



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
CAMPUS CUIABÁ- BELA VISTA**

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

**USO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA:
INVESTIMENTO, VIABILIDADE ECONÔMICA, PENSAMENTO VERDE
DOS HABITANTES EM CUIABÁ/MT**

IVALDO BRAZ DE FIGUEIREDO JUNIOR

**CUIABÁ/MT
NOVEMBRO 2011**



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO
CAMPUS CUIABÁ- BELA VISTA**

DEPARTAMENTO DE ENSINO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

**USO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA:
INVESTIMENTO, VIABILIDADE ECONÔMICA, PENSAMENTO
VERDE DOS HABITANTES EM CUIABÁ/MT**

EVALDO BRAZ DE FIGUEIREDO JUNIOR

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso Campus Cuiabá - Bela Vista para obtenção do título de graduado.

Orientador: Prof. MSc. Luiz Diego Marestoni

**CUIABÁ/MT
NOVEMBRO 2011**

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da publicação na fonte. IFMT/Campus Bela Vista
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

F471u

Figueiredo Junior, Evaldo Braz de.

Uso do sistema de aquecimento solar de água: investimento, viabilidade, economia, pensamento verde dos habitantes em Cuiabá-MT/ Evaldo Braz de Figueiredo Junior. __ Cuiabá, 2012.

81f. il

Orientador: Prof. MSc. Luiz Diego Marestoni.

Monografia (Graduação de Tecnologia em Gestão Ambiental) –. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Aquecimento solar – Monografia. 2. Eficiência – Monografia. 3. Investimento 4. viabilidade econômica – Monografia. I. Marestoni, Luiz Diego. II. Título.

CDU 621.311

IFMT/CAMPUS BELA VISTA

CDD 612.47

EVALDO BRAZ DE FIGUEIREDO JUNIOR

**USO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA:
INVESTIMENTO, VIABILIDADE ECONÔMICA, PENSAMENTO
VERDE DOS HABITANTES EM CUIABÁ/MT**

Trabalho de Conclusão de Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores convidados e do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em 18 de novembro de 2011.

BANCA EXAMINADORA

MSc. Luiz Diego Marestoni

Professor Orientador - IFMT

Msc. James Moraes de Moura

Professor Convidado - IFMT

Dra. Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria

Professora Convidada - IFMT

CUIABÁ/MT

NOVEMBRO 2011

Dedico este trabalho àqueles que acreditaram incondicionalmente em mim desde pequeno, meus queridos pais, Evaldo e Zoraide, que me educaram e me incentivaram a perseguir meus sonhos. A minha irmã Emanuely que sempre ofereceu todo apoio quando eu precisei. E à minha namorada e amiga Silvana Bocheneki, que não mediu esforços para me ajudar nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de agradecer ao corpo docente e aos técnicos administrativos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) que apesar das adversidades ocorridas durante o curso, compartilharam seus conhecimentos e conseqüentemente contribuíram para a formação de grandes profissionais.

Ao meu orientador, Prof. MSc. Luiz Diego Marestoni que acompanhou de perto toda a evolução deste trabalho.

Aos colegas e amigos que de alguma forma contribuíram para a realização desta conquista.

“Não fiz o melhor, mas fiz tudo para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas não sou o que era antes”.

Martin Luther King

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho esquemático de um coletor solar.....	18
Figura 2. Modelo esquemático de um Boiler	19
Figura 3. Esquema completo de um sistema de aquecimento solar.....	20
Figura 4. Evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil.....	22
Figura 5. Evolução dos custos de comercialização de aquecedores solares.....	24
Figura 6. Presença do chuveiro elétrico no Brasil.....	26
Figura 7. Curva típica de carga do sistema CEMIG.....	27
Figura 8. Tabela de classificação PROCEL de coletores solares.....	35
Figura 9. Normais climatológicas.....	41
Figura 10. Ábaco para a determinação da Fração solar – f.....	44
Figura 11. Influência da temperatura de armazenamento na fração solar	45
Figura 12. Radiação total incidente no coletor por mês.....	48
Figura 13. Cálculo da Carta F.....	49
Figura 14. Consumo elétrico durante o ano.....	50
Figura 15. Comparação entre a representatividade de consumo do chuveiro elétrico e o Auxiliar elétrico.....	51
Figura 16. Comparação entre instalação com e sem SAS.....	52
Figura 17. Análise da viabilidade econômica.....	53
Figura 18. Evolução do Valor Presente Líquido.....	54
Figura 19. Número de moradores nas residências.....	54
Figura 20. Renda familiar dos habitantes.....	55
Figura 21. Utilização de água quente durante o banho.....	56
Figura 22. Tempo médio de banho por morador.....	56
Figura 23. Conta de energia elétrica paga nas residências.....	57
Figura 24. A janela inicial do software Dimensol.....	68
Figura 25. Funções do menu Banco de Dados.....	69
Figura 26. Funções do menu cálculos.....	69
Figura 27. Tela de Radiação.....	69
Figura 28. Dados de refletância fornecidos pelo software Dimensol.....	70
Figura 29. Ângulo Azimutal de Superfície.....	70
Figura 30. Inclinação do Coletor.....	70
Figura 31. Tela de dimensionamento.....	71
Figura 32. Tela da carta F apresentada pelo programa Dimensol.....	73
Figura 33. Tela do auxiliar elétrico.....	73
Figura 34. Tela de simulação da conta de energia.....	74

Figura 35. Tela da análise da viabilidade econômica.....77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo médio estimado de água.....	21
Tabela 2 - Postos de trabalho gerados por diferentes formas de energia	29
Tabela 3 - Tarifa cobrada pela CEMAT.....	36
Tabela 4 - Consumidores residenciais.....	36
Tabela 5 - Orçamento do Sistema de Aquecimento Solar.....	37
Tabela 6 - Médias mensais de variáveis climatológicas observadas em Cuiabá/MT, período de 1970-2007.....	40
Tabela 7 - Consumidores, Consumo, Receita, Tarifa Média – Por região.....	41
Tabela 8 - Produtos eletro-eletrônicos presentes nas residências.....	55
Tabela 9 - Atitudes ambientalmente adequadas praticadas pelos entrevistados.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Benefícios do aquecimento solar.....	30
Quadro 2 - Consumidores por ranking.....	78
Quadro 3 - Tarifas Residências vigentes.....	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo I - Questionário para avaliação da empregabilidade do sistema de aquecimento solar em residências de cuiabá.	65
--	----

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Interfaces do Software Dimensol	68
Apêndice B – Ranking's da ANEEL.....	78
Apêndice A – Tarifas Residenciais Vigentes.....	79

RESUMO

A acentuação da crise do meio ambiente e a corrida pela mitigação dos impactos ambientais, nos deparamos com o sistema solar de aquecimento de água, equipamento capaz de substituir os aquecedores de água convencionais, como o chuveiro elétrico, que hoje é considerado um consumidor de energia elétrica insustentável. Este trabalho avaliou, de maneira hipotética, através de simulação, o comportamento dos aquecedores solares para a cidade de Cuiabá/MT, e através da aplicação de questionário foi avaliada a relação dos habitantes com este equipamento. Os resultados da simulação mostraram que o sistema solar se adéqua perfeitamente as condições climáticas da cidade, podendo oferecer conforto térmico durante todo o ano, haja vista, que a insolação na cidade é ótima, pois nos períodos de friagem a insolação se mostrou mais intensa, representando o mês de julho 9,23% da insolação em relação ao ano. E a fração solar alcançada foi de 88,6%, um valor ótimo que permite afirmar que com um menor investimento é possível se alcançar altos índices de eficiência. O investimento se mostrou atrativo, visto que o retorno financeiro acontece em 46 meses devido à queda do consumo de energia elétrica da residência. Porém uma parcela pequena, 33,5%, da população amostral tem acesso a este sistema e a principal barreira para a disseminação do produto é o seu custo elevado, que não se enquadra à renda da maioria dos habitantes. Mas apesar do alto custo, cerca de 73% dos habitantes entrevistados aceitariam fazer o investimento se o governo financiasse o valor em 40 meses, mostrando que o mercado solar necessita de incentivo do governo para ser incorporado na vida da massa populacional. A pesquisa também mostrou que os moradores de Cuiabá, estão comovidos com as questões ambientais e praticam atitudes sustentáveis em prol do meio ambiente.

Palavras-chave: Aquecimento solar, eficiência, investimento e viabilidade econômica.

ABSTRACT

The accentuation of the environmental crisis and the race for the mitigation of environmental impacts, we are faced with solar water heating, equipment capable of replacing conventional water heaters such as electric shower, which today is considered a consumer of electricity unsustainable. This study evaluated a hypothetical way, through simulation, the behavior of solar water heaters to the city of Cuiabá / MT, and through a questionnaire we evaluated the relationship of people with this equipment. The simulation results showed that the solar system fits perfectly the climatic conditions of the city, and provide thermal comfort throughout the year, given that the sunshine in the city is great, because in periods of cold weather to heat stroke was more intense, representing the month of July insolation 9.23% over the year. And the solar fraction of 88.6% was achieved, an optimal value that can say that with a smaller investment is possible to achieve high efficiency. The investment proved to be attractive, since the payback happens in 46 months due to a drop in electricity consumption of the residence. But a small portion, 33.5% of the sample population has access to this system and the main barrier to the spread of the product is its high cost, which does not fit the income of most people. But despite the high cost, about 73% of respondents would accept people make the investment if the government financed the value in 40 months, showing that the solar market needs government incentives to be incorporated into the life of the populace. The survey also showed that residents of Cuiabá, are moved by environmental issues and sustainable practice attitudes towards the environment.

