Campinas, resultando uma média aritmética destes valores. A Fig. 5.1 mostra a curva com os valores usados para a obtenção do consumo do motor.



Fonte: FORD, 1989.

Figura 5. 1. Curvas de potência de motores diesel.

Pelo consumo registrado no intervalo de horário entre 06:00 h e 18:00 h, o consumo específico equivalente ao motor similar FORD(1989) é de 240 g/kWh. No intervalo compreendido entre 19:00 h e 21:00 h o consumo equivalente é de 230 g/kWh, e o intervalo entre 22:00 h e 00:00 h volta a ser de 240 g/kWh. Calculada a média aritmética do intervalo total, chegou-se ao valor médio do consumo do motor.

$$m_c (\text{Consumo médio específico}) = 238,42 \text{ g / kWh} = 0,28 \text{ l / kWh}$$

Isto representa um consumo médio do motor de 5,68 l / h. O valor obtido está coerente com as curvas de especificações técnicas fornecidas em catálogos de fabricantes, encontrados no mercado (ver alguns desses catálogos no Anexo III).

Consumo de Óleo:

Considerando-se o consumo do motor de 5,68 litros de óleo diesel por hora e uma operação de 18 horas diárias, significa um consumo de 102,24 litros/dia, fazendo um total anual:

$$\text{Consumo de óleo} = 102,24 \text{ l} \times 365 = 37.317,6 \text{ l / ano.}$$

As Tabelas 5.3 e 5.4 mostram o consumo, mensal e diário, de óleo diesel registrado pela concessionária (CEAM) do grupo gerador diesel que opera a UTE Campinas, nos anos de 1997 e 1998, respectivamente. Uma análise de alguns números apresentados confrontam com o resultado obtido nos cálculos deste trabalho e merecem algumas observações.

Mas, também é importante ressaltar que o consumo calculado do motor nesta Seção refere-se a um motor novo, evidentemente um motor com um tempo maior de uso não apresenta o mesmo desempenho do seu estado inicial, inclusive porque também esse desempenho é função da manutenção que o mesmo tem recebido ao longo de sua vida útil. Porém, as observações feitas a seguir ainda são relevantes, mesmo atendidas as ressalvas mencionadas.

Tabela 5. 3. Consumo de diesel e horas de operação do grupo gerador da UTE Campinas/1997.

Mês	Consumo (l/ mês)	Operação Mensal (h)	Operação Diária (h)	Consumo (l/ dia)	Consumo (l/ h)
Janeiro	2.386	186	6,0	76,97	12,83
Fevereiro	2.256	186	6,6	80,57	12,13
Março	2.144	283	9,1	69,16	7,58
Abril	2.164	186	6,2	72,13	11,63
Mai	3.110	244	7,9	100,32	12,75
Junho	2.372	566	18,9	79,07	4,19
Julho	2.122	533	17,2	68,45	3,98
Agosto	2.365	558	18,0	76,29	4,24
Setembro	2.586	558	18,6	86,20	4,63
Outubro	3.049	540	17,4	98,35	5,65
Novembro	3.112	558	18,6	103,73	5,58
Dezembro	2.973	540	17,4	95,90	5,51

Fonte: CEAM, 1999.

A tabela apresenta alguns números coerentes com o consumo calculado, mas por outro lado apresenta outros absolutamente inaceitáveis, como por exemplo, em janeiro de 1997, quando iniciou-se a operação do sistema solar, a operação do sistema diesel foi de seis horas diárias e o consumo registrado de óleo diesel foi de 12,83 l/h, já no mês de julho do mesmo ano, a operação registrada é 17,2 h/dia e o consumo de 3,98 l/h. As informações continuam conflitantes nos meses seguintes do ano de 1997, assim como no ano de 1998.

Tabela 5. 4. Consumo de diesel e horas de operação (Dados de 1998).

Mês	Consumo (l/ mês)	Operação Mensal (h)	Operação Diária (h)	Consumo (l/ dia)	Consumo (l/ h)
Janeiro	2881	558	18,0	92,94	5,16
Fevereiro	2977	560	20,0	106,32	5,32
Março	3004	504	16,3	96,90	5,96
Abril	3733	558	18,6	124,43	6,69
Mai	4202	540	17,4	135,55	7,78
Junho	4013	570	19,0	133,77	7,04
Julho	3176	540	17,4	102,45	5,88
Agosto	3447	564	18,2	111,19	6,11
Setembro	3837	558	18,6	127,90	6,88
Outubro	3743	546	17,6	120,74	6,86
Novembro	4307	564	18,8	143,57	7,64
Dezembro	3016	538	17,4	97,29	5,61

Fonte: CEAM, 1999.

Pelas informações fornecidas pelo Departamento de Operação da CEAM, entende-se que o sistema solar não forneceu suprimento de energia elétrica em nenhum período, exceto nos meses de janeiro a maio de 1997, desde sua instalação. Porém, este fato não confere com as informações levantadas e observadas pela equipe que realizou a pesquisa deste trabalho. O que a situação sugere é que ocorre um repasse de informações equivocadas por parte do referido Departamento, que leva a uma distorção nos dados que referenciam a necessidade da parcela de consumo de diesel para estabelecer a cota de CCC (conta de consumo de combustível) para a concessionária. Resta saber se essa situação é proposital, tendo em vista a situação de déficit que a empresa se encontra, ou se trata de erros gerenciais da operação no armazenamento dessas informações.

A situação indica a necessidade de uma maior fiscalização e investigação nos dados repassados pela concessionária pois compromete o gasto de dinheiro público e pode mascarar a

situação dos custos reais de geração no interior do Estado, podendo até comprometer o interesse da iniciativa privada nas localidades dessa região, principalmente se forem considerados os números oficiais fornecidos pela empresa da situação de receitas e despesas das usinas gerenciadas pela CEAM (os números são apresentados nas Tabelas do Anexo IV deste trabalho). A partir do caso de Vila Campinas, os dados da concessionária passam a ser questionáveis, pois podem envolver informações que distorcem a realidade econômica e técnica da geração nas localidades atendidas pela empresa.

Voltando aos dados deste trabalho, a seguir é feito o cálculo da estimativa da conta de óleo, segundo o consumo definido anteriormente.

Conta do Óleo:

Tomando-se, em dólar, o custo do óleo diesel para a concessionária, cujo valor recebe subsídio federal, a conta resulta em:

$$\text{Conta do óleo} = \$ 0,2535 \times 37.317,6 = 9.460,00 \$ / \text{ano}.$$

É importante ressaltar que a concessionária é responsável pelo pagamento de apenas 26% desse valor, ficando 74% sob a responsabilidade da Conta de Consumo de Combustível (CCC), paga pela ELETROBRÁS, através da receita das demais distribuidoras superavitárias do país.

Receita Anual:

Considerando-se o consumo registrado pelo sistema no mês de agosto de 1997, que foi de 352 kWh/dia, equivalente a 128.588 kWh/ano, e a tarifa média de \$ 0,067, a receita anual do sistema atinge o valor em torno de:

$$\text{Receita} = 128.588 \text{ kWh} / \text{ano} \times 0,067 \$ / \text{kWh} = 8.656,23 \$ / \text{ano}.$$

Neste caso, não foi possível separar a parcela da demanda para consumo próprio da concessionária, o que implica que a referida receita pode apresentar um valor diferente, porém, em virtude do valor da tarifa, adotado no cálculo, ser um valor médio, isto sugere uma compensação desses valores.

O Fluxo de Caixa do Sistema

Para determinar o custo anual equivalente (CAE) é necessário montar o fluxo de caixa ao longo da vida útil do sistema, adotando como vida útil, a maior expectativa de vida das alternativas analisadas, que neste caso é de vinte anos, referente ao sistema solar, conforme será visto na Subseção seguinte. A Fig. 5.2 mostra a montagem do fluxo de caixa do sistema diesel, onde as despesas e receitas foram consideradas numa taxa contínua, delineando um fluxo contínuo de receitas e despesas para o sistema.

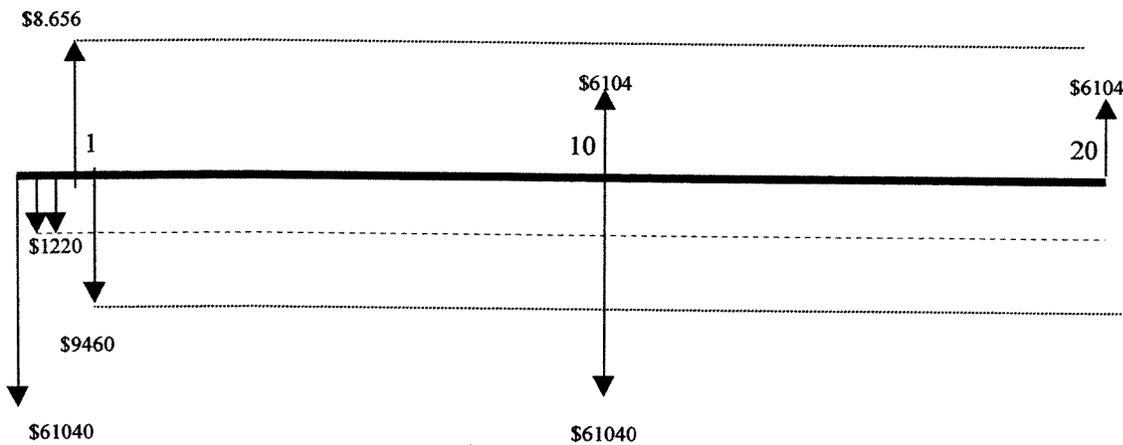


Figura 5. 2. Fluxo de caixa para o Sistema Diesel.

A partir da distribuição do fluxo de caixa, é montada a equação para o cálculo do custo anual equivalente, conforme equação (5), descrita no Anexo V. Os valores do fator de valor presente para pagamentos simples ($P / F, 5\%, n$) e fator de valor presente para séries uniformes ($P / A, 5\%, n$) foram obtidos em KAPLAN, 1983; os valores podem ser facilmente calculados através das equações (2) e (3) do mesmo Anexo referido anteriormente.

Cálculo CAE(diesel)

$$CAE = 61.040 / (P / A, 5, 10) + 3.244 + 54.936 \times (P / F, 5, 10) / (P / A, 5, 10) - 6.104 \times (P / F, 5, 20) / (P / A, 5, 20)$$

$$CAE = 61.040 / 7,7218 + 3.244 + 54.936 \times (0,6139 / 7,7218) - 6.104 \times (0,3769 / 12,462)$$

$$CAE = \$ 7.904,89 + \$ 3.244,00 + \$ 4.367,42 - \$ 184,61$$

$$CAE = \$ 15.331,70$$

i. Operação 24 Horas

A resolução da ANEEL, N° 315, de 01 de outubro de 1998, estabelece a manutenção da Conta de Consumo de Combustíveis para sistemas isolados (CCC-ISOL) até 2013, ou seja por um prazo de 15 anos. Esta também determina, ao Grupo Coordenador para Operação Interligada - GCOI, Comitê Coordenador de Operações Norte/Nordeste - CCON e Grupo Técnico Operacional da Região Norte - GTON, que sejam feitos ajustes nos montantes de consumo de combustíveis, constantes do Plano Anual de Combustíveis para 1998, com a consideração de funcionamento durante as 24 horas, para todas as usinas termelétricas dos sistemas isolados, a partir de outubro de 1998.

Em virtude desta perspectiva, foi feita uma estimativa, com base nos dados de consumo levantados, da demanda no horário de 0:00 às 6:00 h, para observar o comportamento, dentro da análise, dessa nova situação. Para estimar o consumo nesse novo período de operação, foi considerada a demanda da Usina, que é composta dos equipamentos para iluminação distribuídos em vinte e oito lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W e três de 20 W, possui também oito lâmpadas de vapor de mercúrio de 80 W com relé fotoelétrico com temporizador, estas últimas seriam desligadas uns poucos minutos após as 5:00 horas. Considerou-se também, para a estimativa

$$\text{CAE} = \$ 7.904,89 + \$ 3.201,72 + \$ 4.367,42 - \$ 184,61$$

$$\text{CAE} = \$ 15.289,42$$

É importante ressaltar que os cálculos de consumo de combustível referidos neste trabalho estão associados a um motor novo, isto quer dizer, pode-se considerar uma margem de acréscimo nestes valores quando reportados aos valores reais do gerador que opera na usina; adquirido em 1996 e operando diariamente seis horas.

5. 2. 2 - SISTEMA SOLAR

Na hipótese do sistema ser atendido unicamente pelo conjunto solar, ou seja, sem a geração do grupo diesel, com interrupção do fornecimento de energia elétrica quando ocorrer o descarregamento do banco de baterias no horário de ausência de incidência dos raios solares. A especificação dos equipamentos que compõem o sistema é dada a seguir.

i. Componentes do Sistema

Os equipamentos do sistema solar são da marca MSX SOLAREX, compostos de 20 conjuntos de 40 módulos, totalizando 800 painéis de 64Wp a 1000 W/m² de radiação e 25°C, com potência de 51,2 kW de pico.

O banco de baterias, composto de 120 células, é do tipo chumbo-ácida de 200 Ah / 12 volts, rendimento(η_b) de 95%, profundidade de descarga de 60%, com capacidade útil, ciclo diário máximo, de 200 kWh com período de descarga médio de 24 horas, possui um tempo de sustentação contínua de descarga de 8 horas e uma vida útil de 7 anos, segundo especificação do fabricante (HOPPECKE). O inversor é de 50 kW, 240 Vcc / 220 Vca, rendimento(η_i) de 90%. Controladores lógicos programáveis por computador (“WONDERWARE”).

Cálculo CAE(Solar)

$$CAE = 458.400 / (P / A, 5, 20) - 1.159 + 67.500 \times (P / F, 5, 7) / (P / A, 5, 7) + 67.500 \times (P / F, 5, 14) / (P / A, 5, 14) - 55.482 \times (P / F, 5, 20) / (P / A, 5, 20)$$

$$CAE = 458.400 / 12,462 - 1.159 + 67.500 \times (0,7107 / 5,7864) + 67.500 \times (0,5051 / 9,8985) - 55.482 \times (0,3769 / 12,462)$$

$$CAE = \$ 36.783,82 - \$ 1.159,00 + \$ 8.290,52 + \$ 3.444,38 - \$ 1.678,00$$

$$CAE = \$ 45.681,72$$

Considerando o banco de baterias deste estudo, não é possível a operação 24 horas diárias com o sistema solar, por esta razão não são apresentados os cálculos nessa situação.

5. 2. 3 - SISTEMA HÍBRIDO SOLAR-DIESEL

Este caso reflete a situação experimentada atualmente em Vila Campinas, com exceção do fato de existir dois grupos geradores diesel na usina local, isto porque o sistema anterior (unicamente com operação diesel) requeria um gerador “stand-by” para os períodos de manutenção. Detalhes técnicos do projeto podem ser encontrado em NREL (1994).

i . Componentes do Sistema

O sistema híbrido é composto pelos componentes do sistema solar e do sistema diesel, com redução de um grupo gerador. Logo, o total do investimento inicial seria \$458.400,00 (Solar) adicionado de \$30.520,00 (grupo gerador), totalizando \$488.920,00. A Fig. 5.6 apresenta o diagrama de blocos da composição básica do sistema híbrido.

o sistema até em torno das 18:00 horas, isto em virtude da demanda do horário. Com a saída das baterias, que é monitorada por um controlador de carga, entra novamente o grupo gerador diesel para completar o horário de atendimento, até às 24:00 horas. Toda esta operação é acompanhada e registrada por um sistema de aquisição de dados computadorizado, transmitido via satélite, para o laboratório responsável pelos equipamentos fotovoltaicos.

O investimento inicial para a implantação do sistema híbrido é a soma dos equipamentos que compõem o sistema diesel, exceto ser desnecessário dois grupos geradores, então um é excluído, e todos os equipamentos que compõem o sistema solar. No custo de manutenção, aparece a parcela de manutenção necessário ao gerador diesel. A receita anual é a mesma que aparece no sistema diesel, visto que não haverá alteração no horário de fornecimento de energia em relação àquele. A Tabela 5.6 mostra estes valores.

Tabela 5. 6. Parâmetros Utilizados para Análise no Sistema Híbrido

Investimento Inicial	\$ 488.920,00
Custos Fixos	1% do investimento inicial
Custos de Manutenção do Gerador	\$ 610,00
Receita Anual	\$ 8.656,23

Depreciação – (D)

Válidos os mesmos cálculos e valores do sistema solar anterior (Grupo Gerador).

$$D = (\$ 30.520 - \$ 3.052) / 14 = \$ 1.962,00 / \text{ano}$$

Consumo de Óleo:

Considerando o consumo específico de 5,68 litros de óleo diesel por hora e uma operação média de 6 horas diárias, isto significa um consumo de 34 l / dia, fazendo um total anual:

$$\text{Consumo de óleo} = 34 \text{ l} \times 365 = 12.410 \text{ l / ano.}$$

Conta do Óleo:

$$\text{Conta do óleo} = \$ 0,2535 \times 12.410 = 3.146,00 \$ / \text{ano.}$$

Receita Anual:

Considerando a demanda registrada de 352 kWh / dia, o que é equivalente a 128.588 kWh/ano, e a aplicação da mesma tarifa média, ou seja, de \$ 0,067, a receita anual do sistema será adotada a mesma do sistema diesel operando as dezoito horas diárias, cuja valor é:

$$\text{Receita} = 8.656,23 \$ / \text{ano.}$$

A Fig. 5.8 apresenta o fluxo de caixa contínuo de receitas e despesas do sistema híbrido.

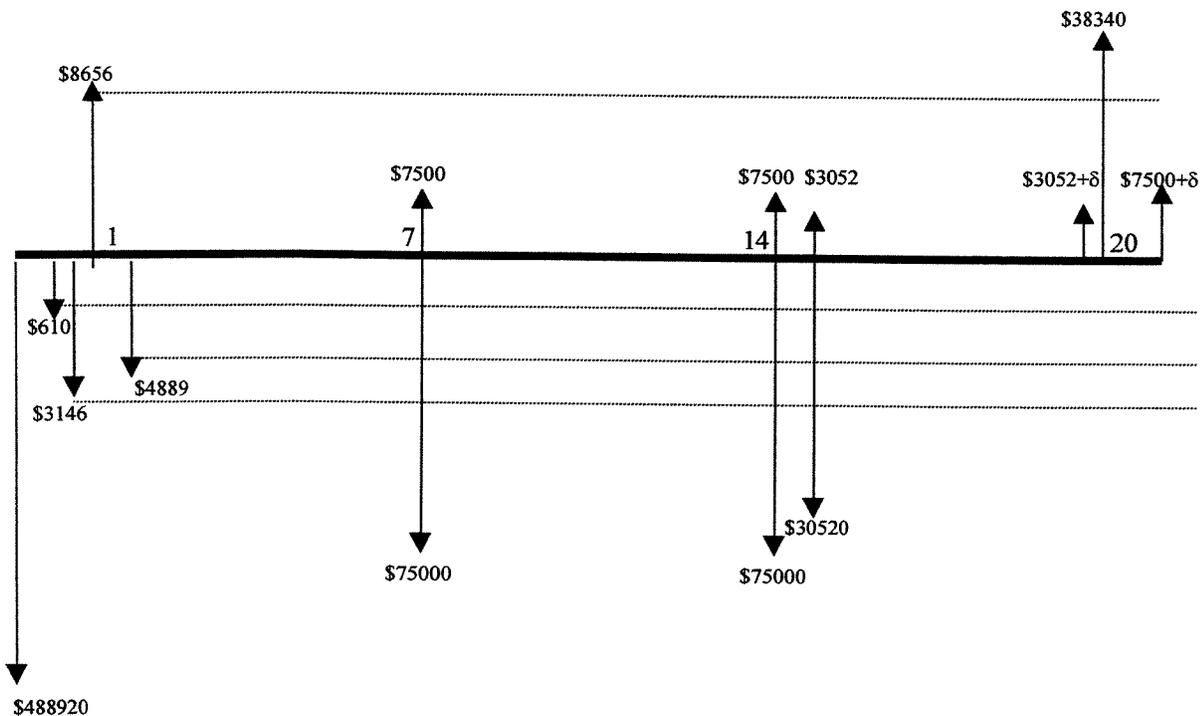


Figura 5. 8. Fluxo de caixa para o Sistema híbrido solar-diesel.

Os cálculos para o custo anual equivalente do sistema híbrido são mostrados a seguir, com a equação montada a partir do fluxo de caixa anterior. Em virtude da duração da vida útil do gerador ser de 14 anos, considerando o número médio de horas que opera diariamente, ao final dos vinte anos é somado ao valor residual deste as parcelas de depreciação restantes, referente aos oito anos de vida que ainda lhe confere. É aplicado o mesmo raciocínio para o banco de baterias, que ainda possui (teoricamente) um ano de vida útil, como já referido anteriormente no sistema solar.