Keywords: Solar heating, efficiency, investment and economic viability.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
2.	O Sistema de Aquecimento Solar	18
2.1.	O Sistema de Aquecimento Solar.....	18
2.2.	Dimensionamento de instalações de aquecimento solar	20
2.3.	O histórico do Sistema de Aquecimento Solar no Brasil	21
2.4.	A Importância Estratégica Do Aquecimento Solar No Brasil.....	25
2.5.	Benefícios ambientais do Aquecimento Solar.....	27
2.6.	Benefícios sociais Do Aquecimento Solar	29
2.7.	Técnicas e Tecnologias Desenvolvidas para Auxiliar o Dimensionamento.....	30
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1.	O Software Dimensol	33
3.1.1.	Dados da Simulação	33
3.2.	O Questionário.....	37
3.3.	Área de Estudo.....	38
3.3.1.	Consumo De Energia Elétrica.....	41
3.4.	O Método da Fração Solar.....	39
3.5.	Análise da viabilidade econômica.....	46
3.5.1.	Valor Presente Líquido (VPL).....	46
3.5.2.	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	47
3.5.3.	Pay Back.....	47
4.	RESULTADOS.....	48
4.1.	Simulação.....	48
4.2.	Aplicação do Questionário.....	54
5.	CONCLUSÃO.....	59
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
7.	REFERÊNCIAS.....	62
8.	ANEXOS.....	65
8.1.	Anexo I - Questionário para avaliação da empregabilidade do sistema de aquecimento solar em residências de Cuiabá.....	65
9.	APÊNDICES.....	68
9.1.	Apêndice A - Interfaces do Software Dimensol.....	68
9.2.	Apêndice B - Ranking's da ANEEL.....	78
9.3.	Apêndice C - Tarifas Residências vigentes.....	79

1. INTRODUÇÃO

A energia solar pode ser utilizada por diversas formas, sendo uma delas a energia solar fototérmica, onde o ponto principal de interesse é a quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, da radiação proveniente do sol. Estudos sobre a energia fototérmica vêm assumindo um papel importante na sociedade, principalmente pela abundância da energia solar e a possibilidade de se utilizar tecnologia de baixo custo. A utilização dessa forma de energia implica em saber captá-la e armazená-la. Os equipamentos mais difundidos com o objetivo específico de se utilizar a energia solar fototérmica são conhecidos como coletores solares ou painéis solares. Os coletores solares são aquecedores de fluidos, no caso aqui exposto, água. O fluido aquecido deve ser mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final. O sistema de aquecimento solar é muito utilizado, dentre outros, para gerar água aquecida para banho, ar quente para secagem de grãos e gases para acionamento de turbinas.

Segundo a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA, 2008), o atual estágio de crescimento e desenvolvimento das nações tem exigido uma crescente e muitas vezes insustentável exploração dos recursos naturais, o que nos permite criar e antever cenários nos quais o aquecimento solar venha a ser aproveitado em grande escala, principalmente no Brasil, que tem condições de se tornar uma referência mundial no aproveitamento do recurso solar. O Brasil tem um enorme potencial de aproveitamento da energia solar: praticamente todas suas regiões recebem mais de 2200 horas de insolação com um potencial equivalente a 15 trilhões de MWh, correspondente a 50 mil vezes o consumo nacional de eletricidade.

Ainda segundo a Associação ABRAVA, os quase 730.000 domicílios brasileiros que já usavam os aquecedores solares ao final de 2007 representam, apenas 1,48% de todos os domicílios do país, uma incidência muito baixa se comparada com Israel, por exemplo, onde mais de 90% das casas usam o Sol para aquecer água. Cada vez mais o aquecimento solar faz sentido econômico para seus usuários, pois com os preços cada vez mais altos de eletricidade e do próprio gás, as economias de 60 a 80% que a tecnologia proporciona, reduzem o tempo de retorno do investimento para menos de dois anos.

Porém o custo inicial elevado do Sistema de Aquecimento Solar (SAS) inviabiliza o comércio e a difusão para a massa populacional, visto que a renda média dos habitantes do país não é compatível com o valor a ser investido. Também existe a falta de informação, por parte da população, sobre a utilização e os benefícios gerados a partir

da instalação do equipamento solar. Outro fator que se torna uma barreira para a disseminação do produto é a carência da conscientização ambiental que vise à diminuição dos hábitos de consumo de energia elétrica.

A energia solar pode ajudar muito na corrida pela mitigação dos impactos causados pelo consumo de energia elétrica nas cidades, por se tratar de uma fonte limpa e inesgotável de energia, que pode ser utilizada de diversas formas. Com o avanço da tecnologia hoje nos permite-se transformar a luz solar em energia elétrica ou térmica.

Apesar de somente parte de a radiação solar atingir a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes maior em relação ao consumo energético mundial.

O aproveitamento dessa enorme e inesgotável fonte de energia é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para se enfrentar as constantes crises energéticas pela qual passa a humanidade.

A utilização da energia solar térmica é hoje realidade em boa parte do mundo e a tecnologia aplicada na fabricação do equipamento solar já é dominada por várias empresas. Entretanto, quais são os entraves que impedem o Brasil, no caso específico do trabalho, a cidade de Cuiabá, de aplicar esta tecnologia em grande escala?

São estas respostas que justificam o trabalho e são de grande importância para a fundamentação de políticas públicas futuras e trabalhos de conscientização ambiental da população.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo a avaliação da aplicabilidade do SAS para a cidade de Cuiabá, verificando o seu desempenho hipotético submetido às condições climáticas da cidade, bem como mensurando o grau de conhecimento da população, a respeito deste equipamento, visualizando o interesse dos habitantes em adquirir o produto e a conscientização ambiental entendida pelos habitantes. Especificou-se objetivar ainda em realizar simulação de um coletor solar de modo a verificar a média de eficiência alcançada do equipamento para a cidade de Cuiabá; fazer análise econômica do investimento no equipamento; aplicar questionário na cidade, para se verificar o grau de conhecimento sobre o produto e a disposição em fazer investimento em um equipamento solar; e verificar o nível de conscientização com a problemática ambiental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Sistema de Aquecimento Solar

Existem para venda no mercado, vários tipos de coletores solares planos, estes coletores são constituídos de uma superfície negra absorvedora de calor, de uma malha ou serpentina de tubos de cobre em contato com esta superfície e de uma caixa com isolamento térmico (o isolante freqüentemente utilizado é lã de vidro) inferior e lateral (Figura 1). Possui ainda uma cobertura transparente superior, geralmente de vidro (BORGES, 2000).

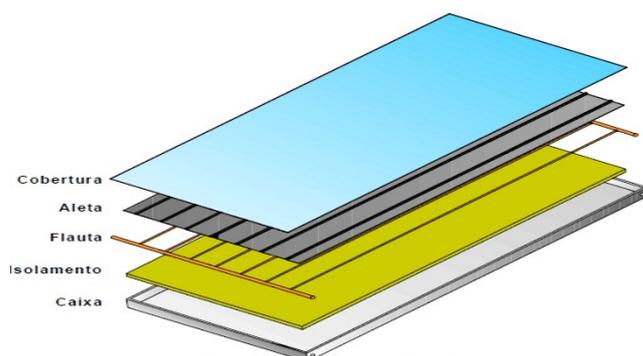


Figura 4.5 - Componentes do Coletor Solar

Figura 1. Desenho esquemático de um coletor solar. (Fonte: ABRAVA, 2008)

Basicamente, um coletor solar plano fechado é constituído de:

- Caixa externa: geralmente fabricada em perfil de alumínio, chapa dobrada, aço inox, ou material plástico e que suporta todo o conjunto. A missão da caixa é proteger do vento, da chuva, da poeira, suportar os diversos componentes do coletor e atuar como união com a estrutura através dos elementos de fixação necessários;
- Isolamento térmico: minimiza as perdas de calor para o meio. Fica em contato direto com a caixa externa, revestindo-a. Os materiais isolantes mais utilizados na indústria nacional são: lã de vidro ou de rocha e espuma de poliuretano;
- Tubos (flauta / calhas superior e inferior): tubos interconectados através dos quais o fluido escoar no interior do coletor. Normalmente, a tubulação é feita de cobre devido a sua alta condutividade térmica e resistência a corrosão;
- Placa absorvedora (aletas): responsável pela absorção e transferência da energia solar para o fluido de trabalho. As aletas metálicas, em alumínio ou cobre, são

pintadas de preto fosco ou recebem tratamento especial para melhorar a absorção da energia solar;

- Cobertura transparente: geralmente de vidro, policarbonato ou acrílico que permite a passagem da radiação solar e minimiza as perdas de calor por convecção e radiação para o meio ambiente;

Quanto aos reservatórios térmicos convencionais utilizados, denominados boiler, são geralmente fabricados em aço inoxidável, cobre ou aço carbono, para volumes de até 15 mil litros. Podem ser horizontais ou verticais, sendo constituídos por duas superfícies cilíndricas, uma interna e outra externa, tendo entre as mesmas, um isolamento térmico, geralmente a lã de vidro (Figura 2).

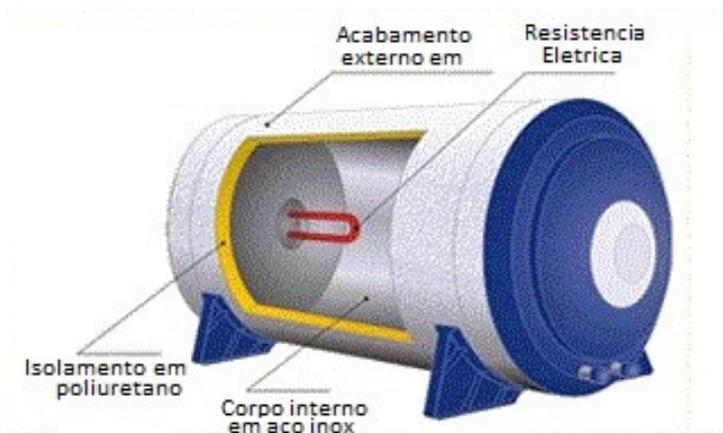


Figura 2. Modelo esquemático de um Boiler (Fonte: Aquecedor solar Tuma, 2011).

Os reservatórios térmicos podem ser de Baixa Pressão e Alta Pressão. Os de Baixa Pressão são mais econômicos e são indicados para instalações nos projetos em que a caixa de água fria esteja logo acima do boiler.

Para garantir que nunca haverá falta de água quente, todo Aquecedor Solar traz um sistema auxiliar de Aquecimento. E quando o tempo fica muito nublado ou chuvoso por vários dias, ou quando a casa recebe visitas e o número de banhos fica acima do dimensionamento inicial, o sistema auxiliar - que pode ser elétrico ou a gás - entra em ação. Na figura 3 está apresentado um esquema de montagem do equipamento de aquecimento solar completo em uma residência, para o caso de baixa pressão.

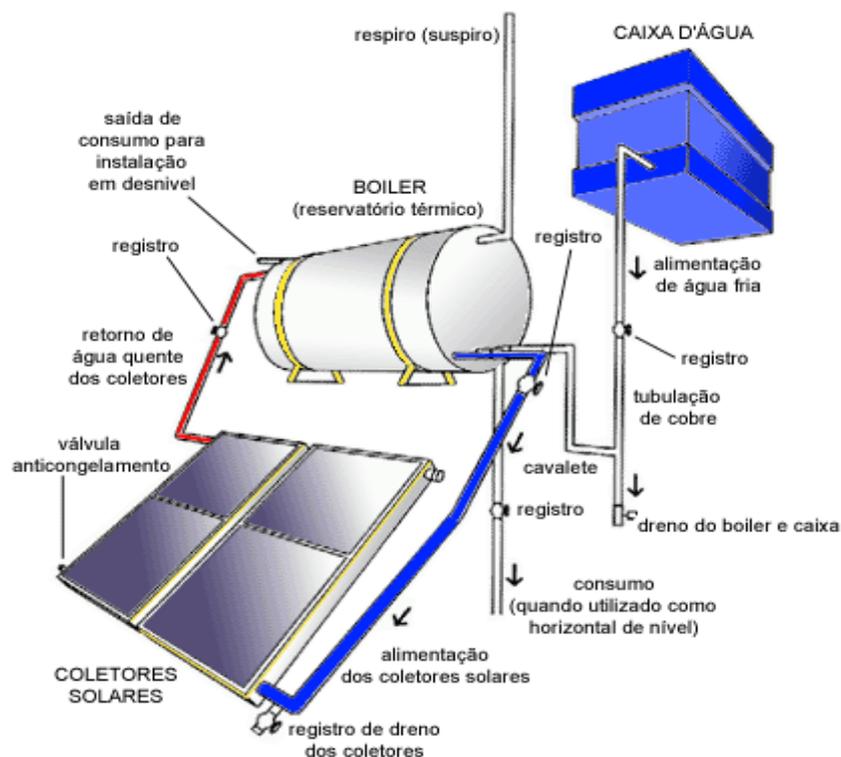


Figura 3. Esquema completo de um sistema de aquecimento solar (Fonte: SOLAR MUNDI, 2011).

Dimensionamento de instalações de aquecimento solar

O dimensionamento adequado de um SAS não é uma tarefa simples, exigindo o conhecimento prévio dos hábitos de consumo de água quente pelos usuários finais, com base em uma análise criteriosa do tipo da construção que receberá os coletores solares, disponibilidade de radiação solar nas condições específicas da obra, fatores climáticos locais e desempenho térmico dos produtos, dentre outros.

O dimensionamento correto de uma instalação de aquecimento solar depende de:

- Condições climáticas locais;
- Hábitos de consumo dos usuários;
- Vazão de água quente dos equipamentos definidos;
- Temperatura da água aquecida.

Para dimensionar a necessidade de água quente dos usuários, caracterizada pelo volume diário de água quente e temperatura de operação requerida, é importante ter-se conhecimento prévio de padrões de consumo para diferentes edificações brasileiras, em função das classes sociais e das aplicações finais para o setor residencial, industrial e de serviços. O levantamento da demanda de água quente é feito com base em informações gerais obtidas a partir de:

- Normas de Instalações Prediais de Água Quente, como NB128;
- Pesquisa de hábitos dos usuários potenciais;
- Observação, sensibilidade e bom senso;
- Experiência.

No aquecimento solar, adota-se um reservatório com volume igual ao consumo diário; portanto, devido à intermitência da insolação. A instalação de mais coletores do que o necessário para atender à demanda local resulta uma maior velocidade de aquecimento e, conseqüentemente, poderá elevar a temperatura da água. A vantagem maior será sentida em dias em que a incidência solar estiver limitada por formações de nuvens intensas e nos dias de baixas temperaturas e vento. Uma temperatura maior da água quente significa que um menor volume do reservatório será utilizado, ou seja, a proporção entre água fria e água quente na hora de misturá-las no banho será maior.

Para promovermos este dimensionamento, consultou-se a Norma Brasileira de Instalação Predial de Água Quente – NB 128. Entretanto, os valores constantes nesta norma, apresentados na Tabela 1, devem ser, ainda, avaliados criticamente em função do nível sócio-econômico da família e seus hábitos atuais.

Tabela 1 - Consumo médio estimado de água.

Uso final / Aplicação	Consumo estimado (litros/dia)
Alojamento provisório	24 / pessoa
Casa popular ou rural	36 / pessoa
Residência	45 / pessoa
Apartamento	60 / pessoa
Quartel	45 / pessoa
Escola ou Internato	45 / pessoa
Hotel (excluídas a cozinha e lavanderia)	36 / hóspede
Hospital	125 / leito
Restaurante ou similar	12 / refeição
Lavanderia	15 / kg de roupa seca

Fonte: ABNT Norma Brasileira de Instalação Predial de Água Quente – NBR 128.

2.1. O histórico do Sistema de Aquecimento Solar no Brasil

A radiação solar que a terra está submetida é constituída pelas componentes direta e difusa. A componente direta é aquela proveniente do sol sem sofrer espalhamento durante sua trajetória devido à composição da atmosfera. A componente difusa pode ser considerada como a radiação espalhada que vem de todas as partes do céu. A soma de ambas constitui a radiação solar global ou total (COIMBRA, 2008). A

transformação de energia solar em calor recebe o nome de processos heliotérmicos que pode se dividir em aquecimento de líquidos, aquecimentos de processos, aquecimento de ambientes, geração de potência, entre outros.

O aquecimento solar no Brasil começou a ser desenvolvido comercialmente na década de 70, mas somente a partir dos anos 90 é que o mercado obteve taxas de crescimento elevadas, principalmente devido à implantação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO. A etiqueta do INMETRO estabeleceu, de forma clara e inequívoca, critérios de comparação e avaliação dos coletores solares comercializados no Brasil. Esta etiqueta contém informações sobre a produção mensal de energia de cada coletor ensaiado. Estabeleceu-se, como referência, o mês de setembro para a cidade de Belo Horizonte, considerando a inclinação dos coletores igual a 25°. A figura 4 mostra a evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil, de 2001 a 2009, onde podemos identificar a evolução do mercado no Brasil a partir de 2001.

Até o ano de 1994, o mercado de aquecimento solar, ainda era bastante incipiente e registrou pequenas taxas de crescimento anual, com um valor médio de 5,6%. A partir de meados da década de 90, com a criação do Centro Brasileiro para o Desenvolvimento da Energia Solar Térmica – GREEN Solar, localizado em Belo Horizonte e a implantação do PBE, a indústria brasileira de aquecimento solar passou a desenvolver melhores produtos e serviços, de maior qualidade e a gerar maior confiança por parte do consumidor (ABRAVA, 2008).

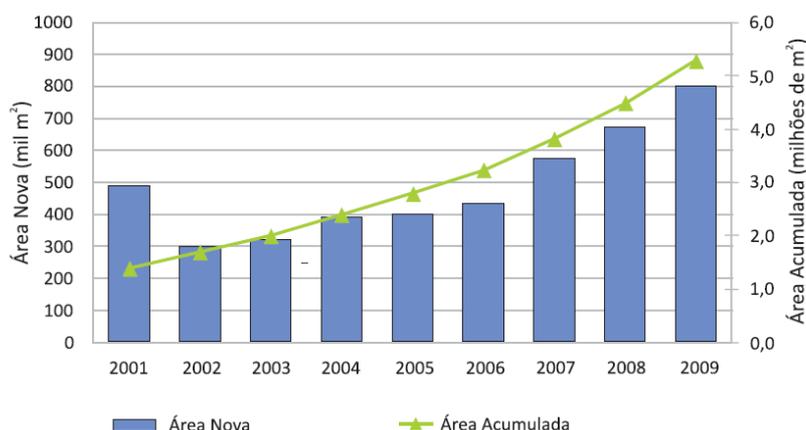


Figura 4. Evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil (Fonte: Revista Sol Brasil, 2011).

Com a criação de programas de incentivo junto a algumas concessionárias de energia, junto às Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS) e ao Programa Nacional

de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o mercado passou a experimentar taxas de crescimento elevadas de 30,54% ao ano. (1994 a 2000). O ano de 2001 marcou a crise de energia elétrica no Brasil e medidas e metas de redução de consumo de energia foram determinadas pelo Governo. A indústria de aquecimento solar passou por um crescimento de 80% em relação ao ano anterior; novas empresas surgiram e as que já estavam no mercado, investiram para conseguir atender à demanda. Neste período o aquecimento solar foi amplamente divulgado. Passado o período da crise, o mercado sofreu uma forte retração e no ano de 2002 verificou-se uma queda acentuada em relação ao ano de 2001 (FARIA, 2004). A partir de 2002, o Brasil passou a instalar uma média de 320 mil m² por ano. Entre 2002 e 2004 registrou-se um crescimento de 33% do mercado.