Cálculo CAE(Híbrido)

$$CAE = 488.920 / (P / A, 5, 20) - 11 + 67.500 \times (P / F, 5, 7) / (P / A, 5, 7) + 94.968 \times (P / F, 5, 14) / (P / A, 5, 14) - 74.230 \times (P / F, 5, 20) / (P / A, 5, 20)$$

$$CAE = 488.920 / 12,642 - 11 + 67.500 (0,7107 / 5,7864) + 94.968 \times (0,5051 / 9,8985) - 74.230 \times (0,3769 / 12,462)$$

$$CAE = \$ 39.232,87 - \$ 11,00 + \$ 8.290,52 + \$ 4.846,00 - \$ 2.245,00$$

$$CAE = \$ 50.113,40$$

iii. Operação 24 Horas

Considerando o mesmo perfil de carga apresentado na Seção 5.2.1, deste Capítulo, o grupo gerador diesel ficaria operando até o horário das 5:00 horas da manhã, quando então, já carregado pelo gerador no intervalo noturno, visto que a carga estaria reduzida havendo folga para este carregamento, o banco de baterias entraria, até que os índices de incidência de radiação solar permitissem a entrada de operação direta dos painéis fotovoltaicos, isto acontecendo entre às 6:00 e 7:00 horas. Logo, o consumo de diesel, a conto do óleo e a receita anual do sistema teriam seus valores alterados, como mostram os cálculos a seguir.

Consumo de Óleo:

Considerando o consumo específico de 5,68 litros de óleo diesel por hora e uma operação média de 11 horas diárias, isto significa um consumo de 62,48 litros por dia.

$$\text{Consumo de óleo} = 62,48 \text{ l} \times 365 = 22.805 \text{ l/ano.}$$

Conta do Óleo:

$$\text{Conta do óleo} = \$ 0,2535 \times 22.805 = 5.781,12 \$ / \text{ano.}$$

Receita Anual:

Considerando a demanda de 176.890 kWh/ano e a tarifa média de \$ 0,067, a receita anual do sistema será em torno de:

$$\text{Receita} = 11.851,63 \$ / \text{ano.}$$

Logo, o novo valor do custo anual equivalente do sistema estaria em torno de:

Cálculo CAE

$$\text{CAE} = 488.920 / (P / A, 5, 20) - 571,51 + 67.500 \times (P / F, 5, 7) / (P / A, 5, 7) + 94.968 \times (P / F, 5, 14) / (P / A, 5, 14) - 74.230 \times (P / F, 5, 20) / (P / A, 5, 20)$$

$$\text{CAE} = 488.920 / 12,642 - 571,51 + 67.500 (0,7107 / 5,7864) + 94.968 \times (0,5051 / 9,8985) - 74.230 \times (0,3769 / 12,462)$$

$$\text{CAE} = \$ 39.232,87 - \$ 571,51 + \$ 8.290,52 + \$ 4.846,00 - \$ 2.245,00$$

$$\text{CAE} = \$ 49.553,00$$

5.2.4 - CUSTOS DE GERAÇÃO

Obedecendo a mesma estimativa de vida útil dos cálculos anteriores, foram efetuados os cálculos para se determinar os custos do kWh gerado pelo sistema diesel e pelo sistema híbrido.

i. Custo Específico de Geração do Sistema diesel

Para a operação do sistema diesel em dezoito e vinte e quatro horas diárias, é necessário considerar o consumo do diesel ao longo dos vinte anos para se chegar ao valor do custo do diesel nesse período. A Tabela 5.7 mostra os números referentes ao consumo de diesel e a receita do sistema relativa à venda da energia.

Tabela 5.7. Planilha de custos anuais do Sistemas Diesel.

	Operação 18 horas	Operação 24 horas
Consumo de Óleo (l/ano)	37.317,6	49.756,8
Conta do óleo (\$/ano)	9.460,00	12.613,35
Receita Anual (\$)	8.656,23	11.851,63

Os custos fixos e de manutenção ao longo dos vinte anos somam a quantia de \$ 48.832,00. A Tabela 5.8 mostra o custo total do sistema em vinte anos, com operação 18 e 24 horas diárias.

Tabela 5.8. Planilha de custos em vinte anos de operação do Sistemas Diesel.

Período de 20 anos	Operação 18 horas	Operação 24 horas
Consumo de Óleo (l)	746.352	995.136
Conta do óleo (\$)	189.200,00	252.267,00
Custos Fixos e Manutenção (\$)	48.832,00	48.832,00
Equipamentos (\$)	115.976,00	115.976,00
Custo Total do Sistema (\$)	354.008,00	417.075,00

A energia gerada pelo sistema nos vinte anos de operação, considerando a demanda registrada do mês de agosto de 1997, para operação de dezoito horas diárias, assim como a demanda para operação de vinte e quatro horas, referida na seção 5.2.1, apresenta-se em torno dos valores mostrados a seguir:

$$\text{Energia Gerada}_{18\text{horas}} = 2.571,75 \text{ MWh.}$$

$$\text{Energia Gerada}_{24\text{horas}} = 3.537,80 \text{ MWh.}$$

O custo específico de geração, no período de vinte anos, é a razão entre o custo total do sistema e a energia gerada pelo sistema, no mesmo período.

$$\text{Custo Específico de Geração}_{18\text{horas}} = 0,138 \text{ \$ / kWh}$$

$$\text{Custo Específico de Geração}_{24\text{horas}} = 0,118 \text{ \$ / kWh}$$

A uma tarifa média cobrada pela concessionária de 0,067 \$/kWh, ocorre um déficit no custo de geração de 0,071 \$/kWh, na operação de dezoito horas diárias, o que representa para o sistema, em vinte anos, um déficit no valor em torno de \$ 182.441,60. Considerando que a concessionária é responsável apenas por 26% da conta do combustível, em virtude da CCC, o custo total do sistema, para a concessionária, cai de \$ 354.008,00 para \$ 214.000,00. Adotando este novo valor, o custo específico de geração ficaria em torno de 0,083 \$/kWh. Este valor ainda representa um déficit de \$ 0,016 no custo do kWh gerado para a concessionária.

ii. Custo Específico de Geração do Sistema Solar.

Os custos fixos ao longo dos vinte anos somam a quantia de \$ 91.680,00. A Tabela 5.9 mostra o custo total do sistema em vinte anos, com operação 12 horas diárias.

Tabela 5. 9. Planilha de custos em vinte anos de operação do Sistemas Solar.

Período de 20 anos	Operação 12 horas
Custos Fixos (\$)	91.680,00
Equipamentos (\$)	537.918,00
Custo Total do Sistema (\$)	629.598,00

A energia gerada pelo sistema nos vinte anos de operação, considerando o consumo referido na Subseção 5.2.2. para o sistema solar, foi calculado em torno de:

$$\text{Energia Gerada}_{12\text{horas}} = 1.714,33 \text{ MWh.}$$

O custo específico de geração no horizonte de vinte anos ficaria em:

$$\text{Custo Específico de Geração} = 0,367 \text{ \$ / kWh}$$

Fazendo as mesmas considerações feitas no sistema anterior, ou seja, com a tarifa média cobrada pela concessionária de 0,067 \$/kWh, ocorre um déficit no custo de geração de 0,30 \$/kWh, o que representa para o sistema, em vinte anos, um déficit no valor em torno de \$ 771.515,10. Porém, a maior parte dos equipamentos do sistema solar foi adquirido por doação (NREL/USA), ficando para a concessionária somente a aquisição do banco de baterias. Logo, o custo total do sistema, para a concessionária, cai de \$ 629.598,00 para \$ 246.198,00. Adotando este novo valor, o custo específico de geração seria em torno de 0,143 \$/kWh, o que ainda representa um déficit de \$ 0,076 no custo do kWh gerado.

iii. Custo Específico de Geração do Sistema Híbrido.

A Tabela 5.10 mostra os custos e receitas anuais do sistema com operação 18 e 24 horas diárias.

Tabela 5. 10. Planilha de custos anuais do Sistemas Híbrido.

	Operação 18 horas	Operação 24 horas
Consumo de Óleo (1/ ano)	12.410	22.805
Conta do óleo (\$ / ano)	3.146,00	5.781,12
Receita Anual (\$)	8.656,23	11.851,63

Os custos fixos e de manutenção ao longo dos vinte anos somam a quantia de \$ 109.984,00. A Tabela 5.11 mostra o custo total do sistema em vinte anos, com operação 18 e 24 horas diárias.

Tabela 5. 11. Planilha de custos em vinte anos de operação do Sistemas Híbrido.

Período de 20 anos	Operação 18 horas	Operação 24 horas
Consumo de Óleo (1)	248.200	456.100
Conta do óleo (\$)	62.920,00	115.622,40
Custos Fixos e Manutenção (\$)	109.984,00	109.984,00
Equipamentos (\$)	577.158,00	577.158,00
Custo Total do Sistema (\$)	750.062,00	802.764,40

O custo específico de geração no horizonte de trinta anos é calculado a seguir:

$$\text{Custo Específico de Geração}_{18\text{horas}} = 0,292 \$ / \text{kWh}$$

$$\text{Custo Específico de Geração}_{24\text{horas}} = 0,227 \$ / \text{kWh}$$

Analogamente, considerando a tarifa média cobrada pela concessionária de 0,067 \$/kWh, o déficit no custo de geração fica em 0,225 \$/kWh, na operação de dezoito horas diárias, que representa para o sistema, em vinte anos, um déficit em torno de \$ 578.160,00. Porém, neste caso, considerando que a concessionária é responsável por apenas 26% da conta do combustível e que a

maioria dos equipamentos do sistema solar foi adquirido por doação, exceto o banco de baterias, o custo total do sistema, para a concessionária, cai de \$ 750.062,00 para \$ 320.101,20. Adotando este novo valor, o custo específico de geração seria em torno de 0,124 \$/kWh, o que ainda representa um déficit de \$ 0,057 no custo do kWh gerado.

A Tabela 5.12 mostra os valores que o custo específico de geração pode assumir dependendo das situações do custo do diesel para a concessionária, das condições de operação do sistema e da forma de aquisição dos equipamentos.

Tabela 5. 12. Custo específico de geração dos Sistemas Diesel e Híbrido (\$/ kWh).

	Diesel	Híbrido (sem doação)	Híbrido (com doação ⁶)
Operação 18 horas (sem CCC)	0,138	0,292	0,142
Operação 18 horas (com CCC)	0,083	0,273	0,124
Operação 24 horas (sem CCC)	0,118	0,227	0,118
Operação 24 horas (com CCC)	0,065	0,203	0,094

Observando os valores encontrados, o único valor que não representa déficit para a concessionária, considerando a tarifa média de 0,067 \$/kWh, é de 0,065 \$/kWh, situação em que o sistema opera 24 horas diárias, com geração diesel, e com a conta do óleo diesel sendo rateada pela CCC.

Fazendo apenas a consideração do custo de geração do sistema híbrido em relação ao sistema diesel existente, ou seja operação 18 e 24 horas diárias respectivamente e os custos reais, sem doação dos equipamentos e sem CCC, o que se verifica é que o sistema híbrido mostrou-se 111% e 92%, respectivamente, superior ao custo de geração do sistema diesel. Em relação ao custo anual equivalente as diferenças entre os dois sistemas são 327% e 324%, como mostram os números da Tabela 5.13.

⁶ Está sendo considerado como doação os mesmos equipamentos doados pelo NREL, ou seja painéis solares, controlador de carga e o inversor.

Tabela 5. 13. Diferenças entre custos dos Sistemas.

Sistema	CAE (\$)	Varição
Diesel (18 horas)	15.331,70	100 (base)
Diesel (24 horas)	15.289,42	100 (base)
Solar (12 horas)	45.681,72	-
Híbrido (18 horas)	50.113,40	327%
Híbrido (24 horas)	49.553,00	324%

Evidencia-se, pelos valores dos custos dos sistemas anteriormente apresentados, que o sistema diesel, do ponto de vista econômico, ainda é a melhor alternativa das três estudadas. Os custos envolvidos na geração do sistema híbrido apresentaram-se muito elevados, evidentemente em virtude dos altos custos que ainda norteiam os equipamentos fotovoltaicos. O custo unitário da energia elétrica obtida de sistemas fotovoltaicos calculado pelas sistemáticas propostas atualmente ainda é bastante elevado (da ordem de dez vezes), em relação ao custo da energia elétrica fornecida, por exemplo, ao usuário residencial conectado à rede elétrica convencional. O forte investimento inicial em capital torna a disseminação do uso destes sistemas muito difícil, principalmente para os usuários de baixa renda em locais isolados, onde o uso desta alternativa seria mais adequada (MARTINS, 1996).

Ocorre que, para a região Amazônica a questão não pode ser somente analisada tão somente do ponto de vista econômico, em face das suas peculiaridades, tais como as questões sociais e ambientais provenientes das tecnologias renováveis onde, fatores econômicos são importantes mas não deveriam se sobrepor aos valores social e ambiental das tecnologias de energia renovável. É importante também considerar uma questão fundamental, a real necessidade de energia elétrica e seu uso final, porque um outro cenário poderá surgir em função dessa definição, e os sistemas fotovoltaicos poderão ser tecnicamente e economicamente mais indicados. No Capítulo seguinte são consideradas essas questões na análise realizada, procurando adequar o projeto do sistema à oferta e à demanda, assim como o gerenciamento dessa demanda a fim de evitar desperdícios e garantir o suprimento.

CAPÍTULO 06

ANÁLISE TÉCNICA DA OFERTA E GERENCIAMENTO DA DEMANDA VISANDO UM MELHOR APROVEITAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE VILA CAMPINAS

Projetos da natureza do que foi implantado em Vila Campinas poderiam apresentar maiores impactos se fossem desenvolvidos com uma visão de planejamento estratégico mais amplo, isto quer dizer, se o modelo de suprimento elétrico estivesse interagindo com outras questões, como o uso final da energia e sua sustentação econômica, tanto do ponto de vista da concessionária como do consumidor.

Um modelo demonstrativo, como o que foi instalado naquela Vila, necessita mostrar as vantagens e as melhores condições de implantação do modelo, para que possa servir de referência para outros projetos, com os mesmos objetivos, que venham a ser sugeridos para outras localidades.

Para identificar as condições que mais se adequariam ao projeto de Vila Campinas, a Seção 6.1 deste Capítulo apresenta uma análise do projeto de sistemas híbridos solar-diesel, visando uma adequação aos custos envolvidos, apresentados no Capítulo 5, com a finalidade de eliminar as barreiras apontadas neste trabalho, em relação a esses custos, no que diz respeito ao dimensionamento do mesmo, considerando o conhecimento prévio das características de consumo de eletricidade, apontadas no Capítulo 4, para projetos futuros.

Esta seria a visão crítica do projeto, do ponto de vista da oferta, fazer a escolha da melhor opção para casos similares futuros, estabelecendo um parâmetro de referência, o qual tem uma importância muito grande em projetos pioneiros desta natureza.

Este capítulo também aborda algumas aplicações de ações de Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD), ou como também é conhecido *Demand-Side Management* (DSM), ou seja, enfocando a análise para o lado do consumo. São discutidas as principais questões econômicas e operacionais da implantação desses programas de GLD, no caso do sistema de Vila Campinas, considerando principalmente o uso de energia elétrica para iluminação e refrigeração, por serem estes usos os de maior participação no consumo e nas necessidades da população.

Na Seção 6.3, é apresentado um projeto de produção de gelo para a Vila, com o objetivo de oferecer capacidade de conservação e armazenagem do pescado, sendo esta a fonte básica da economia local, como alternativa de aproveitamento do potencial elétrico diurno do sistema híbrido, assim como redução da carga para uso em refrigeração, considerando esta alternativa como um mecanismo de aproveitamento dos recursos disponíveis, para a sustentabilidade e autonomia do sistema e da população.

Na Seção 6.5 são feitas considerações do projeto implantado e dos resultados obtidos nas hipóteses levantadas neste capítulo, para as situações propostas.

6. 1 – ALTERNATIVAS PARA O PROJETO DO SISTEMA HÍBRIDO

Do ponto de vista da oferta, no capítulo anterior, ficou clara a natureza do alto investimento inicial de um sistema híbrido diesel/fotovoltaico da forma como foi projetado, assim como a equivalência destes custos ao longo da vida útil desses sistemas, tornando-o inadequado para a conjuntura atual dos investimentos disponíveis, onde o incentivo, através de subsídios, é cada vez mais pressionado à extinção, e à entrada da iniciativa privada no setor elétrico.

É necessário identificar os pontos mais críticos do sistema e estabelecer opções menos onerosas e mais proveitosas para sugerir um modelo mais adequado, capaz de se tornar viável em outras oportunidades, ou até mesmo, com possibilidade de continuidade no futuro.

Por esta razão, algumas alternativas de redução dos custos do sistema devem ser analisadas, mas ainda dentro dos objetivos de aproveitamento da energia solar como fonte renovável e mais limpa, que certamente devem nortear as diretrizes de geração de energia para as localidades mais remotas e de mercados menos atrativos, porém não menos importantes do que qualquer outra região do país.

Para este fim, pode-se partir, inicialmente, das necessidades energéticas da comunidade e sua demanda esperada no horário de disponibilidade do recurso solar, para dimensionar o conjunto de painéis solares, assim como, dispensar o uso do banco de baterias, equipamento este que encarece sobremaneira o investimento do sistema, possui vida útil muito curta, além de complicações técnicas de operação e manutenção.

Com base nesses fatores, seguem algumas considerações que poderiam levar a resultados mais satisfatórios.

6.1.1 – O DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

De acordo com os dados registrados do sistema, o pico de carga, no horário diurno, compreendido entre 7:00 e 17:00 horas, foi de 16,2 kW. O consumo de energia elétrica, neste intervalo, foi de 162 kWh. Embora o conjunto dos módulos fotovoltaicos possua potência nominal instalada de 51,2 kW, sua capacidade está muito abaixo desse valor, em função do baixo índice médio de radiação solar registrado na região. Conforme mostrado na Fig. 5.4 do Capítulo anterior, a média diária registrada foi de 383 W/m².

A associação de módulos fotovoltaicos é capaz de fornecer valores de potência específicos, dependendo, principalmente, da tensão entre os terminais (V), da radiação solar (S, W/m²) e da

temperatura (T) a que estão sujeitas as células solares. Os módulos são, assim, caracterizados pela máxima potência que podem fornecer (potência de pico) quando sujeitos a uma determinada tensão entre seus terminais e sob condições específicas (ALVIM et ali, 1998). A condição padrão de teste dos módulos é definida para radiação de 1000 W/m^2 (radiação recebida na superfície da Terra em dia claro, ao meio dia) e temperatura de 25° C na célula (CRESESB, 1995). Portanto, o valor nominal de potência dos módulos expressa a máxima potência fornecida sob estas condições, tendo como unidade padrão o Watt-pico (Wp).

Não somente a radiação solar, como se percebe naturalmente, mas também a variação de temperatura ambiente tem uma influência significativa na variação da potência de saída de um arranjo fotovoltaico, pois implica numa variação de temperatura nas células que compõem os módulos o que leva a uma redução na sua tensão. Se não forem tomadas algumas precauções, um módulo fotovoltaico submetido à radiação solar de 1000 W/m^2 e à temperatura ambiente de 30° C pode chegar a fornecer apenas 85% de sua potência nominal (LAWRENCE e WICHERT, 1990). Portanto, em arranjos de médio e grande portes, faz-se necessário a utilização de um sistema de refrigeração, onde tal investimento é compensado pelo aumento da eficiência, o que seria necessário para o caso do sistema de Vila Campinas, onde a temperatura média é em torno de 25° C , mas ocorrem períodos com registro de temperaturas acima de 30° C (ver curva de temperatura no Anexo VI).

Embora o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos assuma um valor nominal de $51,2 \text{ kW}$ de potência instalada, este valor tem pouca chance de ser alcançado, tendo em vista os valores registrados da curva de radiação solar apresentados na Fig. 5.4, do Capítulo anterior. O valor médio registrado de radiação solar, mencionado inicialmente nesta Seção, é de 383 W/m^2 , porém os valores nominais a que se referem os dados dos painéis, ou seja, 64 Wp , como visto anteriormente, estão relacionados com a condição padrão de radiação solar.

Para o valor médio de radiação registrado pela medição (383 W/m^2), a potência média gerada por cada painel solar, de 64 Wp , seria em torno de 25 W , o que representa 20 kW no total de 800 painéis que compõem o sistema, isto considerando a operação a uma temperatura de 25° C . Mesmo

nos horários de maior incidência luminosa, em torno do meio dia, quando a radiação solar atinge picos em torno de 600 W/m^2 , a energia gerada ficaria em cerca de 39 W, fazendo um total de 31,2 kW nos 800 painéis. Porém, há de se considerar ainda que este valor está associado a uma temperatura nas células de 25°C , o que provavelmente não ocorre naquele horário.