O Brasil domina a tecnologia de aquecedores solares, sendo que 100% dos equipamentos utilizados no Brasil são produzidos no país, com mãos de obra e matérias primas nacionais. Além disso, a taxa de geração de empregos é elevada e descentralizada, devido ao grande número de pessoal envolvido no processo de industrialização, comercialização e instalação (MAZZON e MESQUITA, 2004).

A indústria de aquecimento solar no Brasil é composta basicamente de micro, pequenas e médias empresas e possui uma estrutura bastante simples. O aquecedor solar chega ao consumidor final, principalmente através de revendas, embora a empresa fabricante também assuma diversas tarefas não inerentes à sua finalidade principal. Isto se deve à ausência de um número significativo de profissionais capacitados, o que leva a indústria fabricante a integrar em sua cadeia de trabalho: vendas, projeto, instalação e manutenção (FARIA, 2004).

A longo prazo é possível observar a evolução dos custos de comercialização dos aquecedores solares, considerados a área coletora, reservatório térmico e instalação (Figura 5). Verifica-se uma tendência à redução dos custos, com exceção do período entre 1993 e 1996, cujos aumentos foram atribuídos aos preços praticados no mercado internacional para o cobre e alumínio (PEREIRA *et al.*, 2003).

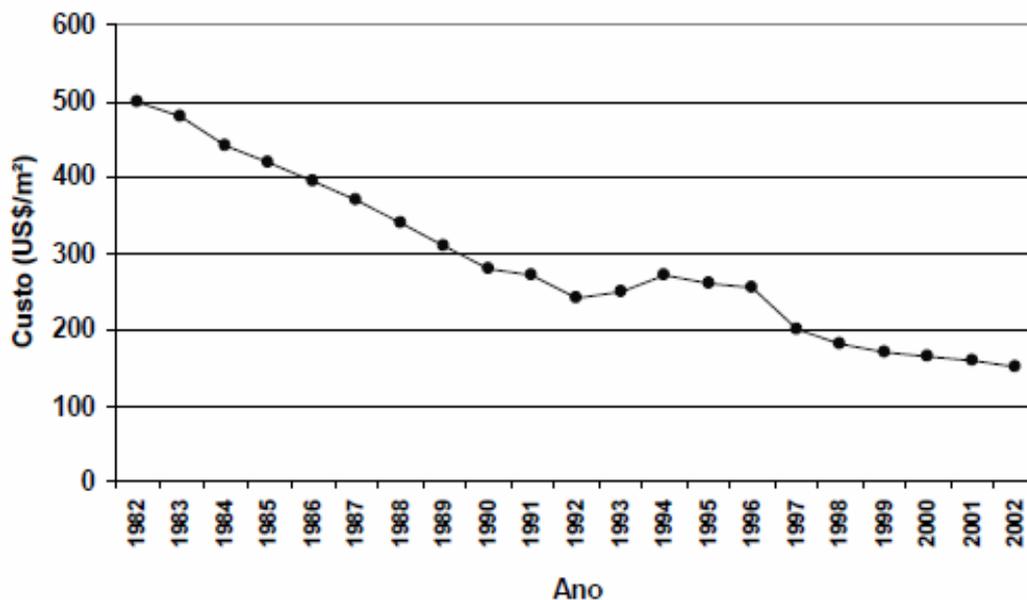


Figura 5. Evolução dos custos de comercialização de aquecedores solares (Fonte: ABRAVA *apud* Pereira et al. 2003)

Os coletores solares constituem grande parte do investimento inicial de um sistema solar. Este equipamento é intensivo em material assumindo que uma parte considerável do custo dos coletores está associada à matéria-prima, Baptista (*apud* Wierigen, 1980) julga que a produção em massa não reduzirá muito seus custos, porque sendo o coletor fabricado com materiais auto-consumidores de energia (vidro, plástico, alumínio, cobre), o custo do coletor crescerá junto ao preço da energia. Por isso, a pesquisa de novos materiais e “*designs*” são fatores preponderantes para a queda no custo final.

Entre os esforços mais recentes e efetivos de avaliação da disponibilidade de radiação solar, destacam-se os seguintes: a) Atlas Solarimétrico do Brasil, iniciativa da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e da Companhia Hidroelétrica do São Francisco – CHESF, em parceria com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB; b) Atlas de Irradiação Solar no Brasil, elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e pelo Laboratório de Energia Solar – LABSOLAR, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

O Atlas Solarimétrico do Brasil (2000) apresenta uma estimativa da radiação solar incidente no país, resultante da interpolação e extrapolação de dados obtidos em estações solarimétricas distribuídas em vários pontos do território nacional. Devido, porém, ao número relativamente reduzido de estações experimentais e às variações climáticas locais e regionais, o Atlas de Irradiação Solar no Brasil faz estimativas da radiação solar a partir de imagens de satélites. Como lembrado por pesquisadores do Centro de Pesquisas de Eletricidade – CEPEL, ambos os modelos apresentam falhas e

limites e não devem ser vistos como concorrentes. Ao contrário, devem ser complementares, na medida em que reúnem o máximo possível de dados e podem, dessa forma, melhorar as estimativas e avaliações da disponibilidade de radiação solar no Brasil (CRESESB, 2000).

Fatores que têm contribuído para o crescimento do mercado são: a divulgação dos benefícios do uso da energia solar; a isenção de impostos que o setor obteve; financiamentos, como o da Caixa Econômica Federal, aos interessados em implantar o sistema; e a necessidade de reduzir os gastos com energia elétrica durante o racionamento em 2001 (ABRAVA, 2001). Também são crescentes as aplicações da energia solar para aquecimento de água em conjuntos habitacionais e casas populares, como nos projetos Ilha do Mel, Projeto Cingapura, Projeto Sapucaias em Contagem, Conjuntos Habitacionais SIR e Maria Eugênia (COHAB) em Governador Valadares (ABRAVA, 2001). Outro elemento propulsor dessa tecnologia é a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e a promoção da eficiência nas edificações construídas no País.

Em Dezembro de 2007, a International Union for Conservation of Nature, realizou uma pesquisa que procurou avaliar quais tecnologias disponíveis que inspiravam mais confiança em sua capacidade de combater o aquecimento global. A pesquisa foi aplicada durante a reunião da Convenção do Clima da ONU (UNFCCC), realizada em Bali e o resultado apresentou que a solução com maior índice de aprovação na pesquisa, foi o uso de energia solar para aquecimento de água (74%). Nesta pesquisa, a IUCN ouviu mil integrantes de governos, de organizações não governamentais e do setor industrial de 105 países.

A Importância Estratégica Do Aquecimento Solar No Brasil

No Brasil, a utilização de chuveiros elétricos para aquecimento de água é disseminada como em nenhum outro país do mundo. Esta prática se intensificou na década de 70, com a crise do petróleo e com o incentivo ao uso de equipamentos elétricos. Nesta mesma década o Brasil iniciou a construção de diversos empreendimentos hidrelétricos, havendo excedente de energia no mercado, e nenhuma preocupação eminente quanto ao uso destes chuveiros e de outros aparelhos consumidores de energia elétrica.

Como resultado, os chuveiros elétricos são produzidos em larga escala e conseqüentemente possuem baixo custo inicial, além de apresentarem simplicidade de instalação. Esses fatores criaram condições para que tais equipamentos fossem largamente disseminados nas residências brasileiras. No entanto, em longo prazo, essa solução tecnológica traz uma série de malefícios para o setor de energia elétrica,

principalmente nos horários de pico, quando a demanda de energia elétrica atinge seu pico diário.

Já houve ocorrências de “apagões” no Brasil no ano 2001, por conta deste tipo de pensamento a demanda por energia elétrica superou a oferta e houve a falta de energia elétrica. Ressalta-se que, nesse período, o aquecimento solar de água experimentou um crescimento de 80% em relação ao verificado nos anos anteriores.

Considerando as instalações de chuveiros elétricos, de acordo com a ELETROBRAS/PROCEL (2005) estes estão presentes em cerca de 91% dos lares brasileiros. O número médio de chuveiros por residência no Brasil é de 0,91, ou seja, um chuveiro por residência, com concentração maior nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (Figura 6).

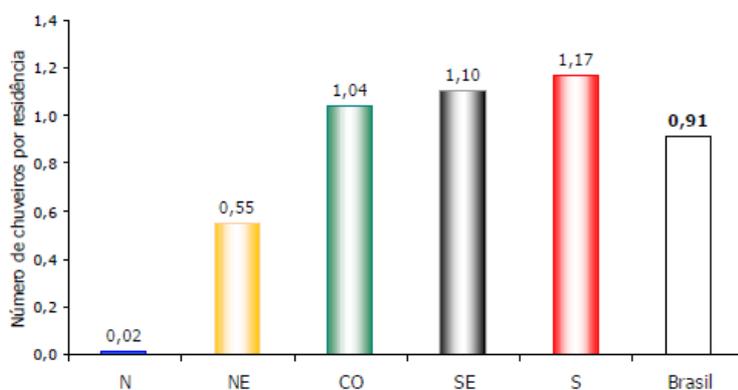


Figura 2.2 – Penetração do chuveiro elétrico por região do Brasil
Fonte: PROCEL- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

Figura 6. Presença do chuveiro elétrico no Brasil (Fonte: PROCEL, 2005)

Nos horários de pico de consumo de energia, a demanda total cresce bastante no setor residencial em decorrência principalmente da realização dos banhos (Figura 7). Pode-se verificar a curva de carga típica da Concessionária de Energia do Estado de Minas Gerais (CEMIG), em que se mostra a separação das principais cargas típicas (chuveiro, TV, geladeira e dentre outras) de uma residência em Belo Horizonte.

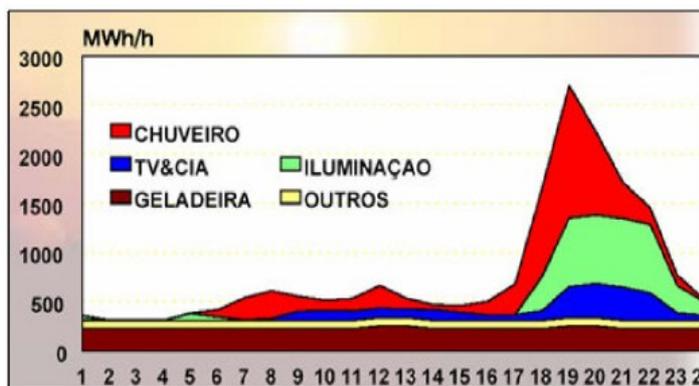


Figura 2.4-Curva de carga do sistema CEMIG, (fonte: CEMIG)

Figura 7. Curva típica de carga do sistema CEMIG (Fonte: CEMIG, 1996)

O PROCEL estima que existam mais de 30 milhões de chuveiros elétricos instalados no Brasil. Esses equipamentos, além de consumirem cerca de 8% de toda a eletricidade produzida no país, são responsáveis por aproximadamente de 18% do pico de demanda do sistema elétrico nacional. Este último fato evidencia a importância estratégica dos aquecedores solares devido ao fato de reduzirem a demanda de energia nos horários críticos do dia. Significa afirmar que 18% de todas as usinas construídas no Brasil estão construídas somente para ligar o chuveiro elétrico no horário de ponta (ABRAVA, 2008).

A substituição dos chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento solar de água proporciona a redução significativa da demanda energética no horário de pico e do consumo de energia elétrica. Somente no ano de 2007, foram economizados no Brasil com o aquecimento solar, cerca de 620 GWh, energia suficiente para abastecer 350.000 residências brasileiras consumindo cerca de 145 kWh/mês (CIDADE SOLARES, 2008).

Benefícios ambientais do Aquecimento Solar

Apesar de sua matriz energética relativamente limpa, o Brasil sofre com impactos ambientais e sociais da geração de energia e tem como contribuir nesta área para o esforço global de mitigação das mudanças climáticas.

O fato das hidroelétricas serem relativamente baixas emissoras de gases-estufa não as torna totalmente limpas e sustentáveis. Um documento assinado por centenas de Organizações Não Governamentais brasileiras e internacionais encaminhado em junho de 2004 a Conferência Internacional Pelas Energias Renováveis, realizada em Bonn, Alemanha, sintetiza os impactos sociais das grandes hidrelétricas na visão da sociedade civil organizada: citando a Comissão Mundial de Barragens, o documento afirma que “as grandes barragens são responsáveis pelo deslocamento de 40 a 80 milhões de pessoas

no mundo, com muitos dos deslocados recebendo nenhuma ou inadequada compensação. Milhões de pessoas tem também perdido suas terras e modos de vida e tem sofrido por causa dos efeitos a jusante e de outros impactos indiretos das grandes barragens”. O documento também alerta para os impactos ambientais das grandes hidrelétricas, por estas serem emissoras de gases estufa, já que “a decomposição da matéria orgânica nos reservatórios das hidrelétricas causa a emissão de metano e gás carbônico”, e por serem “um importante fator no rápido declínio da biodiversidade fluvial no mundo todo”. O mesmo documento destaca para a possível alteração hidrológica motivada pelas mudanças climáticas globais causadas pelo aquecimento global, que ao alterar o regime de chuvas pode implicar redução notável da geração hidrelétrica. (Conferência Internacional sobre Energias Renováveis em Bonn, Junho de 2004).

Por conta dos problemas acima descritos, a expansão da hidroeletricidade no Brasil hoje encontra diversos problemas que vão das dificuldades de licenciamento a uma enxurrada de processos judiciais que tem dificultado grandemente a implantação de novas usinas.

Numa escala menor, mas ainda importante, eletricidade e calor, têm sido gerados por meio da queima de combustíveis fósseis no país tanto em termelétricas conectadas a rede quanto em geradores isolados, caldeiras e fornos localizados em áreas urbanas. Estes usos também contribuem com a poluição local e são matéria de preocupação ambiental por conta de, por um lado, apresentarem tendência de crescimento e, por outro, serem de difícil controle, dada sua dispersão geográfica.

Os aquecedores solares são uma alternativa excelente para prover a água quente desejada nas habitações, no comércio e nos serviços, e tem muito a contribuir para a mitigação dos impactos socioambientais do setor elétrico brasileiro. A tecnologia apresenta amplas vantagens ambientais, econômicas e sociais: por substituir hidroeletricidade e combustíveis fósseis, cada instalação de aquecedores solares reduz de uma vez e para sempre o dano ambiental regional e local associado às fontes de energia convencionais, não produz gases e materiais particulados que contribuem para a poluição urbana, não requer área alagada adicional para geração de eletricidade e não deixa lixo radiativo como uma herança perigosa para as gerações futuras. Quando substituem combustíveis fósseis, os aquecedores solares reduzem a poluição ambiental por óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, compostos orgânicos voláteis e material particulado, trazendo grandes benefícios ao ar urbano.

Além de apresentar estas vantagens concretas, a instalação de aquecedores solares em escala contribui para diversas metas globais que foram definidas a partir da ECO-92 no Rio de Janeiro. Particularmente contribui com as diretrizes da Agenda 21 Brasileira, que no seu objetivo número quatro propunha entre suas ações e

recomendações “desenvolver e incorporar tecnologias de fontes renováveis de energia, levando em consideração a disponibilidade e a necessidade regional”, e também com a Declaração do Rio, adotada na Rio 92, que prevê em seu PRINCÍPIO 8 que “para atingir o desenvolvimento sustentável e a mais alta qualidade de vida para todos, os Estados devem reduzir e eliminar padrões insustentáveis de produção e consumo”.

Benefícios sociais Do Aquecimento Solar

Os aquecedores solares de água contribuem também para o desenvolvimento econômico de diversas maneiras. Por exemplo, não demandando investimentos de capital elevados para sua produção, podem ser produzidos por empresas de pequeno e médio porte, reconhecidamente importantes geradoras de empregos. A descentralização intrínseca nesta tecnologia também é responsável por importante geração de empregos em revendas, empresas de projeto e de instalação.

A tabela 2 apresenta o número de postos de trabalho criados por unidade de energia gerada em diversas fontes de energia. Nitidamente pode-se observar que fontes que dependem de grandes concentrações de capital e manejo de fontes fósseis geram quantidades de postos de trabalho bastante inferiores aquelas descentralizadas e renováveis. Enquanto a hidroeletricidade pode gerar cerca de 250 postos de trabalho por TWh, a tecnologia solar fotovoltaica pode gerar de entre 30 mil a 100 mil postos de trabalho para a mesma quantidade de energia. Apesar de o caso solar exemplificado na tabela 2 ser o fotovoltaico, estima-se que os aquecedores solares, pelas suas características, gerem um número de postos de trabalho de magnitude assemelhada.

Tabela 2 - Postos de trabalho gerados por diferentes formas de energia

Fonte	Postos de trabalhos anuais por TeraWatt -hora
<i>Nuclear</i>	75
<i>PCHs</i>	120
<i>Gás natural</i>	250
<i>Hidroeletricidade</i>	250
<i>Petróleo</i>	260
<i>Petróleo offshore</i>	265
<i>Carvão</i>	370
<i>Lenha</i>	733 - 1.067
<i>Eólica</i>	918 - 2.400
<i>Álcool</i>	3.711 - 5.392
<i>Solar(fotovoltaica)</i>	29.580 - 107.000

Fonte: Rodrigo Délcio *et al.*(2004).

Adicionalmente, e ainda no âmbito local e regional, efeitos econômicos benéficos também são induzidos por meio de economias significativas de combustível ou energia elétrica, de maneira que o investimento em aquecedores solares de água se paga em

períodos de três anos, ou até menos em certos casos. Para famílias de baixa renda, a experiência de instalação de aquecedores solares em habitações de interesse social tem mostrado que a economia na conta de luz pode ser entendida como um fator de distribuição de renda, redução da inadimplência e regularização dos serviços elétricos. (ABRAVA, 2008)

Neste ponto, pode-se ressaltar que o aquecimento solar de água em substituição ao chuveiro elétrico não tem sido entendido por técnicos e legisladores brasileiros como uma forma de geração de energia, mas apenas como uma medida eficiente de conservação e uso racional de energia e há muitos anos vários programas de governo são escritos, mas nenhum deles é oficialmente lançado no Brasil.

Com base na experiência já acumulada no Brasil, com a instalação de mais de 3,7 milhões de m² de área coletora ao final de 2007 (ABRAVA, 2008), pode-se afirmar que a substituição dos chuveiros elétricos e aquecedores a gás por aquecedores solares só tem apresentado vantagens, para todos os setores envolvidos, cujos benefícios e impactos positivos podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 - Benefícios do aquecimento solar.



Fonte: **Cidades Solares, 2011.**

Técnicas e Tecnologias Desenvolvidas para Auxiliar o Dimensionamento

Com o objetivo de evitar o custo e o trabalho do uso de simuladores numéricos em projetos convencionais de sistemas de aquecimento solar, alguns modelos com correlações empíricas de desempenho de sistemas de aquecimento solar foram elaborados. A base da elaboração destes modelos está no uso de simuladores: através

da simulação exaustiva de diversos casos. São levantados coeficientes de correlação entre dados adimensionais do projeto. Estes modelos são geralmente restritos a faixas de dimensionamento, fora destas faixas é perdida a sua utilidade.