Todas estas observações foram feitas para compreender que, apesar do valor nominal da potência instalada do sistema solar ser equivalente ao do sistema diesel (48 kW), na realidade ele está operando no limite da demanda do horário compreendido entre 7:00 e 17:00h, motivo pelo qual também, as baterias descarregam tão rapidamente na sua entrada em torno das 18:00h. Este fato também conduz a uma reflexão do comportamento da carga naquele intervalo, tornando necessário e indispensável o gerenciamento dessa demanda a partir do uso racional e eficiente de uma energia gerada a custo tão alto, como mostrado no Capítulo anterior.

6.1.2 – ELIMINAÇÃO DO BANCO DE BATERIAS

Um outra alternativa a se considerar seria a exclusão do banco de baterias, ficando o sistema sem o suporte de sustentação no período de saída temporária dos painéis.

As situações em que se verificaram a entrada das baterias, na operação do sistema, foram: na primeira hora matutina, em torno das 6:00 às 7:00 horas, até a entrada dos painéis quando os níveis de irradiação solar permitem a sustentação do sistema; no final da tarde, pouco depois das 17:00 horas, até sua capacidade de descarga, que por causa do aumento significativo da carga nesse horário, ocorre não mais do que uma ou duas horas depois; e no período das chuvas quando a nebulosidade é muito alta e acontece um maior número de entradas da atuação do banco de baterias em vários horários do dia.

Eliminar o banco de baterias afeta sobremaneira o sistema porque pode provocar momentos de instabilidade, principalmente no período das chuvas, quando os níveis de irradiação solar são insatisfatórios e instáveis, solicitando alternadamente a entrada das baterias. Seriam necessários ajustes precisos e eficientes no controlador de carga e um bom desempenho da operação do sistema

(observada a experiência adquirida com o sistema atual) para evitar ou minimizar as instabilidades ocasionais, sem a perda da capacidade de operação dos painéis e da disponibilidade diurna do sistema fotovoltaico.

A maior vantagem dessa opção, é a redução substancial nos custos em equipamento do sistema, além do fato da economia no transporte dessas baterias ao final de cada sete anos para o local de despejo da sucata (destino ainda ignorado) e também das baterias de reposição.

Algumas considerações foram feitas em relação ao desempenho do sistema para possibilitar a análise, elas poderão até ser consideradas muito otimistas, porém não deixam de se referenciar em informações reais, visto que baseiam-se em dados obtidas na operação “in loco”, por operadores da CEAM.

Considerando-se que os painéis solares seriam responsáveis pelo suprimento do sistema por nove horas diárias, em média, compreendido pelo período entre 7:00 e 16:00 horas, o sistema diesel ficaria responsável pelo suprimento das 6:00 às 7:00 horas, e das 16:00 às 24:00 horas, o que equivaleria a uma operação média de nove horas diárias. Obviamente, que estas considerações não incluem os dias em que a nebulosidade é maior e mais freqüente, quando encobre o céu, reduzindo a incidência solar nos painéis, impossibilitando o suprimento do sistema.

Partindo das considerações acima, que são valores médios, o consumo de óleo diesel passa a assumir outro valor.

Consumo de Óleo:

Considerando o consumo específico de 5,68 litros de óleo diesel/hora e uma operação média de 9 horas diárias, isto significa um consumo de 51,12 litros/dia, fazendo um total anual:

$$\text{Consumo de óleo} = 51,12 \text{ l} \times 365 = 18.659 \text{ l/ano.}$$

Conta do Óleo:

$$\text{Conta do óleo} = \$ 0,2535 \times 18.659 = 4.730 \$ / \text{ano.}$$

A Tabela 6.1 mostra os parâmetros usados nos cálculos da análise econômica do sistema híbrido, sem o banco de baterias.

Tabela 6. 1. Parâmetros usados na análise do sistema híbrido, sem o banco de baterias.

Investimento Inicial	\$ 413.920,00
Custos Fixos / ano	1% do investimento inicial
Custos de Manutenção do Gerador	\$ 610,00
Receita Anual	\$ 8.656,23

A Fig. 6.1 esboça o fluxo de caixa de receitas e despesas do sistema híbrido sem o banco de baterias. Nota-se que, a depreciação do sistema é contabilizada pelo desgaste dos equipamentos fotovoltaicos (painéis, inversor e controlador de carga) e grupo diesel, ou seja, não inclui o banco de baterias.

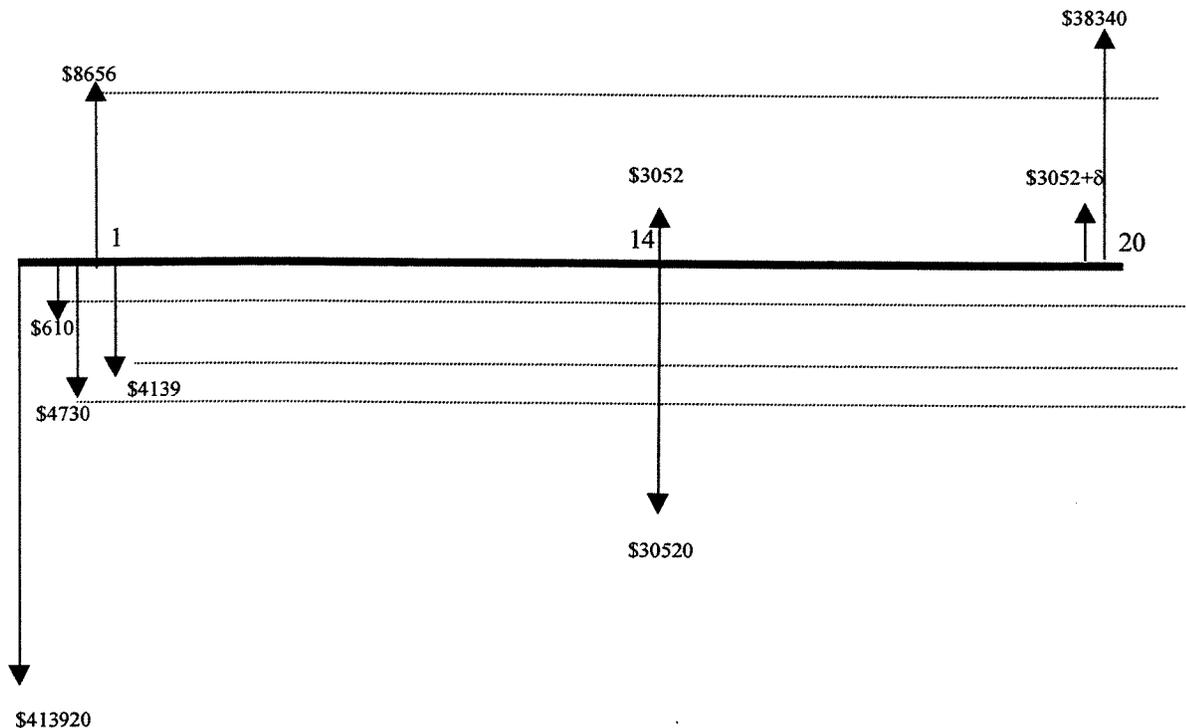


Figura 6. 1. Fluxo de caixa para o sistema híbrido solar-diesel, sem o banco de baterias.

(i) Análise Segundo o Custo Anual Equivalente:

O cálculo para o custo anual equivalente do novo sistema é apresentado a seguir:

Cálculo CAE(Híbrido, Sem o Banco de Baterias)

$$CAE = 413.920 / (P / A, 5, 20) + 823 + 27.468 \times (P / F, 5, 14) / (P / A, 5, 14) - 57.088 \times (P / F, 5, 20) / (P / A, 5, 20)$$

$$CAE = 413.920 / 12,462 + 823 + 27.468 \times (0,5051 / 9,8985) - 57.088 \times (0,3769 / 12,462)$$

$$CAE = \$ 33.712,63$$

O novo valor do custo anual equivalente mostrou-se 33% menor que o custo anual do sistema original.

(ii) Análise Segundo os Custos de Geração:

Em relação ao custo específico de geração, alguns valores dos custos do sistema são alterados, conforme mostra a Tabela 6.2, para se chegar ao novo resultado.

Tabela 6. 2. Planilha de custos para vinte anos de operação do sistema híbrido, sem o banco de baterias.

Período de 20 anos	Operação 18 horas
Energia Gerada (MWh)	2.571,75
Consumo de Óleo (l)	373.180
Conta do óleo (\$)	94.600,00
Custos Fixos e Manutenção (\$)	94.980,00
Equipamentos (\$)	384.300,00
Custo Total do Sistema (\$)	573.880,00
Custo Específico de Geração (\$ / kWh)	0,223

O que se observou, pela característica real de consumo verificada no levantamento deste trabalho, apresentada no Capítulo 4, foi o desconhecimento da natureza de consumo de energia elétrica da população, levando à perda do que seria o principal objetivo que norteou a implantação do projeto, ou seja, aumentar a disponibilidade de horário na oferta de energia elétrica sem induzir o aumento no consumo de óleo diesel¹. Além disso, podendo ainda levar a um crescimento desordenado deste consumo, principalmente no setor residencial. Este aumento estaria ligado diretamente aos hábitos de uso, desinformação dos usuários e à falta de planejamento pelo lado da demanda.

6.3 – AÇÕES PELO LADO DA DEMANDA DE ILUMINAÇÃO

Ações de gerenciamento voltadas para o lado da demanda podem ser adotadas tanto para promover a redução nos investimentos futuros do sistema, quanto para afetar o comportamento da carga. FELS e KEATING (1993) lembram que, o GLD pode conduzir alterações no perfil de carga do sistema, inclusive aumentos estratégicos em determinados períodos do dia, quando há folga do sistema, o que tem significado, normalmente, uma melhor distribuição da carga, levando a redução da necessidade de energia num período de tempo específico, ou seja, redução na demanda de ponta, ou redução do consumo total de energia do sistema, através de melhorias na eficiência energética do uso final.

A meta é modificar o perfil de carga, para isso é muito importante conhecer a estrutura desse perfil para cada classe consumidora (industrial, comercial, residencial, etc.) e as tecnologias de uso final (iluminação, força motriz, etc.), para determinar o programa mais adequado (substituição de lâmpadas, motores eficientes, etc.) (JANNUZZI e SWISHER, 1997). O caso de Vila Campinas reflete uma situação típica do consumo residencial brasileiro de eletricidade, onde este setor oferece uma grande oportunidade de medidas para a conservação de energia, tendo em vista a participação do mesmo na demanda dos sistemas.

¹ Segundo estudo do CEPEL.

Para se dar uma idéia do potencial de conservação neste setor, a Tabela 6.3 mostra a contribuição percentual do consumo de energia elétrica nos Estados da Região Norte, e sua evolução ao longo de dezesseis anos (1982 – 1997). Os índices vêm crescendo, não somente em função do crescimento da oferta e da ampliação nos horários de atendimento (houve em muitas localidades dos Estados, alteração no horário de fornecimento de 6, 8, 12 e 18 horas para 24 horas), mas também em virtude do crescimento de centros urbanos, como Belém (PA) e Manaus (AM), do acesso facilitado de equipamentos domésticos elétricos, e outras razões.

Tabela 6. 3. Participação do consumo residencial de eletricidade na Região Norte (%).

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Rondônia	6,95	8,80	9,91	10,60	11,49	12,03	12,47	13,13	12,77	13,02	12,95	12,67	13,03	13,69	13,37	13,18
Acre	4,25	4,35	4,43	4,34	4,40	4,34	4,26	4,28	4,24	4,11	4,32	4,49	4,72	4,50	4,62	4,83
Amazonas	34,36	32,61	30,87	30,54	30,56	30,42	30,47	29,15	29,73	29,64	28,65	27,15	27,37	27,08	26,81	26,96
Roraima	2,32	2,39	2,42	2,50	2,69	2,66	2,67	2,78	3,08	3,00	3,13	3,30	3,41	3,39	3,38	3,92
Pará	49,03	48,26	48,58	48,27	47,19	46,78	43,32	42,28	42,20	41,92	41,60	42,02	40,78	40,16	39,46	38,61
Amapá	3,09	3,59	3,79	3,76	3,67	3,78	3,56	3,41	3,33	3,32	3,37	3,78	3,92	4,00	5,13	5,52
Tocantins ²	-	-	-	-	-	-	3,24	4,97	4,64	4,99	5,98	6,60	6,77	7,17	7,24	6,97

Fonte: BEN/98.

Os números mostram que os Estados do Amazonas e Pará são os maiores consumidores do setor, evidentemente por concentrarem os maiores centros urbanos da região. Também é possível notar que, enquanto os demais Estados apresentaram um crescimento ao longo dos anos, aqueles últimos têm decrescido.

A Tabela 6.4 traz os números que representam a participação das regiões no consumo do setor residencial brasileiro. Verifica-se que a região Norte apresenta os menores índices, em virtude,

² Criado em 1988 a partir da divisão do estado de Goiás.

Para uma melhor compreensão do consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro é necessário caracterizar o seu uso final, no qual está assim dividido: em 32% para refrigeração; em 26% para aquecimento de água; em 25% para iluminação; e 17% para uso de televisor, ar condicionado, ferro de passar, etc. (últimos dados de pesquisa disponíveis, PROCEL/ 1988). O PROCEL e várias concessionárias vêm considerando com maior seriedade investimentos em programas de eficiência energética na área de iluminação residencial. O próprio GCOI, em meados de 1996, solicitou à ELETROBRÁS/PROCEL a preparação de análises mais aprofundadas sobre a viabilidade técnico-econômica e a possibilidade de implementação de programas de substituição de lâmpadas incandescentes. O Plano de Ações Emergenciais PROCEL/GCOI/CCON contempla ações específicas na área de iluminação eficiente. Esse fato ilustra a realidade que iniciativas de uso eficiente de energia já começam a ser consideradas como alternativas viáveis para suprimento dos serviços de energia da população no país pelo próprio setor elétrico (JANNUZZI et ali, 1997).

Os motivos que levam as empresas, tanto no Brasil como em outros países, a implementarem esses programas são dificuldades de expansão da oferta, indisponibilidade de recursos, interesse em verificar o comportamento do consumidor perante o estímulo para aceitação das lâmpadas eficientes, e conservação de energia em virtude do esgotamento dos recursos (JANNUZZI et ali, 1997).

SOUZA (1998), em sua pesquisa, levantou que 81% das lâmpadas nas residências, da região nordeste do Brasil, era do tipo incandescente, contra apenas 19% de fluorescente; na região sudeste estes números foram 89% e 11%, respectivamente, onde o maior percentual das lâmpadas incandescentes é de 60 W de potência e as fluorescentes predominam o tipo tubular de 20 e 40 W.

Segundo CARTAXO et ali (1999), em Manaus observou-se que, embora ainda predomine a iluminação incandescente, as lâmpadas fluorescentes já representam 45% do mercado residencial, e cerca de 57% das lâmpadas incandescentes possuem potência igual a 60 W e 36% de 40 W. Os autores estimaram que a iluminação incandescente é responsável pelo equivalente a 11,3% de todo o consumo residencial de eletricidade registrado no mês do levantamento (janeiro/1996).

O caso de Vila Campinas não parece ser diferente, quanto a este aspecto, de outras regiões do país. Conforme visto no Capítulo 4, o uso estimado de energia elétrica para iluminação representava 42% da demanda do setor residencial, sendo de 92,5% o uso de lâmpada incandescente. Por conseguinte, uma das ações que, efetivamente, pode colaborar para minimizar o consumo de combustível (em virtude do horário de consumo dessa energia) e a demanda de eletricidade, no horário de pico, seria direcionar essas ações, pelo lado da demanda residencial, para a iluminação, onde é predominante o uso da lâmpada incandescente. A substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas mais eficientes, com certeza, iria proporcionar uma redução substancial na carga, principalmente nos horários críticos do sistema.

A Tabela 6.6 mostra as características das lâmpadas incandescentes de 60 W e suas equivalentes. A lâmpada fluorescente compacta PL Eletronic, adaptável à base comum (E-27), possibilita a substituição de uma lâmpada incandescente comum, tem acendimento instantâneo, e pode atingir uma economia de até 80 % de energia em relação às lâmpadas incandescentes.

Tabela 6. 6. Tipos e características das lâmpadas usadas no trabalho.

Características (Fabricante Philips)	Incandescente Standard (60 W)	PLE (15 W)	Fluorescente Circular (26 W)
Eficiência (lumens/ W)	13,7	60	36,5
Tensão	120	127	127
Fluxo Luminoso (lumens)	820	900	950
Vida Útil Média (horas)	1000	10000	(3)
Comprimento (mm)	104	170	210 (diâmetro)
Temperatura de Cor (K)	*	2700	6200
Preço ⁴ (\$)	0,54	21,00	17,80
Peso (g)	32	92	*

* Valores não apresentados nos catálogos do fabricante.

Fonte: Catálogos do Fabricante (PHIPLIPS, 1997).

³ A vida útil média é equivalente a das demais fluorescentes compactas, além disso, permite a troca da lâmpada circular no sistema, ao final de sua vida.

⁴ O preço das lâmpadas foi cotado no mercado varejista da cidade de Manaus.

seja, o custo unitário da lâmpada PLE é de \$ 21,00, o total de lâmpadas incandescentes nas residências da Vila é de 243, está se considerando apenas as lâmpadas incandescentes de 60 W, portanto, o investimento necessário para a troca das lâmpadas incandescentes por PLE seria de \$ 5.103,00 (cinco mil cento e três dólares). No caso do sistema fluorescente circular o custo unitário é de \$ 17,80, o que levaria a um investimento, para substituição das lâmpadas incandescentes por esta, de \$ 4.325,40 (quatro mil trezentos e vinte e cinco dólares e quarenta centavos).

A questão é, se este investimento é alto para os benefícios resultantes. Do ponto de vista da carga, a Seção anterior demonstrou evidências interessantes e satisfatórias, a influência da redução na demanda provoca alteração no consumo de combustível.

No caso da substituição das lâmpadas incandescentes por PLE, isto levaria a uma redução no consumo de 186 kWh para 119 kWh, no horário crítico do sistema, compreendido entre 18:00 e 24:00 horas. Esta alteração equivale a uma mudança na demanda média desse intervalo de cerca 27 kW para 17 kW, o que implica uma diferença de consumo de combustível na geração, visto que neste horário opera o sistema diesel.

Em termos do consumo médio diário de óleo diesel significaria reduzir em torno de 17 litros de óleo diário, ou seja, cerca de 34% abaixo do consumo anterior. Monetariamente, seria uma economia perto de 1.573,00 \$/ano, que teria como efeito uma redução deste valor de 26% nos cofres da empresa e 74% na participação da CCC. A Tabela 6.7 mostra os números para as situações de iluminação com lâmpada incandescente, PLE e FLC.

Tabela 6. 7. Planilha de consumo para os casos de iluminação com lâmpada incandescente, PLE e FLC.

	Incandescente	PLE	FLC
Demanda (kWh)	186	119	135
Potência Média (kW)	27	17	19
Consumo Específico (g/kWh)	235	240	240
Consumo do Motor (l/kWh)	0,27	0,28	0,28
Consumo Médio Diário Diesel (l)	50	33	37
Diferença (em litros e em %)	-	17 / 34	12 / 25

Para a substituição das lâmpadas incandescentes pelo sistema fluorescente circular, a alteração no consumo médio diário seria de 186 kWh para 135 kWh. Esta mudança levaria ao novo valor médio da demanda, no horário compreendido, em torno de 19 kW, o que, como no caso anterior, também implicaria numa redução do consumo de combustível em cerca de 12 litros de óleo diário, ou seja, 25% inferior ao consumo original. Esta nova situação levaria a uma economia em torno de 1.149,00 \$/ano. Porém, neste caso o investimento inicial seria menor, algo em torno de \$ 687,00 a menos.

Enfocando a análise com vistas ao consumo e custos do lado do consumidor, verifica-se que: considerando o valor estimado do consumo médio diário por residência de 2,7 kWh, mostrado no Capítulo 4, assim como os valores de tempo médio de uso diário, índice de posse e potência média das lâmpadas incandescentes, também apresentados no referido capítulo, de 5,92, 2,7 e 58,9 respectivamente, a demanda média com uso de iluminação incandescente por residência seria de 159 W, que representaria um consumo médio mensal de cerca de 28 kWh.

Praticando a tarifa média de 0,067 \$/kWh, o valor médio da fatura da conta de energia elétrica mensal por residência seria em torno de \$ 5,40. Com 35% do consumo médio residencial de

eletricidade voltado para a iluminação, isto equivale, em termos monetários, a cerca de \$ 2,00 mensais.