Klein e Beckman (1976) conceberam o modelo *F-Chart* utilizando o conceito de fração solar onde é calculado para cada mês do ano uma fração solar mensal média, através de correlações empíricas, dessa forma é obtida a fração solar anual F , e são feitos cálculos tecno-econômicos para o dimensionamento das placas coletoras. Esse estudo foi dedicado a sistemas de aquecimento de água bombeados, e com a hipótese de mistura perfeita (nenhuma estratificação) no RT.

Trabalhos análogos ao *F-Chart*, que estabelecem curvas empíricas a partir de simulações numéricas, foram desenvolvidos. Klein e Beckman [1979], utilizando o conceito de energia utilizável diária, desenvolveram o modelo Φ -*F-Chart* de desempenho anual, para sistemas que levam em conta a capacidade finita de armazenamento de um reservatório e a energia que é acumulada na água, de um dia para outro, o que reduz a eficiência da placa coletora. Tal modelo se aplica a sistemas em ciclo fechado, isto é, que utilizam de trocadores de calor e onde não existe reposição de água fria.

O simulador com patente brasileira desenvolvidos pela universidade Federal do Rio Grande do Sul, o Software TERMOSIM é capaz de fazer simulações para aquecedores solares em sistema termossifão ou circulação forçada de maneira confiável e também faz análise econômica da implantação do produto em substituição do sistema convencional de aquecimento de água. O usuário ingressa com os dados de consumo de água e detalhes da fabricação do coletor solar e o programa sugere um dimensionamento, o qual poderá ser modificado a critério do usuário, e a seguir se procede uma simulação em base horária considerando todas as temperaturas envolvidas no sistema.

Manea (2009) realizou simulação computacional com diversos tipos de aquecedores solares, através do software TERMOSIM, visando atender uma casa popular hipotética situada em Porto Alegre com o custo inicial do sistema de R\$ 4.217,00 obteve-se um retorno do investimento financeiro em seis anos e oito meses com TIR (Taxa interna de retorno) estimada em 23,48%.

Silva e Souza (1999) com o trabalho intitulado: Viabilidade Econômica da Energia Solar evidenciaram a técnica da decisão probabilística, modelo teórico apresentado para a abordagem do problema de decidir se deve ou não investir em um sistema de energia solar. O lucro líquido do consumidor que utiliza a energia solar depende, entre outras variáveis, do tempo de vida do coletor solar, do custo futuro da energia alternativa, e a taxa de juros da economia gerada. As incertezas sobre as variáveis são tratadas em um modelo dinâmico integrado, que é então usado para simular as possibilidades de escolha

entre a energia solar e energia elétrica para aquecimento de água doméstica, avaliando os riscos envolvidos.

Batista (2006) realizou pesquisas de mercado a respeito da viabilidade da utilização de aquecedores solares em resorts no nordeste brasileiro, mostrou que mesmo com o custo elevado os aquecedores solares têm um ótimo retorno financeiro, se comparados a outras técnicas de aquecimento de água. Gerando para o empreendimento uma economia na ordem de R\$ 7,06 por litro de água quente consumindo diariamente em um projeto durante toda a vida útil dos coletores, que podem ultrapassar 20 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar a análise da eficiência e economia do sistema de aquecimento solar, foi utilizado o software Dimensol 1.1. desenvolvido pela ELETROBRAS e PUC Minas. Acompanhada desta simulação, foi realizada uma análise da disposição/interesse dos habitantes em adquirir equipamento de aquecimento solar, por meio de aplicação de questionário e revisão da literatura, que possibilitou verificar se este equipamento com o valor, qualidade e eficiência que hoje é encontrado no mercado brasileiro se aplica a cultura e situação financeira dos moradores da cidade de Cuiabá.

O Software Dimensol

Este aplicativo foi desenvolvido no âmbito do convênio Eletrobrás - PUC Minas - ECV184/06 com o objetivo de simular o desempenho anual de instalações de aquecimento solar de água a partir de seus parâmetros físicos e econômicos.

O programa foi desenvolvido de modo a facilitar a navegabilidade seguindo-se uma sequência típica de dimensionamento de um sistema de aquecimento solar. O usuário pode avaliar a radiação incidente nos coletores solares, realizar projeções de consumo conforme locais de utilização de água quente e obter a fração solar da instalação com base no método da Carta-F. Os parâmetros econômicos incluem a Simulação da Conta de Energia e da Análise de Viabilidade Econômica.

A simulação da conta de energia permite fazer uma aproximação do valor da conta, utilizando uma função externa apropriada para calcular o valor da tarifa de energia ou usar uma tarifa imposta pelo usuário. No programa em questão são fornecidas duas funções de cálculo de tarifa, "PadrãoGeral 1.0" e "PadrãoGeral 2.0", que fazem uma aproximação para qualquer região no Brasil.

O aplicativo foi criado para operar no sistema operacional Microsoft® Windows XP™. Embora seja compatível com outras versões do mesmo sistema (Vista e 7 foram testadas).

Dados da Simulação

Como este trabalho visou atingir a maior parcela das residências de Cuiabá, e não um único consumidor, e foi realizada uma simulação geral onde os dados que visam atendimento único e peculiar de uma residência foram deixados em branco. Também se considerou para este trabalho que não existe sombra no coletor durante todo ano. Foi

avaliada a eficiência de um equipamento solar hipotético funcionando com circulação natural (Termossifão), dimensionou-se o sistema visando atender um reservatório térmico de 400 litros, isto é um reservatório de porte médio que atende a maior parte das famílias da cidade, com quatro ou mais moradores tomando banha quente pelo menos uma vez por dia, numa vazão média do chuveiro de 8 litros por minuto sugeridos pelo software Dimensol. Também se avaliou a economia financeira gerada com a instalação do mesmo.

Os dados do coletor solar foram obtidos através da tabela do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de energia elétrica), ilustrada abaixo na figura 8. Os principais fatores que contribuíram para escolha da marca Soletrol modelo - Max alumínio 2m², para ser o modelo a ser testado na simulação, foi pelos seguintes motivos: O coletor detém a classificação A nos testes do PROCEL, a marca Soletrol® oferece soluções técnicas para residências já construídas, isto é, para casas que não têm instalações de água quente, que correspondem à maioria das residências da cidade e a empresa também faz o pré-dimensionamento do aquecedor via telefone, através da aplicação de um questionário rápido e de fácil resolução.

Os parâmetros aferidos pelo INMETRO (figura 8) para o coletor solar Max alumínio 2m² são:

- Área externa do coletor: 2,00m²
- Material da superfície absorvedora: Alumino
- $F_R U_L = 6,074$
- $F_R(T_c \alpha_p) = 0,749$
- Classificação: A



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA
NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM



50 Empresas
65 Marcas
262 MODELOS ETIQUETADOS
152 C/SELO PROCEL 58,02%



CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO 2010

SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA - EDIÇÃO 03/2011

Produção de Energia Mensal Específica em m²
(kWh/mês.m²)

1 - COLETORES SOLARES

CLASSES	ÍNDICE BANHO / ACOPLADO	ÍNDICE PISCINA	BANHO		ACOPLADO		PISCINA		TOTAL (B+A+P)	
			TOTAL	%	TOTAL	%	TOTAL	%		
A	$P_{me} > 77,0$	$P_{me} > 95,0$	104	57,5	0	0,0	48	60,0	152	Mais Eficiente
B	$77,0 \geq P_{me} > 71,0$	$95,0 \geq P_{me} > 87,0$	65	35,9	1	100,0	27	33,8	93	
C	$71,0 \geq P_{me} > 61,0$	$87,0 \geq P_{me} > 79,0$	11	6,1	0	0,0	2	2,5	13	
D	$61,0 \geq P_{me} > 51,0$	$79,0 \geq P_{me} > 71,0$	0	0,0	0	0,0	2	2,5	2	
E	$51,0 \geq P_{me} > 41,0$	$71,0 \geq P_{me} > 63,0$	1	0,6	0	0,0	1	1,3	2	Menos Eficiente
			181		1		80		262	