A troca das lâmpadas incandescentes por lâmpadas PLE de 15 W representaria alterar a demanda média diária para 41 W, significando um consumo médio mensal em torno de 7,2 kWh. A redução no consumo implicaria em redução de cerca de 28% da conta de energia, ou seja, o valor de \$ 5,40/mensal passaria para \$ 3,90/mensal, uma economia de \$ 1,50/mês.

No caso da substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes circulares, o efeito na conta mensal de energia elétrica é refletido da mesma forma que no caso anterior, isto é, o consumo médio mensal passaria a ser de 13 kWh, representando uma fatura mensal de \$ 4,24. A redução na conta seria de 21%, ou seja, uma economia de \$ 1,16/mês.

No Capítulo 7 são sugeridos alguns encaminhamentos para viabilizar a substituição das lâmpadas, tanto considerando a participação do consumidor quanto da concessionária, procurando enumerar as melhores possibilidades dentro da realidade local da população envolvida e da concessionária, assim como o tempo necessário para o retorno financeiro do investimento.

6. 3. 3 – CONSIDERAÇÕES ECONÔMICAS E OPERACIONAIS

A substituição das lâmpadas traria conseqüência direta no perfil da curva de carga do sistema proporcionando, além da redução do consumo no horário noturno, uma considerável melhoria para as condições de operação do banco de baterias em virtude da entrada da carga de iluminação acontecer no horário próximo das 18:00hs, ocasião em que o sistema está sendo alimentado pelo mesmo. Esta situação provoca um descarregamento muito rápido das baterias por causa das dimensões do valor desta carga o que afetará a expectativa da vida útil das mesmas.

Outro elemento de influência na redução da carga de iluminação é a folga na potência instalada da geração, podendo permitir um adiamento das projeções de expansão do sistema. A conseqüência disto é a redução de investimentos; a confiabilidade de sustentação do sistema por um

aproximam do exigido, para temperatura de evaporação de 5°C negativos e de condensação 35° C, utilizando R-22.

- Para 27.780 kJ / h:
mod. UC-004 – 491 S, com potência instalada de 3 HP;
- Para 50.290 kJ / h:
mod. UC-006 – 590 S, com potência instalada de 4 HP.

A Potência Total da Fábrica de Gelo:

Potência Total = Unidade Condensadora + Bomba D'Água + Triturador

Potência Total = 4 + 0,33 + 0,25 \cong 4,6 HP

A seguir é apresentado o custo de aquisição de uma fábrica de gelo; o valor foi levantado numa empresa de refrigeração na cidade de Manaus (CARGO Refrigerações) e segundo a empresa reflete a situação no mercado local. A quantia em dólar refere-se a cotação da moeda americana do dia 29 de março de 2000, cuja cifra girava em torno de R\$ 1,80.

Custo Total	\$ 6.290,00
-------------	-------------

Em virtude do setor industrial não dispor de modelos do tipo de fabricação de gelo em escamas da ordem do que foi projetado para este trabalho, o custo levantado refere-se a uma fábrica equivalente de produção de gelo em blocos. Porém, deve-se ressaltar algumas implicações operacionais neste modelo, visto que o mesmo não é igualmente simples como o outro. Seria recomendável usar o processo de tecnologia de cilindro concêntrico para a fabricação do gelo por se tratar de um método mais simples operacionalmente (MILANÊS, 1997).

6. 4. 4 – MOTIVAÇÃO E VANTAGENS DO SISTEMA DE FRIO

Além do aproveitamento da disponibilidade de energia no horário diurno, gerada direto da fonte solar, e da oportunidade de incremento na renda familiar da população, a fábrica de gelo também oferece opção de conforto, visto que foi identificada a necessidade de refrigeração para resfriar a água de beber. A facilidade da aquisição do gelo poderá inibir a iniciativa de aquisição, por outras famílias, de aparelhos de refrigeração, assim como restringir o uso dos aparelhos existentes. O uso de eletricidade para refrigeração é responsável por cerca de 20 % da energia consumida pelo setor residencial em Vila Campinas, conforme visto no capítulo três. Considerando um tempo médio de operação de 10 horas diárias para a geladeira e de 8 horas para o “freezer”, referidos no Capítulo 4, o consumo médio diário para refrigeração seria 56,9 kWh, que representaria uma demanda média de 3,16 kW.

A retirada dos aparelhos de refrigeração levaria à redução do consumo de 186 kWh (estimado) para 164 kWh, no horário das 18:00 às 24:00 h. A potência média nesse intervalo cai de 27 kW para 24 kW. Isto representa uma alteração no consumo médio de diesel de 6,7 l/h para 6,0 l/h, ou seja, equivale a uma redução de 10% naquele consumo, o que representa uma economia perto de 454\$/ano. Além disso, a fábrica de gelo possibilita um incremento na atividade produtiva e a utilização do potencial solar disponível.

Para o consumidor que possui um “freezer” em sua residência, o consumo mensal deste aparelho foi estimado em 54,1 kWh, conforme visto no Capítulo 4 deste trabalho, isto representa na sua conta mensal de energia elétrica um valor de R\$ 3,62.

Seguindo o mesmo raciocínio para o consumidor que possui uma geladeira em sua residência, o consumo mensal estimado por aparelho foi de 51,8 kWh, representando um valor de R\$ 3,47 na conta de energia deste consumidor.

A retirada destes aparelhos das residências representa uma redução na conta de energia bastante importante para estes consumidores. No Capítulo 7 foram feitas algumas sugestões de

como elaborar um plano de participação destes consumidores na aquisição da fábrica de gelo, diferentemente dos demais moradores.

6.5 - CONSIDERAÇÕES

Do ponto de vista da oferta pode-se chegar a algumas considerações observando os números obtidos na análise da Seção 6.1 deste Capítulo, apresentados na Tabela 6.8 seguinte. Também foi analisada a retirada do banco de baterias, parte mais vulnerável do sistema, não somente por causa dos seus custos, tendo em vista a curta vida útil, mas também pelas questões técnicas operacionais, tais como, recarregamento das células (quando ocorre o descarregamento no final da tarde e início da noite acontece a entrada do grupo gerador, é este que recarrega o banco utilizando-se de energia térmica, ou seja, com uso do óleo diesel); descarga rápida no intervalo das 17:00 às 19:00 horas comprometendo sua vida útil (citado anteriormente neste capítulo); e remoção das peças residuais no final da vida útil, necessitando de uma área para depósito, embarcação para sua retirada e transporte das novas unidades, assim como os custos do diesel para este deslocamento.

Tendo em vista todas estas questões que envolvem as baterias, seria razoável considerar a retirada destes elementos do sistema, sem que isto venha a comprometer o desempenho do mesmo, sendo necessário para isso um sistema eficaz e preciso para o controle da carga em virtude da entrada mais freqüente do gerador diesel no período das chuvas; ou como mencionado anteriormente, redução do número de baterias do banco.

Tabela 6. 8. Resultado da análise de custos das opções de projeto para o sistema híbrido de Vila Campinas, do ponto de vista da oferta.

	Custo Anual Equivalente	Custo Específico de Geração
Sistema Original ⁶	\$ 50.113	0,292 \$/ kWh
Eliminação do Banco de Baterias	\$ 33.713	0,223 \$/ kWh

⁶ Cálculo apresentado na Capítulo 5.

CAPÍTULO 07

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através da pesquisa de campo realizada na Região de Campinas pôde-se identificar os indicadores e características sócio-econômicas da população, assim como identificar os padrões de consumo energético, especialmente de eletricidade. A pesquisa não se ateve unicamente à coleta de dados, mas à análise destes dados, o que permite uma melhor clareza de sua natureza e possibilita estabelecer um planejamento com integração dos setores de energia, educação, saúde, economia e os recursos naturais disponíveis. Particularmente, a importância do trabalho está na universalidade das informações obtidas em relação às comunidades localizadas na região amazônica que possuem similaridade de características, isto permite que uma política de desenvolvimento voltada para estas regiões esteja minimamente respaldada em soluções viáveis, exequíveis e sustentáveis.

Durante o desenvolvimento da pesquisa de campo deste trabalho (apresentada no Capítulo 4) percebeu-se a grande dificuldade de se trabalhar nas regiões mais remotas do Estado do Amazonas e certamente isto se estende para outras áreas da Amazônia. As distâncias a serem superadas se deparam com as dificuldades de acesso por inadequação dos rios para a navegação em determinadas épocas do ano ou mesmo pela pouca, e muitas vezes quase nenhuma, estrutura de apoio no local, em virtude da limitação de recursos das próprias comunidades. Portanto, verifica-se que para realizar esse tipo de tarefa é preciso disponibilizar recursos financeiros para suprir o mínimo necessário na realização do trabalho e um envolvimento que beira o emocional por parte dos pesquisadores. Também foi observada a carência de dados históricos da população para se estabelecer uma progressão dos indicadores sócio-econômicos levantados.

A análise econômica do sistema implantado na Vila, embora apresente valores elevados de custos, já esperado, mostrou as cifras destes valores, permitindo uma análise quantitativa entre as possibilidades das alternativas de geração de energia elétrica, e embora se perceba na operacionalização do mesmo a eficácia da fonte solar como parte da geração híbrida no suprimento de comunidades isoladas da Amazônia, os valores elevados dos seus equipamentos ainda constituem uma barreira muito forte para a adoção da tecnologia na escala dos valores daquela demanda. O estudo identificou os pontos vulneráveis dos sistemas analisados, mas especialmente contribuiu para mostrar valores mais próximos da realidade destes custos, podendo questionar os números oficiais apresentados pela Concessionária do déficit financeiro das usinas do seu sistema (Anexo VIII), sugerindo que se faz necessária uma fiscalização mais eficiente e intensiva por parte dos órgãos competentes do governo (como exemplo da ANEEL) dos valores apresentados pelas empresas quando referem-se, por exemplo, a dados de consumo de combustível, tendo sido notoriamente verificado, no caso deste trabalho, que as informações oficiais estavam equivocadas.

Voltando à questão dos custos, o empreendimento com uso de fonte renovável a partir de recursos naturais disponíveis é tão satisfatório para as necessidades básicas da faixa mais pobre da população, que o critério humanitário poderia dar lugar ao critério econômico (TYLER, 1994). No caso de Vila Campinas, considerando os benefícios sociais, ambientais e a auto-sustentabilidade do sistema, sua implementação pode se tornar uma alternativa viável, porém é necessário também instituir uma estratégia para alterar os padrões de consumo, propiciando uma efetiva implementação de medidas de uso mais eficiente de energia, para que essa energia possa gerar atividades que demandem aumento de renda para garantir a continuidade de suprimento no horizonte futuro.

Tendo em vista estes aspectos, as proposições das análises apresentadas no Capítulo 6 parecem satisfatórias, visto que disponibilizar energia através de projetos que implementam instalações de sistemas alternativos com objetivo de testes, como o que foi apresentado neste trabalho, implantado pelo NREL, que se por um lado traz benefícios para mostrar a eficácia da tecnologia solar em áreas do trópico úmido, por outro pode tornar-se uma experiência de confrontos com a realidade local, pois a disponibilidade de energia afeta os hábitos das pessoas, altera seu comportamento social e familiar, e caso não se faça um acompanhamento da entrada da tecnologia

na vida dessas pessoas, com uma consciência de sustentação futura, seguida de desenvolvimento das atividades econômicas para aumento de renda, de forma que possa a própria comunidade manter este suprimento, a experiência pode ser válida para a ciência mas contribuirá muito pouco para o bem estar social dessa gente. Neste sentido, a evolução histórica dos planos de ocupação da Amazônia Brasileira, descrita resumidamente no Capítulo 2 desta tese, reflete a inadequada forma como foi tratada a implantação de projetos na região, na maioria de forma desarticulada e desintegrada de sua população nativa. O projeto experimental desenvolvido em Vila Campinas caminha para mais um malfadado exemplo desses tipos de projetos para a Amazônia. As pesquisas desenvolvidas e os dados levantados na região até o momento já apresentam parâmetros que permitem nortear implementações de programas sem a necessidade de torná-los meros campos de prova.

Portanto, é necessário tratar das questões amazônicas tomando os exemplos passados como referências para evitar repetição de erros. Para isto faz-se necessário conhecer sua história, repensar projetos que podem ser satisfatórios quando aplicados em outras culturas, dentro de outra realidade, mas que sujeitos à configuração amazônica podem não responder beneficentemente. Um exemplo próximo da repetição de erros pode ser verificado numa Resolução da ANEEL (1998) que determina o fim da CCC para 2013. Esta situação parece ser similar às várias datas estabelecidas para a extinção do subsídio da Zona Franca de Manaus. Em nenhum dos dois casos foram definidas estratégias de substituição aos incentivos criados para adaptação ao novo cenário, o que leva a medidas sucessivas de adiamentos dos prazos de manutenção dos modelos. O subsídio da CCC deve caminhar nessa direção, a suspensão brusca impede a adoção de medidas de acomodação à nova situação. Este exemplo demonstra a repetição de erros nas políticas adotadas para solucionar questões de ordens básicas da população amazônica.

Reportando às medidas propostas para a substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas mais eficientes, apresentadas na Capítulo 6 desta tese, os investimentos requeridos são os referidos na Seção 6.3. Do ponto de vista da concessionária, a redução no consumo de energia reflete-se na redução do consumo de diesel e torna o sistema disponível para o crescimento futuro da

carga, retardando a preocupação da expansão do mesmo. Do ponto de vista do consumidor, representa a economia na conta mensal nas cifras calculadas na Subseção 6.3.2.

Mesmo com estes benefícios, a participação do consumidor enfrenta barreiras, principalmente de ordem financeira, visto que os custos das lâmpadas estão acima das possibilidades de investimento da maioria da população. Portanto, seria necessário um consórcio com algum fabricante e a concessionária para financiar a entrada destas lâmpadas, e o pagamento poderia ser feito através de débito na conta do consumidor de valor proporcional à energia conservada; ou mesmo um programa de troca direta proporcionado por órgãos como o PROCEL. Para que se possa obter um mínimo de garantias de sucesso do programa, seria necessário um programa educacional de acompanhamento junto aos usuários para consolidar esta participação, principalmente no que se refere à substituição das lâmpadas após sua vida útil, assim como estabelecer um período de tempo que permitisse a ocorrência da adesão de todos os consumidores e a troca de todas as lâmpadas com retorno do investimento.

O trabalho também propôs a instalação de uma fábrica de gelo para a conservação do pescado e para suprir a necessidade de resfriamento de água e alimentos da população. Para este projeto é necessário o investimento referido na Subseção 6.4.3. A sugestão para obtenção deste recurso é a organização dos produtores da comunidade em cooperativa, experiências de produtores agrícolas utilizando-se desta estrutura são amplamente divulgadas nas publicações das áreas econômica e agrícola no mundo e no país, algumas de sucessos, sendo em outras identificadas falhas destes sistemas. Fica como recomendação deste trabalho um estudo que amadureça esta idéia e analise a viabilidade da implantação de uma cooperativa de pescadores na Região de Campinas, utilizando a fonte solar como fonte de eletricidade para alimentar o sistema de frio, a exemplo do que está sendo feito no México (SOLARACCESS, 1999).

A adoção da instalação da fábrica de gelo também poderá contribuir para a utilização dos painéis fotovoltaicos isolados da rede, caso a reposição das baterias se torne inviável. O número de painéis necessários para alimentar a máquina seria reduzido em relação ao sistema e estaria sendo

usado para fins de geração de renda, o que possibilita aos cooperados o acúmulo de uma poupança para manutenção do sistema, desde que devidamente bem gerenciada.

É recomendável também em trabalhos futuros um estudo sobre uma tarifa adequada a ser aplicada aos consumidores atendidos por sistemas híbridos, considerando nesta proposta vários elementos que diferenciam estes consumidores dos demais, tais como: utilização de fonte renovável; redução no consumo de diesel; uso de energia limpa num determinado intervalo do dia ou do ano (do ponto de vista de emissão de CO₂); entre outros a serem investigados. É necessário também considerar no cálculo desta tarifa as características sócio-econômicas da população identificadas neste trabalho e o novo cenário energético do país, nessa conjuntura de capital privado e final previsto da CCC.

É recomendável ainda, e neste sentido com participação efetiva de investimentos e incentivos do governo, uma política voltada para a pesquisa nacional em tecnologia de equipamentos fotovoltaicos e implantação de indústrias brasileiras na produção destes equipamentos, podendo permitir uma redução nos custos de investimento além de promover a geração de empregos no país, tão urgente e necessária na situação atual. Um país com as dimensões do Brasil e com uma condição climática especialmente favorável para uso desta tecnologia, não se justifica estar fora desta indústria e não possuir um plano estratégico específico de exploração da utilização de energia solar.

Finalmente, como última recomendação, a questão ambiental deveria ser alvo de estudos futuros, uma análise em toda a cadeia, tanto na produção dos equipamentos fotovoltaicos e no destino de seus resíduos, como da produção do diesel, desde a extração, o refino e o transporte, sem se restringir unicamente à emissão de CO₂ na atmosfera, para poder determinar quais os benefícios e custos ambientais das duas tecnologias e, no caso do sistema híbrido, mensurar as alterações nestes custos com a redução do uso de combustível fóssil.

É importante refletir após os números apresentados no cálculo dos custos dos sistemas incluídos neste trabalho que mais grave do que os custos acarretados por um sistema alternativo de energia são as conseqüências da falta de energia elétrica para uma população, levando à existência

de assimetrias sociais nas condições e qualidade de vida, tais como: a permanência da pobreza; a falta de oportunidade para o crescimento; o fluxo migratório para as grandes cidades; e a descrença desta sociedade local no futuro. Igualmente grave é dissociar energia de desenvolvimento, pois apesar de admitir o conceito de que o bem estar que ela proporciona é direito de todo cidadão, este mesmo cidadão precisa estar consciente de que esta energia tem um custo e que ele pode pagar por ela, pois da mesma forma que conduz ao conforto, alavanca progresso.

Referências Bibliográficas

- Ab'Saber, A. Amazônia: um rol de propostas. Revista Brasileira de Energia Espacial, pp. 83-88, 1992.
- Alvim, A. C. , Silva, S. R. e Martinez, C. B. Os Sistemas Fotovoltaicos Face as Alternativas de Geração de Energia Elétrica Tradicional. Anais do III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 1998.
- Bahia, R. Abundância de hidreletricidade e carência de eletrificação na Região Norte. Anais do VI Congresso Brasileiro de Energia e I Seminário Latino Americano de Energia, Rio de Janeiro, 1993.
- Barbalho, A. R. *Energia e Desenvolvimento no Brasil*, Memória da Eletricidade, Rio de Janeiro, 1987.
- BEN – Balanço Energético Nacional, Ministério de Minas e Energia, Brasília, 1998.
- Benchimol, S. *Amazônia, um pouco-antes e além-depois*, Coleção Amazoniana-1, Manaus, 1977.
- Benchimol, S. *Amazônia: A Guerra na Floresta*, Editora Civilização Brasileira S.A., Rio de Janeiro, 1992.

- Borges, T. P.F. Fogão a lenha de combustão limpa, Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Campinas/SP, (116p) 1994.
- Bristoti, A. e Adams, R. I. Planejamento energético municipal: uma proposta para os municípios do Rio Grande do Sul, Revista Brasileira de Energia, v. 1, no. 2, pp. 93-100, 1990.
- Burgoa, J. A. Instrumentos para avaliação de programas de GLD no Brasil, Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica/EFFICIENTIA 98, CD, Rio de Janeiro, 1998.
- Cartaxo, E. F. e Jannuzzi, G. M. Análise técnica e econômica de um sistema de distribuição de energia elétrica híbrido solar-diesel: um estudo de caso, Anais do III Congresso Latino Americano de Distribuição de Energia Elétrica, São Paulo, 1998.
- Cartaxo, E. F. , Jannuzzi, G. M. e Pompermater, M. L. Padrões de Uso Residencial de Eletricidade na Região Amazônica: exemplos das zonas urbana e rural. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia/SP, 1999.
- CETEP - Centro de Gestão Tecnológica Popular. Dinâmica de la lenha para cocinar, Venezuela, dez, 1998
- CRESESB/CEPEL, Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltáica. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. 1995.
- CREST/Centre for Renewable Energy Systems Technology, www.gem.crest.org/cgi-bin/browse.pl?renewables=solar, USA, 1999.
- Costa, E. C. *Física Industrial Refrigeração*, v. II. Emma, PUC, Porto Alegre/RS, 1976.
- ELETROBRÁS e PROCEL. Texto provocativo do Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica / Efficientia, Rio de Janeiro, 1998.

EPRI Journal, September, 1984.

Fabrizy, M. P., Maciel, F. A. A. e Luczynski, E. Problemática de desenvolvimento das PCH's: O caso da região Amazônica, Anais do II Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Campinas-SP, 1994.

Foley, G. Rural electrification in the developing world, Energy Policy, Fevereiro, 1992.

FORD, Catálogos de Motores Diesel, Especificação Técnica, janeiro, 1989.