APLICAÇÃO: BANHO

14/03/11

1 FABRICANTE	2 MARCA	3 MODELO	4 PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO			5 ÁREA EXTERNA DO COLETOR (m ²)	6 PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL DE ENERGIA		7 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIA (%)	8 CLASSIFICAÇÃO	9 MATERIAL SUPERFÍCIE ABSORVEDORA	10 Fr(α)n	11 FrUL	12 SELO PROCEL (t)
			(kPa)	(mca)	(m ²)		Por Coletor	Por m ² (Específica)						
							(kWh/mês)	(kWh/mês.m ²)						
PRO-SOL	PRO-SOL	MASTER	400,0	40,8	2,01	152,2	75,7	55,0	B	ALUMÍNIO	0,735	6,870		
PRO-SOL	PRO-SOL	MASTER 1.5	400,0	40,8	1,51	114,3	75,7	55,0	B	ALUMÍNIO	0,735	6,87		
SOLAGUA	SOLAGUA	CS-3-12C	400,0	40,8	2,01	144,1	71,7	51,7	B	ALUMÍNIO	0,677	6,484		
SOLAR MINAS	SOLAR MINAS	SM 103	400,0	40,8	1,02	82,4	80,8	57,5	A	ALUMÍNIO	0,762	6,936	SIM	
SOLAR MINAS	SOLAR MINAS	SM 201	400,0	40,8	2,03	164,0	80,8	57,5	A	ALUMÍNIO	0,762	6,936	SIM	
SOLAR MINAS	SOLAR MINAS	SM 201HZ	400,0	40,8	2,03	164,0	80,8	57,5	A	ALUMÍNIO	0,762	6,936	SIM	
SOLAR MINAS	SOLAR MINAS	SM 151	392,0	40,0	1,51	121,1	80,2	57,2	A	ALUMÍNIO	0,740	6,235	SIM	
SOLAR MINAS	SOLAR MINAS	SM 151HZ	400,0	40,8	1,51	121,1	80,2	57,2	A	ALUMÍNIO	0,740	6,235	SIM	
SOLAR MINAS	SOLAR MINAS	SM 152	400,0	40,8	1,51	117,6	77,9	55,4	A	ALUMÍNIO	0,733	6,402	SIM	
SOLAR MINAS	SOLAR MINAS	SM 104	400,0	40,8	1,02	64,7	63,4	45,5	C	ALUMÍNIO	0,627	6,667		
SOLAR NOBRE	SOLAR NOBRE	SN - 1000	392,0	40,0	1,01	78,9	78,1	55,9	A	ALUMÍNIO	0,748	7,441	SIM	
SOLAR NOBRE	SOLAR NOBRE	SN - 1600	392,0	40,0	2,00	154,6	77,3	56,7	A	ALUMÍNIO	0,756	7,292	SIM	
SOLAR NOBRE	SOLAR NOBRE	SN - 1600	392,0	40,0	1,61	124,5	77,3	56,7	A	ALUMÍNIO	0,756	7,292	SIM	
SOLAR NOBRE	SOLAR NOBRE	SNh - 1600	392,0	40,0	1,61	124,5	77,3	56,7	A	ALUMÍNIO	0,756	7,292	SIM	
SOLAR NOBRE	SOLAR NOBRE	SNh - 2000	392,0	40,0	2,00	154,6	77,3	56,7	A	ALUMÍNIO	0,756	7,292	SIM	
SOLARIUM	SOLARIUM	PP 200	98,0	10,0	2,36	146,2	61,9	48,6	C	TERMOPLÁSTICO	0,760	14,726		
SOLETROL	SOLETROL	INDUSTRIAL PLUS	400,0	40,8	1,92	153,4	79,9	58,8	A	ALUMÍNIO	0,747	6,134	SIM	
SOLETROL	SOLETROL	MINI MAX COBRE	392,0	40,0	1,02	71,1	69,7	51,7	C	COBRE	0,631	4,402		
SOLETROL	SOLETROL	MAX ALUMÍNIO 1,80 m ²	400,0	40,8	1,59	128,2	80,6	59,7	A	ALUMÍNIO	0,749	6,074	SIM	
SOLETROL	SOLETROL	MAX ALUMÍNIO HORIZONTAL 1,80 m ²	400,0	40,8	1,58	127,3	80,6	59,7	A	ALUMÍNIO	0,749	6,074	SIM	
SOLETROL	SOLETROL	MAX ALUMÍNIO 2,00 m ²	400,0	40,8	2,00	161,2	80,6	59,7	A	ALUMÍNIO	0,749	6,074	SIM	
SOLETROL	SOLETROL	MAX ALUMÍNIO 1,60m ² CMOLDURA E FUNDO DE AÇO INOX	400,0	40,8	1,58	127,3	80,6	59,7	A	ALUMÍNIO	0,749	6,074	SIM	
SOLETROL	SOLETROL	MAX ALUMÍNIO 2,00m ² CMOLDURA E FUNDO DE AÇO INOX	400,0	40,8	2,00	161,2	80,6	59,7	A	ALUMÍNIO	0,749	6,074	SIM	
SOLETROL	SOLETROL	MINI MAX ALUMÍNIO	392,0	40,0	1,02	68,8	67,5	53,8	C	ALUMÍNIO	0,686	6,150		

Figura 8. Tabela de classificação PROCEL de coletores solares. (Fonte: INMETRO, 2011).

A radiação que incide sobre o coletor depende dentre outros motivos da refletância do local onde o coletor foi colocado, da orientação e da inclinação. Onde se considerou a refletância igual a 0,27, devido o local onde os coletores são comumente instalados, isto é sobre o telhado da casa que apresenta valores próximos ao do tijolo vermelho que tem sua refletância pré-armazenada no software. Quanto a sua orientação foi considerado que esta sendo apontado para o norte verdadeiro, isto é, seu ângulo azimutal é de 180°. E por fim sua inclinação de 26° foi adotada conforme indicação da literatura para a cidade de Cuiabá, que seria o acréscimo de 10 graus na latitude do local.

O sistema auxiliar possui uma resistência elétrica de potência reduzida, que tem potência que varia de 1,5 kW a 3,5 kW, o que dá para concluir-se que o consumo será de

no máximo 3,5 kWh a cada hora em que estiver acionado (SOLETROL, 2011). A potência instalada no reservatório térmico foi adotada de 3,5 kWh, que é um valor encontrado comercialmente.

Para a simulação da economia da conta de energia elétrica obtida em decorrência da instalação de um sistema de aquecimento solar os dados condizentes as taxas e tarifas cobradas na cidade, pela concessionária de energia CEMAT (Centrais Elétricas Matogrossenses), que foram inseridos no cálculo, estão apresentados na Tabela 3. Foi também incluso para este cálculo os mais comuns equipamentos eletro-eletrônicos presente nas residências brasileiras.

Tabela 3 – Tarifa cobrada pela CEMAT.

Descrição	R\$/kWh*
B1 Residencial	0,41257
B1 residencial Baixa Renda	-
Consumo Mensal inferior ou igual a 30 kWh	0,13743
Consumo mensal superior a 30 kWh e inferior ou igual a 100 kWh	0,23566
Consumo mensal superior a 100 kWh e inferior ou igual a 220 kWh	0,35345
Consumo Mensal superior a 220 kWh	0,39276

Fonte: ANEEL, 2011.

***Os valores constantes da Resolução Homologatória N° 1131 publicada em 08/04/2011 são expressos em R\$/MWh. A Variação percentual em relação ao período anterior foi de 13,16%.**

As alíquotas do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para os consumidores da CEMAT são definidos pelo Código Tributário do estado do Mato Grosso, Leis n°. 7098/98, n°. 7272/00, n° 9.362/10 e pelo Decreto do ICMS Rural (Tabela 4).

Tabela 4 - Consumidores residenciais.

Faixa de Consumo – KWh	Alíquota*
De 0 a 100 KWh	isento
De 101 a 150 KWh	10%
De 151 a 250 KWh	17%
De 251 a 500 KWh	25%
Acima de 500 KWh	27%

Fonte: CEMAT, 2011.

***Consumidores Comerciais: 27% com redução de 10% na base de cálculo.**

***Consumidores Industriais : 27% para todas as faixas de consumo.**

A análise da viabilidade econômica foi calculada através dos seguintes dados previamente obtidos:

- ✓ Orçamento do aquecedor solar, que foi fornecido pela empresa Soletrol®, como mostra a tabela 5.

- ✓ Os valores de manutenção foram considerados de 2%, já indicado pelo software Dimensol, mas segundo Batista, 2006 e Lafay, 2005 a manutenção deste equipamento pode ser considerada nula se comparados ao valor total do produto.
- ✓ Taxa de aumento de E.E.(Energia Elétrica), foram considerados de 6% que é o valor sugerido pelo programa, mas segundo a nota técnica emitida pela CEMTAT no ano de 2009 para 2010 a taxa de aumento se deu em 7,34%.
- ✓ Custo de oportunidade: 0,75.
- ✓ O valor da instalação foi considerado de R\$ 300,00, que seria o valor repassado ao técnico instalador e alguns ajustes específicos nas instalações residenciais.

Tabela 5 - Orçamento do Sistema de Aquecimento Solar.

Produtos Soletrol			
Quant.	Descrição	Valor Unitário	Subtotal
1	Reserv. térmico de nível soletrol Max Inox 400Litros	1.032,00	1.032,00
2	Coletor solar Soletrol Max 2,00m ² vertical	444,00	888,00
1	Registro misturador solar soletrol	150,00	150,00
Total dos Produtos – 2.220,00			
Condições comerciais	Cartao visa – em até 5 vezes iguais sem juros		
	Financiamento ABN – em ate 5 vezes com primeira parcela em até 60 dias da data do pedido.		
Garantia	5 anos para conjunto deaquecedores solares, 3 meses para acessórios e 2 anos para aquecedores solares compactos, conforme certificado de garantia.		
Detalhes técnicos	Temperatura média anual de 55 C.		
Instalação	Materiais e serviços de instalação por conta do cliente		

Fonte: Adaptado de Soletrol,2011.

O Questionário

De maneira a garantir a confiabilidade da pesquisa o número de questionários aplicados foi calculado de acordo com Gil (1989) para populações infinitas, isto é população acima de 100mil habitantes, e nível de confiança de 95,5%. A aplicação do questionário foi realizada em diversos pontos da cidade onde existe grande concentração de pessoas, como praças do centro comercial, filas de Bancos, lotéricas e correios, assim obteve-se uma heterogeneização da pesquisa. De acordo com a referência a determinação do tamanho da amostra para populações infinitas é dada pela equação (1).

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot \rho \cdot q}{e^2} \quad (1)$$

Onde:

n : Tamanho da amostra;

σ : Nível de confiança;

p : Percentagem com o qual o fenômeno se verifica;

q : Percentagem complementar ($100-p$);

e : Erro máximo permitido.

Segundo Gil (1989), caso não for possível fazer a estimativa da percentagem com a qual o fenômeno se verifica, adota-se o valor máximo de p que é 50.

Para nosso caso adotamos os seguintes valores:

$$\sigma^2 = 95,5\%$$

$$p = 50$$

$$q = 50$$

$$e = 5\%$$

Então obtivemos o numero de elementos da nossa amostra, que é $n = 400$.