Geller, H., Jannuzzi G. M., Schaeffer R. e Tolmasquim, M. T. The Efficient Use of Electricity in Brazil: Progress and Opportunities, ACEEE, maio de 1997.

Guerreiro, A. G., Serra, S. T., Carvalho, M. L. R. e Silva Filho, M. C. A Influência da Venda de Eletrodomésticos na Expansão do Consumo Residencial de Energia Elétrica, Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia, 1996.

Girod, J. *Diagnosis of energy systems in developing countries*. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg, 1991.

Gouvello, C. Caracterização da problemática energética das zonas rurais: uma falha importante das políticas de planejamento energético, III Encontro Nacional de Ciências Térmicas (ENCIT), Itapema-SC, 1990.

Gruber, E. e Brand, M. Promoting energy conservation in small and medium-sized companies, Energy Policy, Abril, 1991.

Haddad, J., Nogueira, L. A. H. e Santos, A. H. M. A conservação de energia como um instrumento de política energética, Anais do II CBPE, Campinas-SP, 1994.

- Harvey, A. Village planning of isolated energy schemes. Proc. Instn. Mec. Engrs., v. 209, pp. 141-147, 1995.
- Jannuzzi, G. M. Planejando o consumo de energia elétrica através de programas de difusão de tecnologias mais eficientes, Revista Brasileira de Energia, v. 3(1), pp. 176-188, 1993.
- Jannuzzi, G. M. A política Energética e o meio Ambiente: instrumento de mercado e regulação, Palestra Inst. Economia da Unicamp, Campinas/SP, 1995.
- Jannuzzi, G. M. e Santos, V. F. The cost and benefits of residential lighting programs in Brazil, 3rd European conference on Energy-Efficient Lithing, Newcastle Upon Tyne, UK, 1995.
- Jannuzzi, G.M. et al. Programas de administração da demanda para o setor residencial brasileiro: oportunidades, custos e barreiras. Anais do SNPTEE, Camboriú/SC, 1995.
- Jannuzzi, G. M. e Swisher, J. N. P. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos*. Autores Associados, Campinas/SP, 1997.
- Jannuzzi, G.M. et. al. Implementação e Avaliação de Programas de Iluminação Eficiente no Setor Residencial, Relatório executivo para o PROCEL, 1997.
- Jannuzzi, G. M. e Pompermayer, M. Uso residencial de eletricidade nas cidades de Manaus, Porto Velho e Macapá, Anais do SNPTEE, Belém/PA, 1997.
- Jones, D. W. How urbanization affects energy-use in developing countries, Energy Policy, Setembro, 1991.
- Kaplan, S. *Energy Economics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1983.
- Kelly, B. e London, M. *Amazônia Um Grito de Alerta*, . Editora Marco Zero, Rio de Janeiro 1983

- Kulkarni, A. Sant, G. e Krishnayya, J. G. Urbanization in search of energy in three Indian cities, *Energy*, v. 19, no. 5, pp. 549-560, 1994.
- Lawrence, W.B. , Wichert, A. A Versatile PV Module Simulation Model Based on PSI/e. *Solar Energy*, v.52, p.191-195, 1990.
- Lopes, A. B. Metodologia para o levantamento de dados do município de Cabaceiras-Pb, com vista ao planejamento energético, *Anais do VII CBE e II Seminário Latino Americano de Energia*, v. I, Rio de Janeiro, 1996.
- Malik, S. B. et al. Mathematical model for energy planning of rural India, *International Journal of Energy Research*, v. 18, pp. 469-482, 1994.
- Martins, G. Souza, R. C. R. e Costa, Y. S. Levantamento do perfil de consumo, hábitos e padrões de utilização de lenha, carvão Vegetal, GLP e eletricidade nas comunidades de Mocambo e Cabury (Agrovila de S. Sebastião), *Relatório Interno, Manaus/AM*, 1992.
- Martins, J. M. V. A influência da confiabilidade de sistemas de conversão fotovoltaicas nos custos da energia elétrica, *Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia e II Seminário Latino Americano de Energia*, v. IV, Rio de Janeiro/RJ, 1996.
- Milukas, M. V. Energy for secondary cities The case of Nakuru, Kenya, *Energy Policy*, Maio, 1993.
- Milanês, R. P. Melhoramento de um sistema de refrigeração por absorção para fabricação de gelo, *Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP*, pp. 100, 1997.
- Nakagami, H. "Lifestyle change and energy use in Japan: household equipment and energy consumption". *Energy*, Vol. 21, No. 12, pp. 1157-1167, 1996.

NREL. *Amazonas – Campinas: 50 kW Hybrid PV/Diesel Village Power System*, Technical Proposal, v. I, July 13, USA, 1994.

Philips Iluminação. *Catálogo Geral Técnico*, Manaus, BR, 1996.

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE, Ministério do Planejamento e Orçamento, 1995.

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE, Rio de Janeiro/RJ, 1996.

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE, Rio de Janeiro/RJ, 1997.

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE, Rio de Janeiro/RJ, 1998.

Pongsapich, A. e Wongsekiarttirat, W. Urban household energy consumption in Thailand, *Energy*, v. 19, no. 5, pp. 509-516, 1994.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Pesquisa Nacional sobre Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo. v. 1, 2 e 3, 1989.

PV Power Resource Site, Photovoltaics, Sustainable Power for the World , www.pvpower.com/pvhistory.html, 1999.

Rady, H. M. Renewable energy in rural areas of developing countries Some recommendations for a sustainable strategy, *Energy Policy*, Junho, 1992.

- Redclift, M. Sustainable energy policies for the Brazilian Amazon. *Energy Policy*, Maio, 1994.
- Salati, E. *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*, Editora Brasiliense, CNPq, Brasília, 1983.
- Santos, R. A. O. *História Econômica da Amazônia: 1800-1920*, Biblioteca Básica de Ciências Sociais, São Paulo, 1980.
- Schipper, L. e Hawk, D.V. More efficient household electricity-use An international perspective, *Energy Policy*, abril, 1991.
- Schechtman, R., Trinkenreich, J. e Cechi, J. C. Impactos Macroeconômicos Decorrentes da Não Utilização do Potencial Hidrelétrico da Região Norte, *Revista Brasileira de Energia*, v. 3, no. 2, pp. 34-72, 1994.
- Silva, M. V. M. O contexto de algumas comunidades excluídas: o caso da Ilha do Cambu, *Anais do VII CBE e II Seminário Latino Americano de Energia*, v. I, 1996.
- Silva, N. F.; Silva Jr., J. L. e Teixeira, P. H. G. Necessidades energéticas das pequenas comunidades nas áreas rurais do Estado do Rio Grande do Norte, *Anais VII CBE e II Seminário Latino Americano de Energia*, v. I, Rio de Janeiro, 1996.
- Sinha, C. S. e Kandpal, T. C. Decentralized v grid electricity for rural India, *Energy Policy*, June, pp. 441-448, 1991.
- Sinha, C. S., Venkata, R. P. e Joshi, V. Rural energy plannig in India Designing effective intervention strategies, *Energy Policy*, Maio, 1994.
- Solaraccess, www.solaraccess.com/newsprojects/trends, Canadian Association for Renewable Energies, Canadá, 1999.

Diagrama de Fluxo de Carga

È usado para representar os parâmetros do fluxo de caixa distribuídos no tempo. No diagrama da Fig. 1 o zero no eixo representa o valor presente, o valor 1 no eixo é um ponto no tempo que representa um período (geralmente um ano) decorrido do tempo presente, e assim por diante em relação aos demais valores.

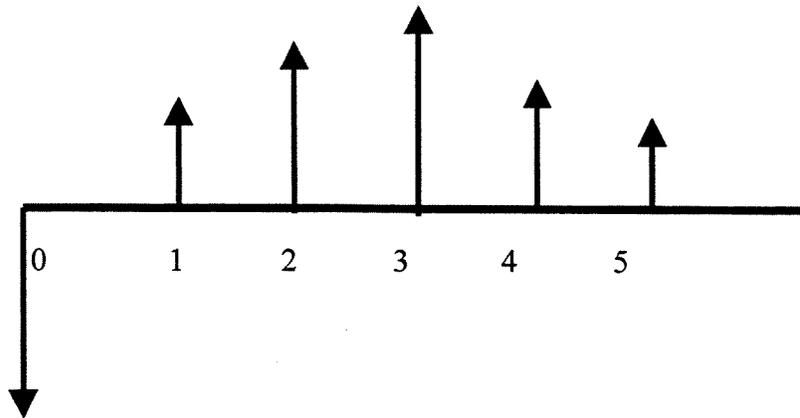


Figura 1. Diagrama de Fluxo de Caixa

As informações de entrada nos projetos de energia geram incertezas nas comparações de alternativas. Para lidar com esse tipo de risco utiliza-se análise de sensibilidade e tratamento estatístico.

Valor Presente

È o equivalente em moeda hoje que é necessário para investir no final da vida útil daquele investimento. Este valor dependerá da taxa de juros que seja interessante para o investidor.

Denominando de taxa de desconto o termo i , F o valor do investimento e P o valor atual equivalente no futuro (valor presente), então a relação entre P e F é dada por:

$$P = F / (1 + i) \quad \text{Equação 1}$$

Se este investimento é por um período de n anos, então a equação 3.1 passa a ser:

$$P = F / (1 + i)^n \quad \text{Equação 2}$$

O termo $1 / (1 + i)^n$ é denominado fator de valor presente para pagamentos simples, representado por $(P/F, i\%, n)$, dado em tabelas.

O fluxo de caixa pode ser representado por séries uniformes que possuem uma distribuição com valores iguais durante um determinado intervalo de tempo, conforme ilustra a Fig. 2.

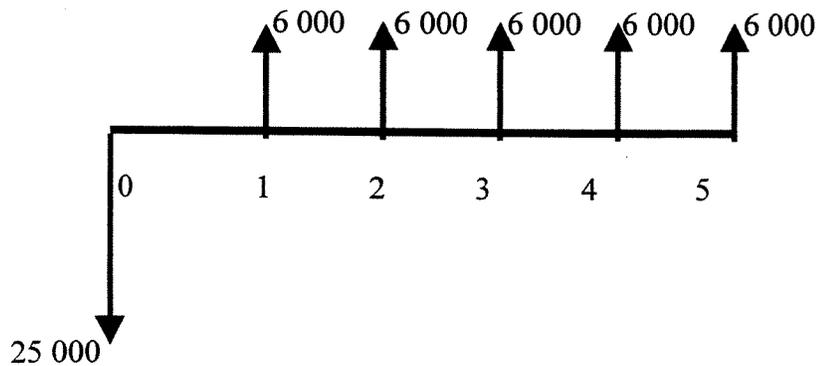


Figura 2. Diagrama de Fluxo de Caixa com Série Uniforme

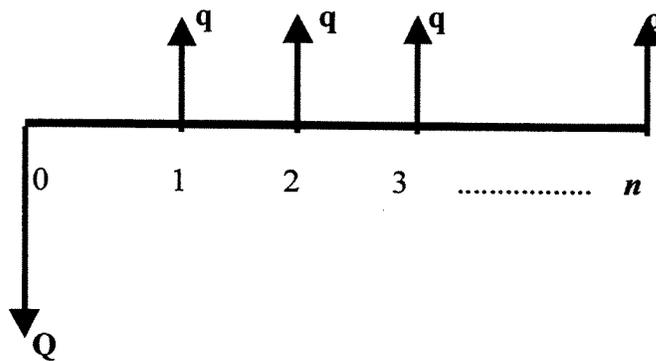
A série uniforme é representada por $(P/A, i\%, n)$, também encontrado em tabela, sua denominação é fator de valor presente para séries uniformes e é dado pela equação a seguir.

$$(P/A, i\%, n) = [(1 + i)^n - 1] / i(1 + i)^n \quad \text{Equação 3}$$

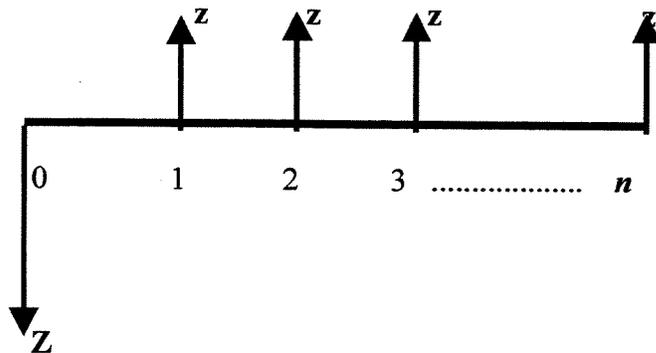
Para melhor compreensão deste último será utilizado exemplos genéricos.

Um sistema **X** com investimento inicial **Q** e custos anuais **q**, e um outro sistema **Y** com investimento inicial **Z** e custos anuais **z**. Os dois sistemas com vida útil **n** e taxa de juros $i = 12\%$.

Sistema **X**



Sistema **Y**



Para a análise deve-se transformar o custo inicial em equivalentes anuais uniformes ao longo da vida do projeto e finalmente comparar os custos totais equivalentes obtidos das

duas alternativas, ou quantas forem mais. O sistema que apresentar o menos resultado é a melhor opção econômica. Fazer a conversão em equivalentes anuais significa que investir no sistema escolhido representa perder a oportunidade de investir o dinheiro em outra alternativa de mercado.

$$CAE_x = Q [1 / (P/A , i\% , n)]$$

Equação 4

$$CAE_y = Z [1 / (P/A , i\% , n)]$$

Onde,

$[1 / (P/A , i\% , n)]$ - Fator de recuperação de capital para séries uniformes.

O custo anual equivalente total do sistema X será dado por:

$$CAET_x = Q [1 / (P/A , i\% , n)] + q$$

Equação 5

O custo anual equivalente total do sistema Y será:

$$CAET_y = Z [1 / (P/A , i\% , n)] + z$$

Quando os sistemas possuem vidas diferentes é comum avaliar os investimentos num prazo que é o mínimo múltiplo comum entre essas vidas.

Nos métodos usados para determinar o valor da depreciação considera-se que o ativo tenha um custo inicial (P), uma vida útil (N) e, quando houver, um valor residual (L). Se o ativo é mantido por N anos, o custo de manter sua posse será de (P - L), que é o valor da depreciação total do ativo durante sua vida útil.

O três métodos mais usados para incluir o efeito da depreciação no investimento de um sistema são:

(a) Depreciação Linear – é assumido que a depreciação total do ativo é distribuída uniformemente ao longo de sua vida útil. Portanto, o valor anual da depreciação é constante e uniforme e dado por:

$$D = (P - L) / N \quad \text{Equação 6}$$

Para $n = 1, 2, 3, \dots, N$, equivale a parcelas anuais uniformes.

O custo inicial do ativo menos a depreciação acumulada, num dado ano “n” é chamado de valor contábil (B_n), ou seja:

$$B_n = P - n [(P - L) / N] \quad \text{Equação 7}$$

Neste caso, $B_N = L$ é o valor residual ao fim da vida útil do ativo.

(b) Depreciação em Parcelas Decrescentes - neste método a parcela depreciada em cada ano é um percentual fixo do valor contábil do ativo no início daquele ano. O percentual fixo é denotado por f ($0 < f < 1$) e, tem-se:

$$D_n = f B_{n-1} \quad \text{Equação 8}$$

Onde, B_{n-1} é o valor contábil do bem no início do ano n.

A depreciação no primeiro ano é:

$$D_1 = f P$$

$$B_1 = (P - D_1) = (P - f P) = P (1 - f)$$

$$D_2 = f (1 - f) P \quad \rightarrow \text{valor contábil no início do ano 2, final do ano 1.}$$

$$\rightarrow f \text{ (parcela fixa).}$$

$$B_2 = B_1 - D_2 = (1 - f) P - f (1 - f) P = [(1 - f) P] (1 - f) = (1 - f)^2 P \rightarrow$$

$$B_n = (1 - f)^n P \quad \text{Equação 9}$$

$$D_n = B_{n-1} - B_n = (1 - f)^{n-1} P - (1 - f)^n P \quad \rightarrow$$

$$D_n = f(1 - f)^{n-1} P \quad \text{Equação 10}$$

Para equipamentos novos $f \leq 2/N$, e para equipamentos usados $f \leq 1,5/N$ (convenção americana).

O uso desse método resulta em parcelas de depreciação maiores nos anos iniciais da vida do ativo, quando comparado ao método de depreciação linear. Entretanto, como as parcelas são decrescentes pode ocorrer parcelas depreciadas menores do que aquelas do método linear, principalmente se o ativo tiver vida longa e valor residual baixo. Além disso, existe uma restrição para aplicação desse método, não se permite depreciar o ativo depois do instante em que o valor contábil iguala o valor residual.

(c) Depreciação pela Soma dos Dígitos Anuais – assim como o anterior, este também é um método de depreciação acelerada, ou seja, a parcela é depreciada em cada ano.

$$D_n = [N - (n - 1)] (P - L) / S$$

Onde S é a soma dos N primeiros dígitos ou critérios e dado por, $S = N(N + 1) / 2$.

Então, a parcela de depreciação no período N será,

$$B_n = P - D_1 - D_2 - \dots - D_n \quad \text{Equação 11}$$

ANEXO II

Resolução No. 315/1998/ANEEL

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

RESOLUÇÃO Nº 315, DE 01 DE OUTUBRO DE 1998.

Estabelece mudanças no mecanismo de reembolso previsto na sistemática da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC para os Sistemas Isolados, de forma a ser considerado o atendimento 24 horas por dia.

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto na Lei nº 8.631, de 04 de março de 1993, na Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, no Decreto nº 2.335, de 06 de outubro de 1997, e considerando que:

de acordo com o art. 8º da Lei nº 8.631/93, o rateio do custo de consumo de combustíveis para geração de energia elétrica nos sistemas isolados estende-se a todos os concessionários distribuidores o que foi mantido pelo prazo de 15 anos no art. 11, § 3º da Lei nº 9.648/98;

a determinação dos montantes de consumo de combustíveis para pequenas localidades leva em consideração uma limitação no número de horas de funcionamento das usinas termelétricas dessas localidades;

a limitação no reembolso do custo de combustíveis tem restringido a operação das usinas dessas localidades isoladas, o que tem implicado restrições no suprimento de energia elétrica à população resolve:

Art. 1º O cálculo de reembolso da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis - CCC dos Sistemas Isolados considerará o atendimento durante 24 horas diárias, de todas as cargas situadas nos Sistemas Isolados.

Art. 2º Determinar ao Grupo Coordenador para Operação Interligada - GCOI, Comitê Coordenador de Operações Norte/Nordeste - CCON e Grupo Técnico Operacional da Região Norte - GTON, que sejam feitos os ajustes necessários nos montantes de consumo de combustíveis constantes do Plano Anual de Combustíveis para 1998, com a consideração de funcionamento durante as 24 horas, para todas as usinas termelétricas dos sistemas isolados, a partir de outubro de 1998.

Art. 3º Determinar à Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS que o reembolso da CCC dos Sistemas Isolados, a partir de outubro de 1998, seja efetuado com base no novo horário de funcionamento das usinas.

Art. 4º Esta Resolução entra em vigor na data da sua publicação.

JOSÉ MÁRIO MIRANDA ABDO

ANEXO III

Catálogos FORD

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
TECHNICAL SPECIFICATION
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

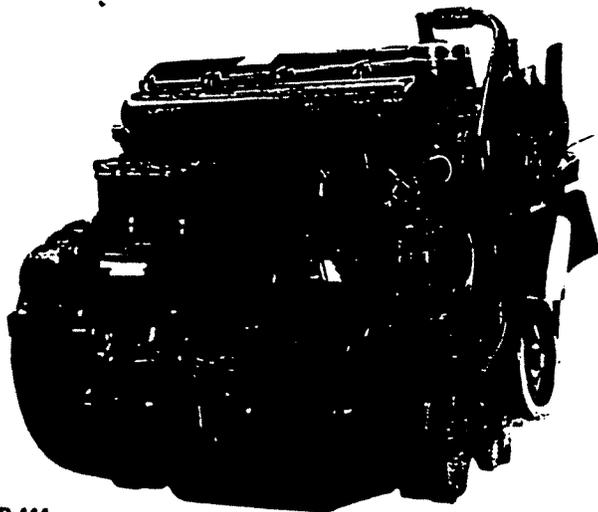
MODELOS
MODELS
MODELOS

333 H
442 - 444
444 T - 444 H
666 H - 666 HT
578 HT - 678 HTA
TL - 678 HTA(NH)

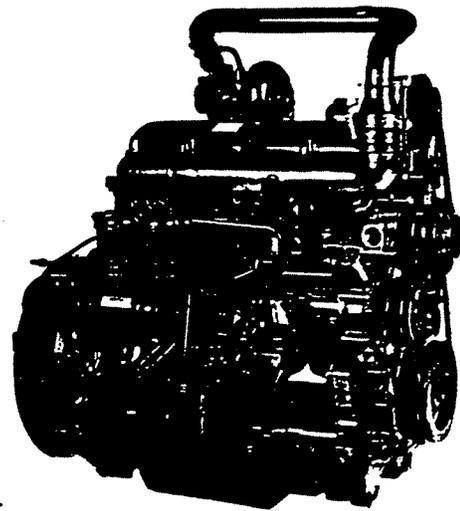
MOTORES DIESEL
DIESEL ENGINES
MOTORES DIESEL



Diesel



BSD 444

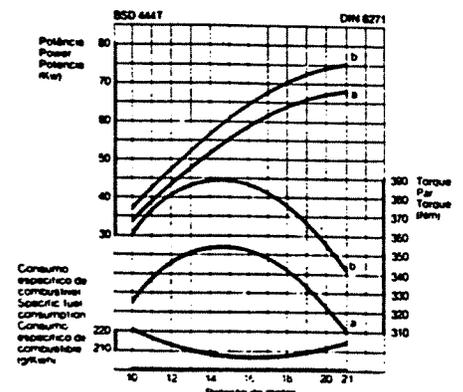
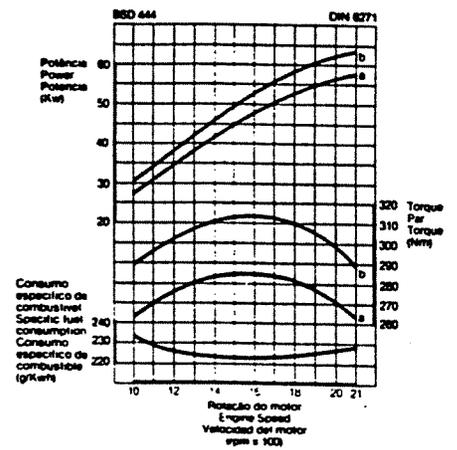


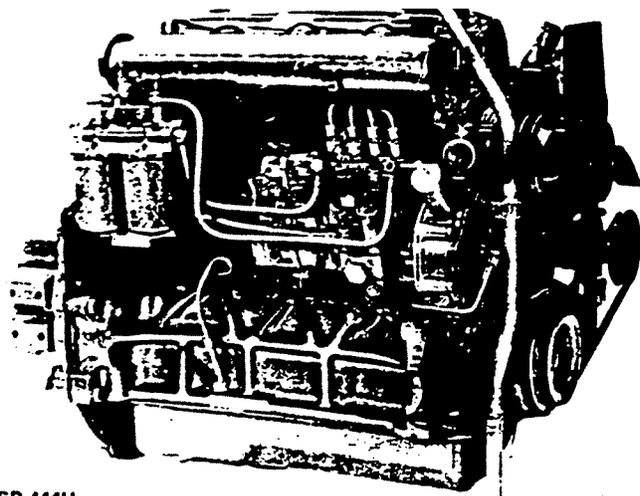
BSD 444T

Modelo	BSD 444	BSD 444T	
Modelo			
Numero de cilindros Number of cylinders Numero de cilindros		4	
Modo de aspiração Type of aspiration Modo de aspiración	Natural	Turboalimentado. Turbocharged Turboalimentado	
Modo de bomba injetora Injection pump type Modo de bomba de inyección		CAV rotativa CAV rotary CAV giratoria	
Cilindrada Displacement Cilindrada	litros litros	4,4	
Relação de compressão Compression ratio Relación de compresión	16,3 : 1	15,8 : 1	
Diâmetro do cilindro Bore Calibre del cilindro	mm	111,76	
Curso do pistão Stroke Carrera del pistón	mm	111,76	
Forma de referência de potência Reference power standard Forma de referencia de potencia		DIN 6271	
Potência - contínua - a Power - continuous - a Potencia - continua - a	Kw(cv)/a/at rpm	58,7(8,0)/2100	68,5(93,1)/2100
Torque - contínuo - a Torque - continuous - a Par - contínuo - a	Nm(mkgf)/a/at rpm	284(28,9)/1600	354(36,1)/1500
Potência - intermitente - b Power - intermittent - b Potencia - intermitente - b	Kw(cv)/a/at rpm	63,5(86,3)/2100	75,5(102,6)/2100
Torque - intermitente - b Torque - intermittent - b Par - Intermitente - b	Nm(mkgf)/a/at rpm	313(31,9)/1600	389(39,7)/1500
Dimensões e pesos com volante, carcaça, alternador, motor de partida e ventilador. Dimensions and weights with flywheel, housing, alternator, starter and fan Dimensiones y pesos con rueda volante, cubierta, alternador, motor de arranque y ventilador			
Altura Height Altura	mm	814	851
Largura Width Anchura	mm		637
Comprimento Length Longitud	mm	889	913
Peso Weight Peso	Kg	428	466

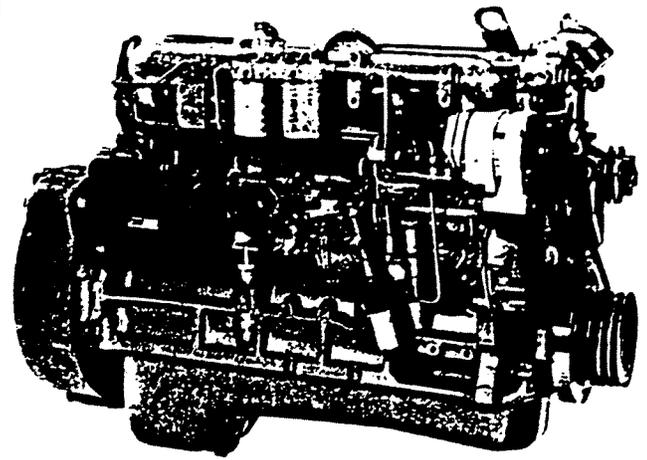
Obs: A carcaça de volante SAE 3 e o ventilador soprante mostrados nas fotos são opcionais.

Curvas de potência
Power curves
Curvas de potencia



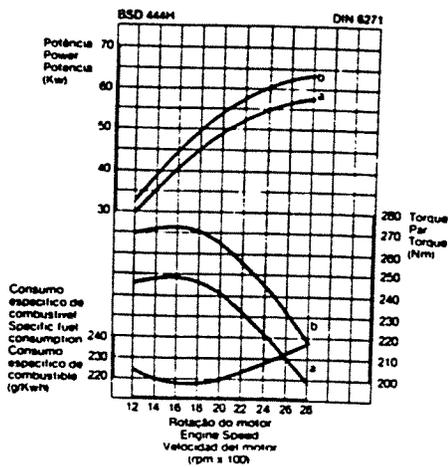


BSD 444H



BSD 666H

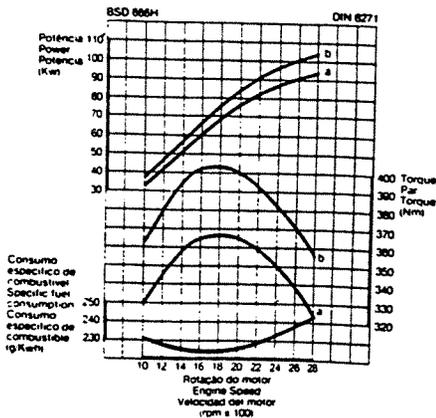
Curvas de potência
Power curves
Curvas de potencia



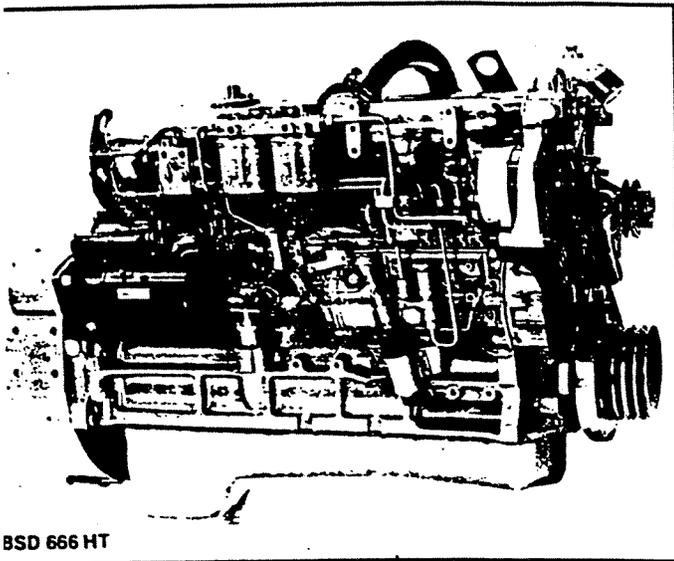
Consumo específico de combustível
Specific fuel consumption
Consumo específico de combustible
g/Kwh

Rotação do motor
Engine Speed
Velocidad del motor
(rpm x 100)

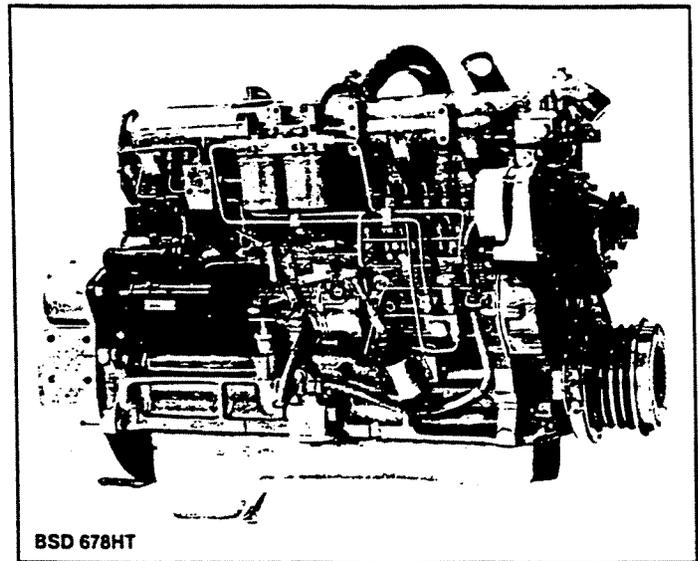
Modelo Model Modelo	BSD 444H	BSD 666H
Numero de cilindros Number of cylinders Numero de cilindros	4	6
Tipo de aspiração Type of aspiration Tipo de aspiracion	Natural	
Tipo de bomba injetora Injection pump type Tipo de bomba de inyección	Bosch em linha Bosch in-line Bosch en linea	
Tipo de regulador da bomba Pump governor type Tipo de regulador de la bomba	Bosch RSV	Bosch ROV
Cilindrada Displacement Cilindrada	litros litros 4.4	litros litros 6.6
Taxa de compressão Compression ratio Relacion de compression	17.5:1	
Diâmetro do cilindro Bore Calibre del cilindro	mm 111.76	
Curso do pistão Stroke Carrera del pistón	mm 111.76	
Norma de referência de potência Reference power standard Norma de referencia de potencia	DIN 6271	
Potência - contínua - a Power - continuous - a Potencia - continua - a	Kw/cv/rat rpm	58.5(79.5)/2800 95(129.2)/2800
Torque - contínuo - a Torque - continuous - a Par - continuo - a	Nm(mkgf)/at rpm	249(25.4)/1500 368(37.5)/1700
Potência - intermitente - b Power - intermittent - b Potencia - intermitente - b	Kw/cv/rat rpm	64(87)/2800 105(142.8)/2800
Torque - intermitente - b Torque - intermittent - b Par - intermitente - b	Nm(mkgf)/at rpm	274(27.9)/1500 405(41.3)/1700
Dimensões e pesos com volante, carcaça, alternador, motor de partida e ventilador. (BSD 444H somente) Dimensions and weights with flywheel, housing, alternator, starter and fan. (BSD 444H only) Dimensiones y pesos con rueda volante, cubierta, alternador y motor de arranque. (BSD 444H solamente)		
Altura Height Altura	mm	764 938.5
Largura Width Anchura	mm	716 796.3
Comprimento Length Longitud	mm	914 1200.1
Peso Weight Peso	Kg	439 626.3



Obs.: A carcaça de volante SAE 3 e a bomba hidráulica acionada por correia mostradas na foto do motor BSD 444H são opcionais.
Note: The SAE 3 flywheel housing and the belt driven hydraulic pump shown in the BSD 444H engine picture are options.
Nota: La cubierta de la rueda volante SAE 3 y la bomba hidráulica accionada por correa mostradas en la foto del motor BSD 444H son opcionales.



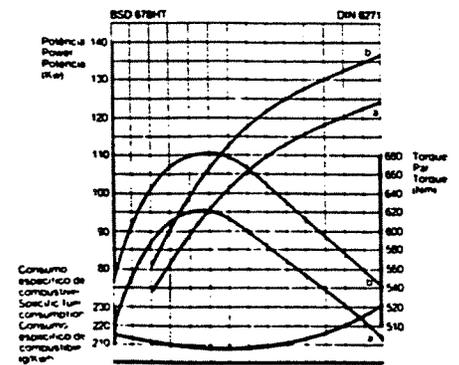
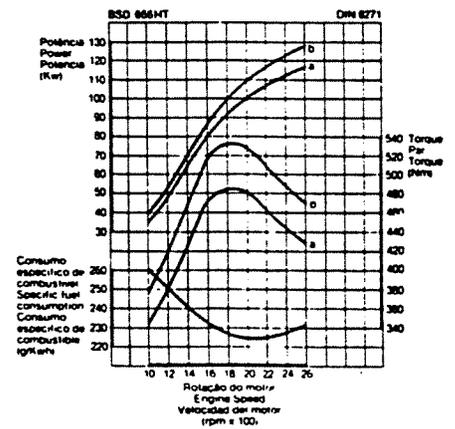
BSD 666 HT



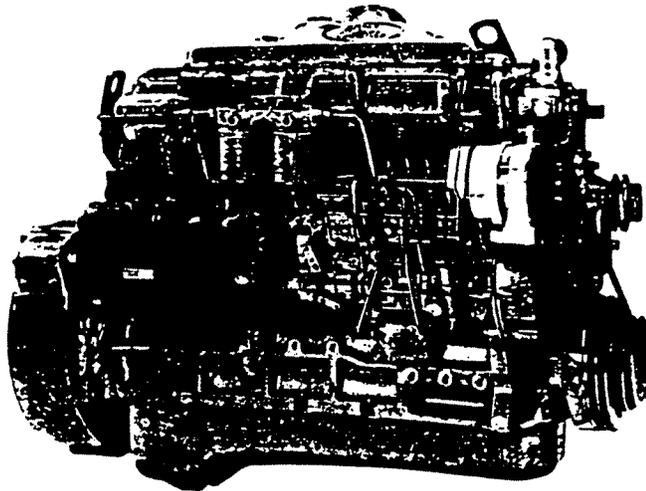
BSD 678 HT

Modelo Model Modelo	BSD 666HT	BSD 678HT
Numero de cilindros Number of cylinders Numero de cilindros	6	
tipo de aspiração Type of aspiration tipo de aspiración	Turboalimentado Turbocharged Turboalimentado	
tipo de bomba injetora Injection pump type tipo de bomba de inyección	Hösch em linha Hösch in line Hösch en línea	
tipo de regulador da bomba Pump governor type tipo de regulador de la bomba	Bosch ROV	
Cilindrada Displacement Cilindrada	litros liters litros	6,6
Taxa de compressão Compression ratio Taxa de compresión		16,0:1
Diâmetro do cilindro Bore Diámetro del cilindro	mm	111,76
Curso do pistão Stroke Curso del pistón	mm	111,76
Norma de referência de potência Reference power standard Norma de referencia de potencia	DIN 6271	
Potência contínua Power continuous Potencia continua	kW/cv a 1 rpm	117/159 1/2500
Torque contínuo Torque continuous Par contínuo	Nm/mkgf a 1 rpm	484/49 4/1800
Potência intermitente Power intermittent Potencia intermitente	kW/cv a 1 rpm	128/174 1/2600
Torque intermitente Torque intermittent Par intermitente	Nm/mkgf a 1 rpm	532/54 2/1800
Dimensões e pesos com volante, carcaça, alternador e motor de partida Dimensions and weights with flywheel, housing, alternator and starter Dimensiones y pesos con rueda volante, cubierta, alternador y motor de arranque		
Altura Height Altura	mm	986,3
Largura Width Anchura	mm	861,3
Comprimento Length Longitud	mm	1200,1
Peso Weight Peso	Kg	649,3

Curvas de potência
Power curves
Curvas de potencia



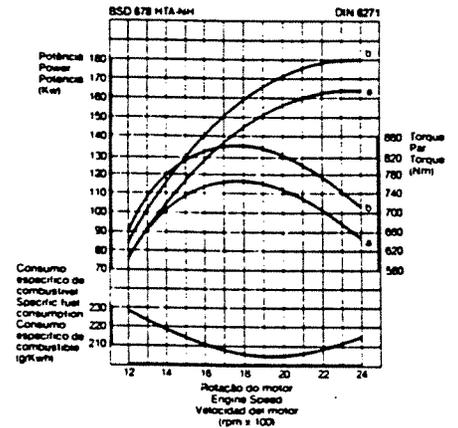
Obs: Os motores BSD 666HT e 678HT podem ser também fornecidos em versões NH com regulador BOSCH RSV e potências intermitentes respectivamente de 123 kW (163 cv) e 140 kW (190 cv) a 2500 rpm.
Note: The BSD 666HT and 678HT can also be supplied in NH versions with BOSCH RSV governors and intermittent powers.



BSD 678HTA (NH)

Modelo Model Modelo	BSD 678HTA - NH	
Numero de cilindros Number of cylinders Numero de cilindros	6	
Tipo de aspiração Type of aspiration Tipo de aspiracion	Turbo-pos-resfriado (ar-agua) Turbo-jacket water aftercooled Turbo-pos resfriado(ar-agua)	
Tipo de bomba injetora Injection pump type Tipo de bomba de inyeccion	Bosch em linha Bosch in-line Bosch en linea	
Tipo de regulador da bomba Pump governor type Tipo de regulador de la bomba	Bosch RSV	
Cilindrada Displacement Cilindrada	litros liters litros	7.8
Taxa de compressão Compression ratio Relacion de compression	16.7:1	
Diametro do cilindro Bore Calibre del cilindro	mm	111.76
Curso do pistão Stroke Carrera del piston	mm	132.1
Norma de referência de potência Reference power standard Norma de referencia de potencia	DIN 6271	
Potência - continua - a Power - continuous - a Potencia - continua - a	Kw(cv)/a/at rpm	66(225.7)/2400
Torque - continuo - a Torque - continuous - a Par - continuo - a	Nm(mkgf)/a/at rpm	772(78.7)/1800
Potência - intermitente - b Power - intermittent - b Potencia - intermitente - b	Kw(cv)/a/at rpm	182(247.4)/2400
Torque - intermitente - b Torque - intermittent - b Par - intermitent - b	Nm(mkgf)/a/at rpm	844(86.1)/1800
Dimensões e pesos com volante, carcaça, alternador e motor de partida. Dimensions and weights with flywheel, housing, alternator and starter Dimensiones y pesos con rueda volante, cubierta, alternador y motor de arranque		
Altura Height Altura	mm	1024
Largura Width Anchura	mm	865
Comprimento Length Longitud	mm	1227
Peso Weight Peso	Kg	727.3

Curvas de potência
Power curves
Curvas de potencia



Estes motores estão em conformidade com os limites de emissão vigentes regulamentados pelo PROCONVE "Programa de Controle da Poluição do Ar em Veículos Automotores" da CETESB.

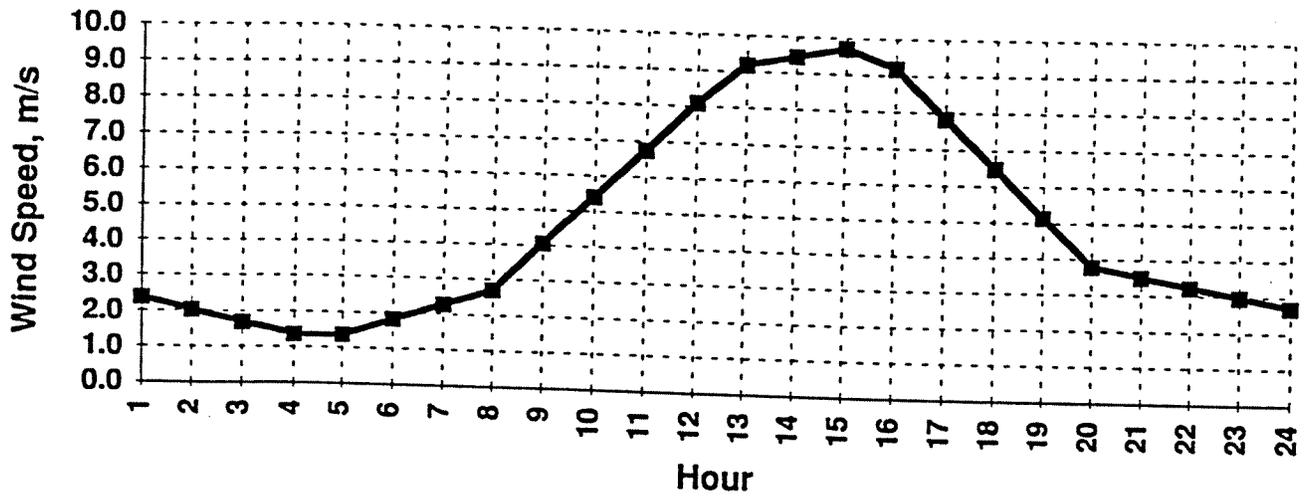
OBS: os desenhos, materiais e/ou especificações desta publicação estão sujeitos a alterações sem aviso previo.
Note: product drawings, materials and/or specifications in this publication are subject to change without previous notice.
Nota: los dibujos, materiales y/o especificaciones de esta publicación están sujetas a alteraciones sin previo aviso.

Ford New Holland
São Bernardo do Campo, SP, BRASIL

ANEXO IV

Distribuição Diária da Velocidade dos Ventos na Região de Campinas/AM

Diurnal Wind Speed Distribution Campinas, Amazonas; $V_{ave.} = 4.7 \text{ m/s}$



ANEXO V

Catálogo SOLAREX

MSX-64 and MSX-60 Photovoltaic Modules



SOLAREX

An Amoco Company

The MEGA™ SX-64 and -60 are the most powerful Solarex's MEGA™ series of photovoltaic (solar-electric) modules, a product line which is the culmination of 20 years of extensive research in semicrystalline silicon photovoltaics. With over 3 amperes current at peak power, these are the highest-current commercial PV modules in the world, and generate that current at a voltage high enough to charge batteries efficiently in virtually any climate.

series/parallel combinations as required to meet current and voltage requirements. As single-module arrays, they may be mounted on a variety of surfaces using an optional bracket kit or by means of user-fabricated support hardware. Solarex also offers hardware for supporting multiple-module arrays.

These modules are well-suited for virtually all applications where photovoltaics are a feasible energy source, including telecommunications systems, pumping and irrigation, cathodic protection, remote villages and clinics, aids to navigation—in short, all but the smallest of photovoltaic systems.

HIGH CURRENT POWER AND VOLTAGE

The MEGA™ SX-64 and -60 boast the highest peak-power current outputs—3.66A and 3.5A respectively—of any standard modules. They deliver that current at a voltage high enough to charge batteries efficiently, and retain that voltage excellently in hot climates, as shown by the temperature coefficients and I-V curves in this publication.

- Fabricated from large-area (11.4 cm x 11.4 cm) antireflective-coated semicrystalline silicon solar cells;
- Higher current means fewer modules required for given output, less balance-of-system cost.

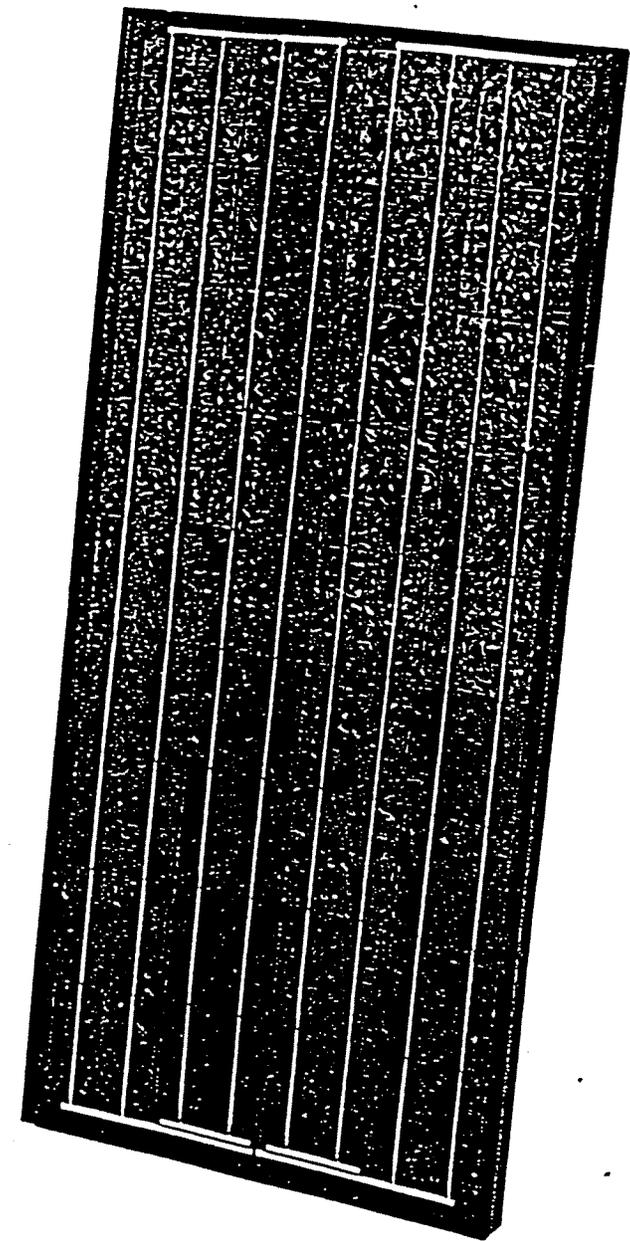
INDIVIDUALLY TESTED AND LABELED— 20 YEAR WARRANTY

It is inherent in all photovoltaic manufacturing processes that the electrical characteristics of finished modules vary slightly from one unit to another. The electrical characteristics listed in this sheet are those of typical, or production-average, units.

However, unlike any other manufacturer, Solarex tests each finished module in a solar simulator and labels it with its actual output—peak power, and voltage and current at peak power—at STC. In addition to providing a user with exact specifications, this allows Solarex to enforce tighter tolerances on the power output of its modules than any other PV manufacturer.

Furthermore, each module is covered by our industry-leading twenty-year limited warranty, which guarantees

- that no module will generate less than its guaranteed minimum power when purchased



These modules may be used in single-module arrays or deployed in multiple-module arrays, wired in

- continued power (at least 80% of guaranteed minimum) for twenty years.

Contact Solarex's Marketing Department for full terms and limitations of this unparalleled warranty.

EQUAL VOLTAGE CAPABILITY

These modules consist of 36 semicrystalline silicon solar cells electrically configured as two series strings of 18 cells each.

- Strings may be placed in series or in parallel in the field, providing 6V or 12V nominal output, by moving leads in the junction box.
- Allows simple installation of blocking or bypass diodes on 18-cell strings.

LARGE, EASY-TO-USE JUNCTION BOX

All cell strings terminate in a weatherproof junction box mounted on the back of the module.

- Junction box materials: impact-resistant, high-dielectric strength molded thermoplastic resin.
- Large enough for easy connection and manipulation of wiring and diodes. Solarex's Solarstate™ regulator can also be directly attached.
- Terminals accept a wide range of connectors or bare wires.
- Cover screws are captive, not easily lost.
- Industry standard openings accept english 1/2" nominal or metric PG 13.5 cable or conduit fittings

PROVEN MATERIALS AND CONSTRUCTION

The materials used in these modules reflect Solarex's extensive experience with hundreds of thousands of solar modules and systems installed in virtually every climate on Earth. Founded in 1973, Solarex is the pioneer in terrestrial photovoltaic systems and the use of semicrystalline silicon for solar cells, and has invested the resources necessary to prove its materials, processes, and products.

- Semicrystalline silicon solar cells: efficient, attractive, stable.
- Patented titanium dioxide cell AR (antireflective) coating for optimum optical coupling and maximum efficiency at all light levels.
- Modules are rugged and weatherproof; cell strings are laminated between sheets of ethylene vinyl acetate (EVA) and tempered glass.
- Tempered glass superstrate: self-cleaning, highly transmissive (low iron content), inert, impact-resistant.
- Proven cell interconnection technique and matched thermal coefficient of expansion of glass and cells ensure electrical integrity in severe temperature ranges.

- Framed with corrosion-resistant, bronze-anodized extruded aluminum: strong, attractive framing compatible with Solarex mounting hardware and a broad range of other mounting structures.

SAFETY APPROVED

The MSX-64 and -60 modules are listed by Underwriter's Laboratories for electrical and fire safety (class "C" fire rating) and are approved by Factory Mutual Research for application in NEC Class 1, Division 2, Group D hazardous locations.



OPTIONS

- Protective aluminum backplate
- Mounting hardware kits
- Solarstate™ voltage regulator
- Marine-climate (NEMA-4X) junction box

RELIABILITY AND ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

These modules are subjected to intense quality control during manufacture and to rigorous testing before shipment. They meet or exceed CEC and JPL Block V test criteria, including the following tests:

- Repetitive cycling between -40°C and 90°C;
- Repetitive cycling between -40°C and 85°C at 85% relative humidity;
- Wind loading exceeding 125 mph;
- Surface withstands impact on one-inch hail at terminal velocity (52 mph) without breakage.

VARIABLES AFFECTING PERFORMANCE

The performance of typical MEGA SX-64 and -60 modules is described by the I-V curves and electrical characteristics table on the next page. Each module's actual, tested output characteristics are printed on its label.

The current and power output of photovoltaic modules are approximately proportional to illumination intensity. At a given intensity, a module's output current and operating voltage are determined by the characteristics of the load. If that load is a battery, the battery's internal impedance will dictate the module's operating voltage. An I-V curve is simply all of a module's possible operating points (voltage/current combinations) at a given cell temperature and light intensity. Increases in cell temperature increase current but decrease voltage.

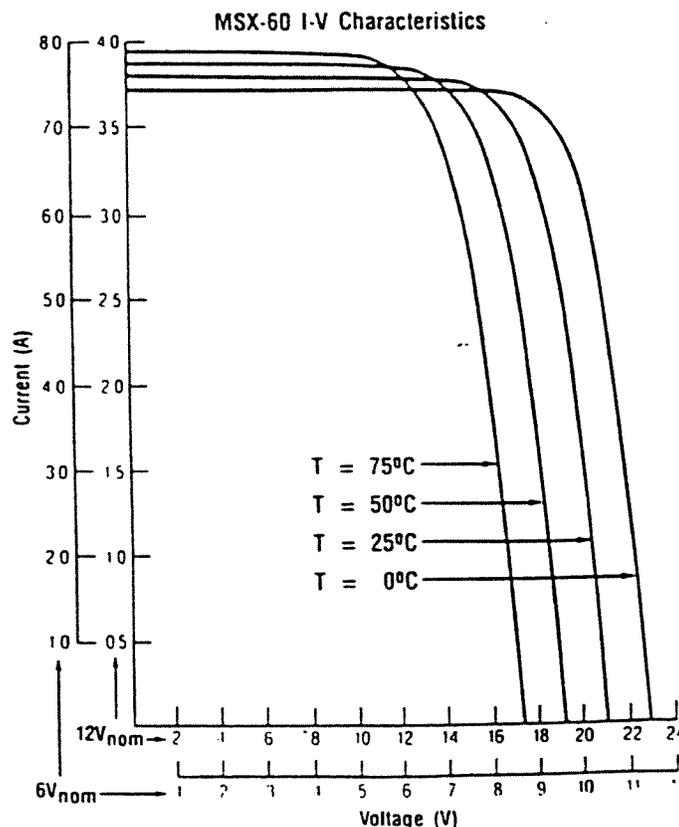
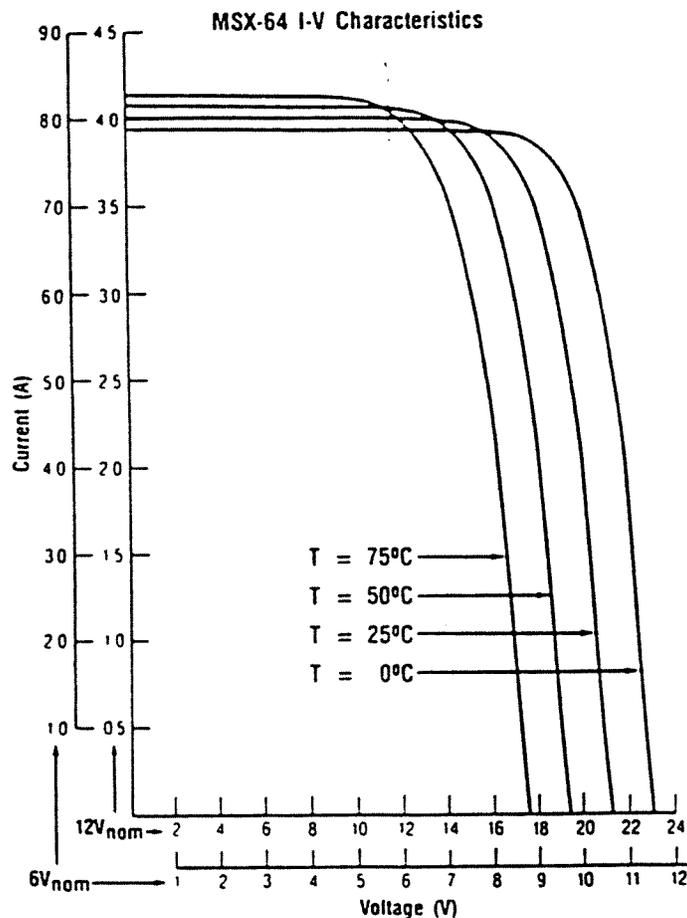
TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾

12 VOLT CONFIGURATION⁽²⁾

	MSX-64	MSX-60
Typical peak power (Pp)	64W	60W
Voltage @ peak power (Vpp)	17.5V	17.1V
Current @ peak power (Ipp)	3.66A	3.5A
Guaranteed minimum peak power	62W	58W
Short-circuit current (Isc)	4.0A	3.8A
Open-circuit voltage (Voc)	21.3V	21.1V
Temperature coefficient of open-circuit voltage	-3 mV/°C	-3 mV/°C
Temperature coefficient of short-circuit current	3 mA/°C	3 mA/°C
Approximate effect of temperature on power	-0.38%/°C	-0.38%/°C
NOCT ⁽³⁾	49°C	49°C

Notes:

- (1) These data represent the performance of typical modules as measured at their output terminals, and do not include the effect of such additional equipment as diodes and cabling. The data are based on measurements made at Standard Test Conditions (STC) which are:
 - Illumination of 1 kW/m² (1 sun) at spectral distribution of AM 1.5
 - Cell temperature of 25°C or as otherwise specified (on curves)
- (2) Electrical characteristics of modules wired in the nominal 6V configuration may be found by using the 6V scales on the I-V curves. For more exact values, divide the 12V voltage characteristics in the table by 2 and multiply the 12V current characteristics by 2. Power values are unchanged.
- (3) Under nearly all climatic conditions, the solar cells in an operating module are hotter than the ambient temperature, a fact which must be considered when reading module data. NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) is an indication of this temperature rise, and is the cell temperature under Standard Operating Conditions: ambient temperature of 20°C, solar irradiation of 0.8 kW/m² and average wind speed of 1 m/s.

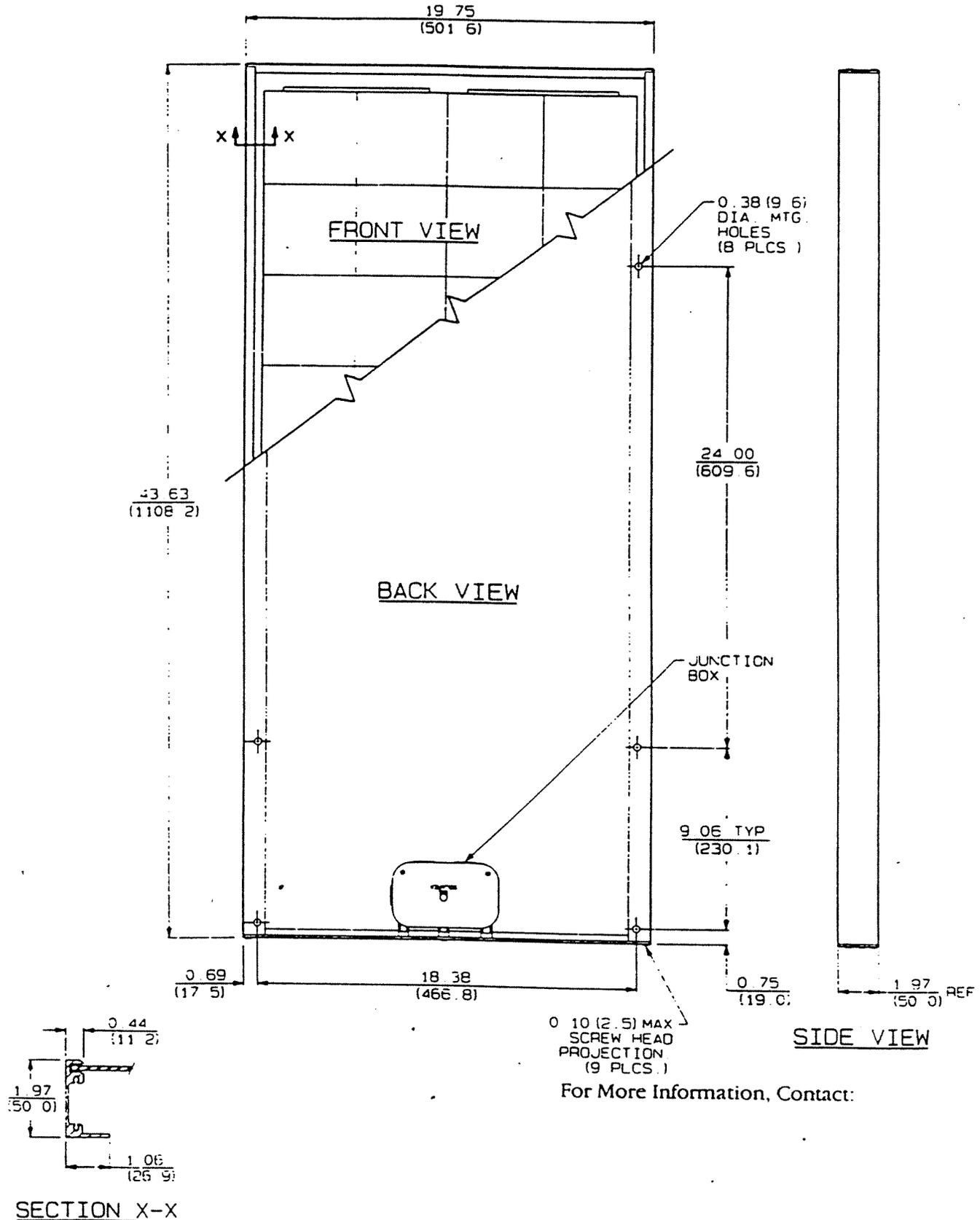


MECHANICAL CHARACTERISTICS

1EGA SX-64 and -60 are mechanically identical, differing only in electrical output.

Weight: 15.9 pounds (7.2 kg)

Dimensions: Dimensions in brackets are in millimeters
Unbracketed dimensions are in inches

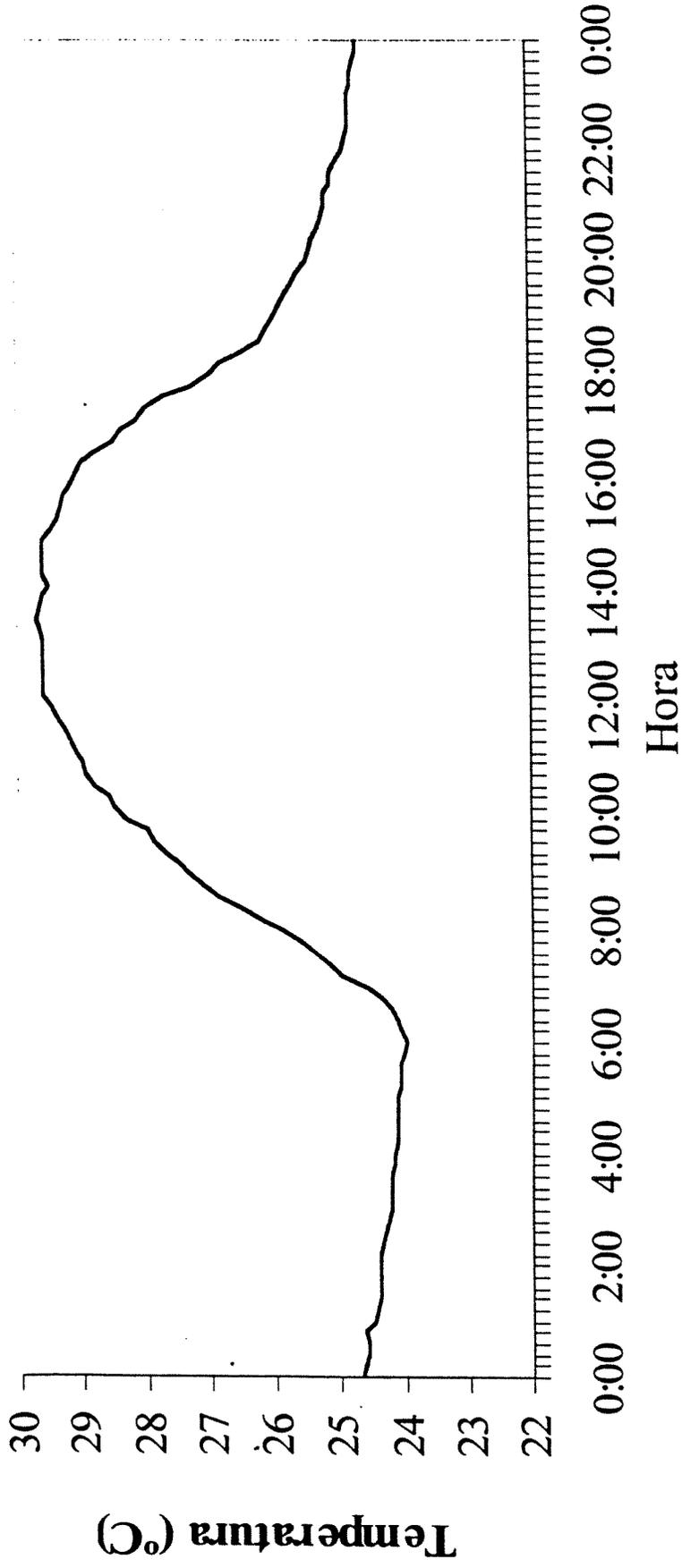


For More Information, Contact:

ANEXO VI

Curva do Perfil da Temperatura Média Diária da Região de Campinas

Perfil do dia médio - Temperatura Ambiente (out./95-jun./96)



Fonte: CEPEL, 1995.

Temperatura Média = 26° C

ANEXO VII

Cálculo do Dimensionamento da Fábrica de Gelo para Campinas

I - Penetração de Calor pelas Paredes do Container (Q_{paredes}).

Taxa de troca de calor entre o interior do container e o meio, em um intervalo de tempo de oito horas.

$$Q_{\text{paredes}} = T_o \times A \times U \cdot \Delta T$$

Onde,

T_o - tempo de reposição do gelo.

A - área da superfície lateral externa do container = $6,2 \text{ m}^2$

U - coeficiente global de troca térmica entre o interior do container e o meio ambiente.

ΔT - variação entre a temperatura no interior do container e a temperatura média do meio ambiente.

$U \cdot \Delta T = 5 \text{ kcal} / \text{m}^2 \text{ h}$, de acordo com COSTA (1976).

Logo:

$$Q_{\text{paredes}} = 8 \text{ h} \times 6,2 \text{ m}^2 \times 5 \text{ kcal} / \text{m}^2 \text{ h} \Rightarrow$$

$$Q_{\text{paredes}} = 248 \text{ kcal.}$$

O cálculo seguinte refere-se a quantificação da perda da temperatura quando se abre a tampa do container, pois a infiltração de ar provoca uma troca de calor alterando a temperatura interna, e esta precisa ser recuperada.

II - Infiltração de Ar ao Abrir a Tampa do Container (Q_{tampa}).

$$Q_{\text{tampa}} = V \times (\rho_{\text{ar}} \times \Delta h_{\text{ar}})$$

Onde,

V - entrada aproximada de ar em 8 horas = 5 m^3 , de acordo com COSTA (1976).

$(\rho_{\text{ar}} \times \Delta h_{\text{ar}}) = 26 \text{ kcal} / \text{m}^3$, também de acordo com COSTA (1976).

Então,

$$Q_{\text{tampa}} = 5 \text{ m}^3 \times 26 \text{ kcal} / \text{m}^3 \Rightarrow$$

$$Q_{\text{tampa}} = 208 \text{ kcal.}$$

Também é preciso determinar a quantidade de calor necessária para congelar o produto (diretamente ligada a necessidade de energia).

III - Calor do Produto (Q_p)

$$Q_p = 250 \text{ kg} \times c_{\text{px}} \times (T_a - T_i)$$

Onde,

c_{px} - calor específico do peixe = $0,82 \text{ kcal} / \text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$, conforme COSTA (1976).

T_i - temperatura de conservação do produto, admiti-se 0°C .

T_a - temperatura média do meio ambiente, adotando o pior caso, ou seja, a média das máximas na região, igual a 37° .

Portanto,

$$Q_p = 250 \text{ kg} \times 0,82 \text{ kcal} / \text{kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 37^\circ \text{C} \Rightarrow$$

$$Q_p = 7.585 \text{ kcal.}$$

E, finalmente, determina-se o calor total resfriado do sistema (temperatura necessária para manter o produto congelado), mantida por um período de oito horas, sem reposição do gelo para este fim.

IV - Calor Total para os Containers em oito horas (Q)

Consideram-se as perdas de 10% na desmoldagem, 15% por armazenagem de 12 a 16 horas e 8% por transporte, portanto a perda total seria o somatório de todas estas perdas, resultando em 133 %.

Calor Total por Container:

$$Q_{1c} = 1,33 \times (Q_{paredes} + Q_{tampa} + Q_p) \Rightarrow$$

$$Q_{1c} = 44.748 \text{ kJ / dia.}$$

Calor Total nos Quatro Containeres:

$$Q_{4c} = 178.983 \text{ kJ / dia.}$$

ANEXO VIII

Dados de Receitas e Despesas da Concessionária de Energia do Amazonas/CEAM

DADOS DO SISTEMA DA CEAM

(SEM CCCI)

AGÊNCIAS	DESPESA	RECEITA	DEFICIT	GERAÇÃO	CUSTO (R\$/MWh)
PARINTINS	6 580 461,99	3 411 883,87	3 168 578,11	30 588,32	215,13
ITACOATIARA	8 465 822,61	4 595 207,52	4 870 415,09	40 785,61	232,08
MANACAPURU	6 217 072,90	3 245 898,16	2 971 074,74	32 179,37	193,20
BARREIRINHA	598 353,33	284 332,51	332 020,82	2 388,80	249,64
COARÍ	- 2 635 826,70	1 446 819,24	1 189 007,46	13 890,54	189,76
MAUES	- 2 422 889,29	1 287 890,97	1 135 208,32	11 096,04	218,32
HUMAITÁ	3 044 620,32	1 580 387,36	1 464 232,96	13 023,55	233,78
URUCARÁ	755 958,83	357 887,67	397 961,16	3 210,97	236,43
B. CONSTANT	-1 672 270,57	729 332,62	942 937,75	7 783,78	214,84
TEFÉ	4 531 102,22	2 497 357,07	2 033 745,15	24 688,82	183,89
MANICORÉ	- 1 726 827,40	839 854,59	898 972,81	7 785,36	221,80
AUTAZES	983 781,63	549 408,44	414 373,19	5 187,68	185,43
CODAJÁS	1 058 418,66	522 486,18	533 932,48	5 389,67	198,98
EIRUNEPE	1 543 307,28	727 834,42	815 472,81	6 920,50	236,68
N. O. NORTE	925 828,98	403 228,61	518 401,37	4 252,06	216,75
AT. DO NORTE	412 984,17	158 728,88	264 255,29	1 487,58	277,68
BARCELOS	656 713,23	342 267,65	314 445,68	3 079,70	213,24
LÁBREA	1 942 868,89	857 214,69	995 654,21	8 805,60	220,64
S.P. OLIVENÇA	580 728,32	253 686,55	337 041,77	2 480,52	238,15
ST.A. DO IÇÁ	490 851,52	249 374,24	250 477,28	2 504,80	199,58
CARAÚARI	1 511 298,04	727 156,28	784 139,78	6 658,97	226,96
FONTE BOA	583 893,52	282 615,18	301 273,34	2 748,90	216,05
B. DO ACRE	1 951 445,87	889 844,24	1 081 801,63	8 559,76	227,98
S. G. CACHOEI	1 450 448,92	778 016,67	672 432,25	7 314,81	188,29
ITAPIRANGA	533 050,54	223 854,39	309 196,15	2 001,61	286,31
ANDRI	722 254,78	324 765,10	397 489,66	3 078,44	234,52
SILVES	394 370,00	133 428,33	260 941,67	1 355,71	290,80
VL. A. M. NEGRO	66 408,89	14 714,45	51 694,44	175,22	370,00
NHAMUNDA	629 412,25	264 913,62	364 498,63	2 450,64	258,84
TABATINGA	3 404 289,06	1 689 128,32	1 715 160,74	16 199,87	210,14
N. ARIPUANÁ	785 421,48	398 270,44	409 161,02	3 228,23	246,32
BORÉA	1 299 552,58	607 408,65	692 143,93	5 780,82	224,80
STA. I. R. NEGRO	450 696,58	163 934,76	288 761,82	1 522,00	286,12
JUTAI	546 413,19	207 829,88	338 583,31	2 803,28	194,82
NOVO AIRÃO	627 458,38	297 736,00	329 722,38	2 638,20	221,08
PIXUNA	415 922,65	140 948,30	274 974,35	1 446,73	287,49
ENVIRA	419 105,30	155 898,87	263 236,63	1 708,57	245,15
CLUCUI	220 121,97	48 320,05	171 801,92	454,90	483,89
JAPURÁ	45 017,63	3 923,43	41 094,18	46,07	936,50
MARÁ	313 362,39	116 389,08	198 973,36	1 281,85	248,38
JURUÁ	247 279,26	99 435,85	147 843,41	826,25	266,87
TAPAUÁ	512 392,31	219 330,21	293 062,10	2 393,96	214,04
CANUTAMA	471 548,48	198 984,66	272 553,80	1 885,77	237,46
PAUINI	414 284,37	164 593,78	249 700,59	1 800,08	250,15
CAREIRO	569 993,46	123 971,61	448 021,85	1 247,03	457,08
AMATURÁ	411 623,28	162 830,75	248 792,53	1 809,61	255,73
E. EQUADOR	179 807,60	29 692,63	149 014,97	267,28	671,88
PALMEIRAS	189 353,89	28 058,74	161 293,95	296,43	638,76
UPIRANGA	181 748,90	28 495,34	153 253,56	314,19	578,58
V. BITENCOURT	194 446,54	37 067,98	157 378,56	317,77	611,91
IAUARETÉ	248 570,82	37 009,48	211 567,34	440,45	564,36
S. S. UATUMÁ	429 773,01	147 128,64	282 644,37	1 561,70	275,20
TONANTINS	359 713,85	85 239,02	274 474,82	1 384,82	259,75
ALVARÊS	373 155,71	134 493,76	238 661,95	1 345,80	277,27
BERURI	369 362,35	142 504,19	226 858,16	1 330,43	277,83
CAAPIRANGA	271 560,43	81 667,28	189 893,17	897,19	302,70

Tabela 2.1

AGENCIAS	DESPESA	RECEITA	DEFICIT	GERAÇÃO	CUSTO(R\$MVA)
UARINI	258 915,98	74 786,60	184 129,38	668,10	380,46
URUCURITUBA	548 893,82	241 439,77	307 453,85	2 367,54	231,84
PEDRAS	90 158,68	15 139,70	75 018,98	197,97	455,42
ANAMA	281 702,21	116 165,02	165 537,19	1 011,13	278,60
ITAMARATY	265 161,45	71 774,47	193 386,98	998,23	285,37
CASTANHO	1 203 119,52	393 928,83	809 184,69	3 969,40	308,10
R. P. DA EVA	418 166,94	375 817,70	42 349,24	2 886,00	145,91
LIMDEIRO	216 456,73	71 159,66	145 297,07	1 093,58	197,93
BOA V. RAMOS	410 133,38	129 511,35	288 622,04	1 196,18	342,87
IRANDUBA	3 576 582,69	1 907 688,99	1 670 893,70	20 006,50	178,85
MANAQUIRI	358 260,08	157 507,12	200 752,96	1 420,32	252,24
P. FIGUEIREDO	390 098,18	691 687,97	(311 621,71)	5 075,00	74,89
APUI	774 678,76	349 312,19	425 366,57	2 958,00	261,80
CAMPINAS	87 958,08	6 639,49	81 318,60	72,27	1 217,08
CAIAMBÉ	72 413,94	10 136,90	62 277,04	126,79	571,13
CAVIANA	92 875,64	19 549,88	73 325,76	184,91	502,27
MURITUBA	48 992,89	4 966,75	44 026,14	44,14	1 109,94
GUAJARA	346 033,61	99 272,06	247 761,55	1 088,33	315,05
MOCAMBO	129 762,23	13 712,34	116 049,89	236,90	547,75
B. SOLIMÕES	133 743,27	18 830,18	114 913,09	222,73	600,47
ITAPEACÚ	101 239,22	12 041,89	89 197,33	142,36	711,15
CAMETA	109 713,82	13 571,45	96 142,47	131,99	831,23
CABURI	95 609,73	13 331,54	82 278,24	183,11	522,14
SACAMBÚ	44 501,18	3 780,90	40 720,28	62,80	708,62
PURAQUEQUARA	14 488,29	43 628,32	-29 141,03	384,00	39,80
TOTAL GERAL	60 113 247,64	38 456 794,91	41 656 452,73	353 548,03	220,36

Cont.tabela 2.1

(COM CCC)

AGÊNCIAS	DESPESA	RECEITA	DEFICIT	GERAÇÃO	CUSTO (R\$M/m)
PARINTINS	4 737 932,63	3 411 883,87	1 326 048,76	30 588,92	154,89
ITACOATIARA	5 868 888,02	4 595 207,52	1 273 478,50	40 785,81	143,89
MANACAPURU	4 041 097,39	3 245 998,16	795 098,23	32 179,37	125,58
BARREIRINHÁ	405 520,26	264 332,51	141 187,75	2 388,90	169,75
COARÍ	1 792 382,16	1 446 819,24	345 542,92	13 890,54	129,03
MAUES	1 847 564,72	1 287 680,87	359 883,75	11 099,04	148,46
HUMAITÁ	2 070 341,82	1 580 387,36	489 954,46	13 028,55	158,97
URUGARÁ	514 052,00	357 997,67	156 054,33	3 210,97	160,09
B. CONSTANT	1 204 034,67	729 332,62	474 702,05	7 783,78	154,89
TEFÉ	3 171 771,55	2 497 357,07	674 414,48	24 666,82	128,58
MANICORÉ	1 174 242,63	639 854,59	334 388,04	7 785,38	150,83
AUTAZES	655 971,51	549 408,44	105 963,07	5 197,88	128,09
CODAJÁS	718 384,69	522 488,18	195 878,51	5 963,67	133,93
EIRUNEPÉ	1 049 448,92	727 834,42	321 614,50	6 520,50	160,95
N. O. NORTE	626 708,39	403 228,61	223 479,78	4 252,08	147,39
AT. DO NORTE	260 828,24	158 728,88	122 100,36	1 487,56	188,78
BARCELOS	446 565,00	342 287,65	104 297,35	3 079,70	145,00
LÁBREA	1 321 150,85	957 214,88	363 936,17	8 805,60	150,04
S.P. OLIVENÇA	401 685,26	253 886,55	148 008,71	2 480,52	161,94
ST. A. DO IÇÁ	349 896,06	249 374,24	100 521,82	2 504,80	139,89
CARAUARI	1 088 133,15	727 156,26	360 976,89	6 658,97	163,41
FONTE BOA	439 481,20	292 815,18	146 666,02	2 748,80	159,88
B. DO ACRE	1 328 993,19	889 644,24	437 338,95	8 559,78	155,03
S.G. CACHOEI	886 303,27	778 016,67	208 286,60	7 314,81	134,84
ITAPIRANGA	362 474,37	223 854,39	138 619,98	2 001,61	161,09
ANORI	505 578,33	324 785,10	180 813,23	3 078,44	164,23
SILVES	288 171,80	133 428,93	134 743,27	1 355,71	187,31
VL. A. M. NEGRO	45 158,05	14 714,45	30 443,60	175,22	257,72
NHAMUNDÁ	428 000,33	264 918,62	163 086,71	2 450,64	174,65
TABATINGA	2 314 916,56	1 699 128,32	625 788,24	18 199,87	142,80
N. ARIPUANÁ	540 886,59	386 270,44	154 616,15	3 229,23	167,50
BORBA	683 695,75	607 408,85	276 287,10	5 780,92	152,88
ST. A. R. NEGRO	308 473,67	183 834,76	142 538,91	1 522,00	201,36
JUTAI	371 580,97	207 829,88	163 731,09	2 803,28	132,55
NOVO AIRÃO	428 671,70	287 736,00	128 935,70	2 838,20	150,33
IPIXUNA	282 827,40	140 848,30	141 879,10	1 446,73	185,48
ENVIRA	284 991,60	155 858,87	120 122,93	1 709,57	168,70
CUCUÍ	149 682,84	48 320,05	101 362,89	454,80	329,05
JAPURÁ	30 611,99	9 923,45	26 688,54	48,07	608,82
MARÁ	213 088,43	116 389,03	96 697,40	1 281,85	168,80
JURUÁ	168 148,90	99 435,85	68 714,05	926,25	181,54
TAPAUÁ	358 674,82	219 330,21	138 344,41	2 393,96	149,82
CANUTAMA	330 083,92	198 894,66	131 089,26	1 985,77	168,22
PAUINI	281 720,17	164 593,78	117 126,39	1 800,08	158,50
CAREIRO	387 595,55	123 971,61	263 623,94	1 247,03	310,61
AMATURÁ	279 803,83	162 830,75	117 073,08	1 608,61	173,80
E. EQUADOR	122 133,17	29 692,63	92 440,54	267,28	458,95
PALMEIRAS	128 780,51	28 058,74	100 700,77	298,43	434,37
IPIRANGA	123 589,25	28 485,34	85 093,91	314,13	393,43
V. BITENCOURT	132 223,85	37 067,99	95 155,86	317,77	416,10
IAUARETÉ	169 028,15	37 003,48	132 024,68	440,45	383,76
S. S. UATUMÁ	292 245,85	147 128,84	145 117,01	1 561,70	187,13
TONANTINS	244 605,42	85 239,03	159 366,39	1 384,82	176,63
ALVARÆS	253 745,88	124 493,78	118 252,12	1 345,80	188,55
BERURI	251 166,40	142 504,19	108 682,21	1 330,43	188,78
CAAPIRANGA	184 674,69	81 667,26	103 007,43	897,19	205,84

Tabela 2.2

AGÊNCIAS	DESPESA	RECEITA	DEFICIT	GERAÇÃO	CUSTO (R\$/MWh)
UARINI	176 062,87	74 786,60	101 276,27	669,10	266,51
URUCURITUBA	366 780,85	241 439,77	115 341,08	2 387,54	150,70
PEDRAS	58 603,14	15 139,70	43 463,44	187,87	256,02
ANAMÁ	191 557,50	116 165,02	75 392,48	1 011,13	189,45
ITAMARATY	180 309,79	71 774,47	108 535,32	989,23	180,45
CASTANHO	842 179,48	393 928,63	448 250,83	3 989,40	212,17
R. P. DA EVA	418 166,84	375 817,70	42 349,24	2 886,00	145,91
LIMOEIRO	147 190,58	71 159,66	145 297,07	1 093,58	134,60
BOA V. RAMOS	278 890,88	123 511,35	155 379,33	1 198,18	233,15
IRANDUBA	2 433 402,23	1 907 665,99	525 736,24	20 008,50	121,62
MANAQUIRI	243 616,86	157 507,12	86 109,73	1 420,32	171,52
P. FIGUEIREDO	380 066,16	691 887,87	(811 821,71)	5 075,00	74,89
APUÍ	526 781,56	349 312,18	177 469,37	2 959,00	178,03
CAMPINAS	59 811,50	8 639,49	53 172,01	72,27	827,61
CAIAMBÉ	48 241,48	10 136,90	39 104,58	126,79	388,97
CAVIANA	63 155,44	19 549,88	43 605,56	184,91	341,56
MURITUBA	33 315,03	4 966,75	28 348,28	44,14	754,76
GUAJARA	235 302,85	98 272,06	137 030,79	1 098,33	214,24
MOCAMBO	86 238,32	13 712,34	74 525,98	238,90	372,47
B. SOLIMÕES	90 945,42	18 890,18	72 115,24	222,78	408,32
ITAPEAÇU	68 842,67	12 041,88	56 800,78	142,38	483,58
CAMETÁ	74 605,47	13 571,45	61 034,02	131,98	565,24
CABURI	65 014,65	13 331,54	51 683,11	183,11	355,06
SACAMBU	30 260,80	3 760,90	26 499,90	62,50	481,86
PURAOQUEQUARA	14 488,29	43 629,32	-29 141,03	364,00	39,80
TOTAL GERAL	54 548 458,13	38 458 794,81	16 091 863,22	383 548,03	171,52

Cont. tab. 2.2