A análise da disposição e interesse foi realizada através da aplicação de 403 questionários com 18 questões objetivas, com moradores da capital e a análise dos questionários aplicados foram feitas com o auxílio do programa Microsoft Excel, de onde foram gerados as tabelas e os gráficos da pesquisa. O questionário aplicado esta disponível no ANEXO I.

As questões de 1 a 6 foram elaboradas para se obter dados relacionados a população e seus hábitos de consumo, já as questões de 7 a 9 verificam o grau de conhecimento dos entrevistados com relação ao produto, as questões 10 e 11 apresentam-se para verificar o grau de conscientização ambiental dos habitantes de Cuiabá, as questões de 12 a 18 avaliam o interesse, por parte dos habitantes, em fazer o investimento neste tipo de equipamento.

Área de Estudo

A cidade de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, localiza-se nas coordenadas geográficas de 15°35'56" de latitude sul e 56°06'01" de longitude oeste de Gr.. Na direção sul, iniciam-se os primeiros declives do Pantanal Mato-grossense, caracterizando o aspecto de acumulação recente dos sedimentos dessa área enquanto nas direções norte, nordeste e noroeste a cidade está circundada pelas áreas serranas dos Planaltos dos Guimarães e dos Parecís, Maitelli *et. al.* (Apud ROSS e SANTOS, 1982).

O sítio urbano da cidade de Cuiabá possui 254,97 Km² (Perfil Socioeconômico de Cuiabá, Vol. IV, 2010). Nos seus terrenos predominam os depósitos aluvionares inconsolidados, constituídos predominantemente por areias finas, areias siltosas ou argilosas da formação do Pantanal, de origem fluvial de idade quaternária. O relevo é pouco acidentado e a altitude na área urbana variam de 146 a 259 metros.

Sua cobertura vegetal é constituída principalmente pela vegetação de cerrado e a mata ciliar aparece próximo aos córregos. Nas áreas periféricas da cidade domina a vegetação de cerrado, com árvores de 4 metros de altura, caule e ramos retorcidos; suberosos, folhas ceríceas, com copas que se tocam e cerradão, tipo vegetacional florestal de cerrado, com árvores de 8 metros de altura e copas entrelaçadas. A mata ciliar acompanha os corpos d'água e tem árvores com 10 metros de altura. A mata semi-decídua e a mata de encosta, com espécies arbóreas com estratos contínuos de 10 metros de altura ocorrem mescladas aos demais tipos de vegetação e nas áreas de relevo mais acentuado. Assim, a vegetação nativa da região e espécies remanescentes do cerrado formam um verdadeiro cinturão verde em torno da área urbanizada de Cuiabá (GUARIM, 1990).

O núcleo urbano de Cuiabá foi criado em 1719 e recebeu foros de cidade em 1818. Sua origem está ligada ao ciclo do ouro que trouxe a imigração inicial para a região.

A população de Cuiabá era de 35.987 habitantes em 1872, de 54.394 hab em 1940 e de 56.828 habitantes em 1960, o que mostra um baixo crescimento demográfico nesse período. Em 1970 a população era de 108.860 hab, em 1980 praticamente havia duplicado o número de habitantes com 212.980 pessoas. Atualmente o número de hab é de 526.830, com 95% da população residente na zona urbana (Perfil Socioeconômico de Cuiabá, Vol. IV, 2010).

A cidade apresenta uma malha viária antiga de traçado irregular, principalmente no centro da cidade, com ruas estreitas, características de uma ocupação em região de garimpo, alternadas com avenidas mais amplas que se multiplicaram após a década de 1970.

O surgimento do casario, próximo e paralelo ao córrego da Prainha, hoje canalizado, definiu o núcleo central da cidade onde se localizam o comércio varejista, os bancos e grande parte das repartições públicas.

Atualmente, algumas ruas do centro foram fechadas para o tráfego de automóveis e constituem os calçadões cimentados e com grande circulação de pessoas e comércio de ambulantes.

Novos conjuntos habitacionais são implantados freqüentemente em áreas vazias, previamente desmatadas, principalmente nas direções norte e nordeste da cidade.

O crescimento vertical da cidade é notável, tanto no entorno do distrito comercial e no bairro do Coxipó, a sudeste, como na Avenida Rubens de Mendonça, direção nordeste da cidade.

O clima da cidade é do tipo Aw de Koppen, isto é, Tropical Semi Úmido, com 4 a 5 meses secos e duas estações bem definidas, uma seca (outono–inverno) e uma chuvosa (primavera-verão), com características de continentalidade.

Analisando o período de 1970 a 2007, verifica-se que a média anual é de 26°C; a média das máximas é de 32.8°C, enquanto que a média das mínimas é de 21.5°C. O valor da precipitação média anual do período é de 1 356,9 mm (Tabela 6).

Tabela 6 - Médias mensais de variáveis climatológicas observadas em Cuiabá/MT, período de 1970-2007.

Mês	Temperatura do Ar (°C)			Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)
	Média Compensada	Média das Máximas	Média das Mínimas		
Jan	27,3	27,1	24,0	81,2	209,1
Fev	26,6	31,9	23,5	84,5	247,6
Mar	27,1	32,9	23,7	80,5	180,6
Abr	25,9	27,1	21,8	74,8	116,2
Mai	23,7	25,4	19,5	76,5	29,9
Jun	23,0	26,5	18,7	70,3	7,3
Jul	22,7	26,3	16,9	66,5	18,9
Ago	25,4	34,2	18,1	56,8	9,6
Set	26,9	34,1	20,9	61,2	51,5
Out	27,9	34,2	23,6	60,5	130,2
Nov	27,4	33,4	23,6	74,0	188,4
Dez	27,5	33,2	24,0	77,5	167,7
Média Anual	26,0	32,8	21,5	72,7	1.356,9

Fonte: 9º Distrito de Meteorologia – INMET (Cuiabá/MT)
Lab. de Climatologia – Dep. de Geografia/UFMT

Nos meses de outubro e novembro, as máximas atingem, muitas vezes valores de 40°C com umidade relativa de 18%, nas horas mais quentes do dia. O ritmo sazonal de precipitação, é marcado por uma estação seca bem definida no período de inverno. Entretanto, na estação chuvosa ocorrem violentas tempestades entremeadas por períodos de transição sob o calor do sol intenso; nesse período são comuns as inundações ao longo do Rio Cuiabá e dos inúmeros córregos que cortam a cidade, além das áreas centrais. Devido à modesta altitude da zona urbana e o fato de ser circundada por chapadões, a ventilação é bastante prejudicada, ficando na maioria das vezes, abaixo de 1m/seg.

A figura 9 mostra índices de insolação para a cidade de Cuiabá entre os anos 1961 a 1990.

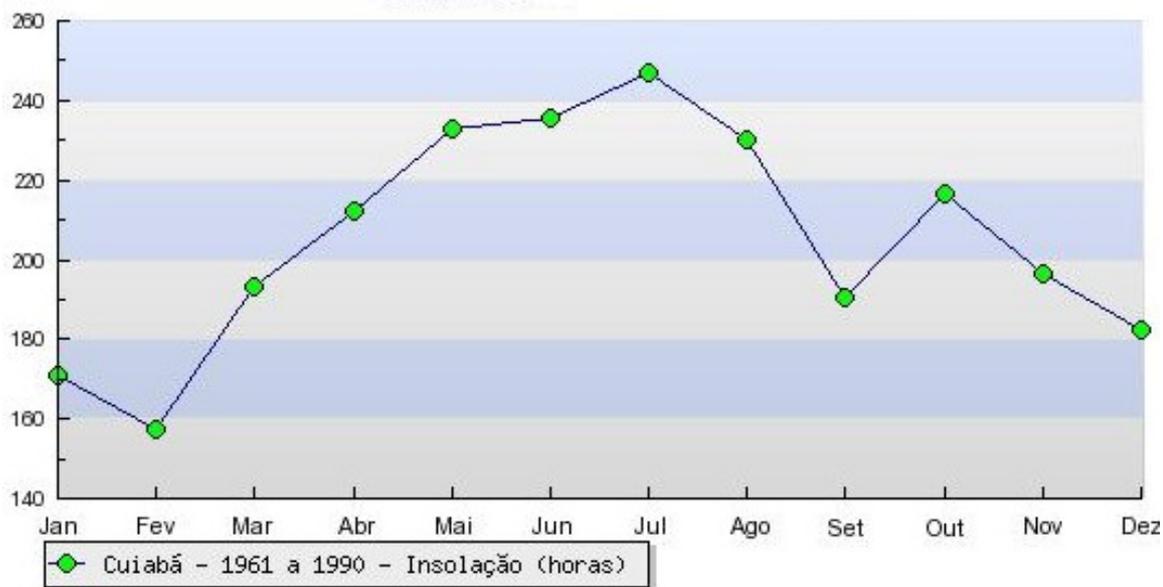


Figura 9. Normais climatológicas. (Fonte: INMET, 2011).

Consumo De Energia Elétrica

O mercado de consumo da energia elétrica das cinco regiões brasileiras no período de 2010 é evidenciado na tabela 7 que enumera a quantidade de consumidores, consumo de energia elétrica, Receita de Fornecimento e Tarifa Média.

Tabela 7 - Consumidores, Consumo, Receita, Tarifa Média – Por região.

Região	Consumo de E. E. (MWh)	Receita de Fornecimento de E. E.(R\$)	Numero de Unidades Consumidoras	Tarifa Media de Fornecimento (R\$)
Centro Oeste	23.452.799	6.004.705.481,46	5.040.479	256,03
Nordeste	58.497.208	14.126.552.488,28	17.599.163	263,56
Norte	18.330.317	4.777.224.230,51	3.868.672	281,03
Sudeste	149.176.060	41.070.195.980,81	30.746.449	275,43
Sul	60.722.799	15.164.474.690,02	10.616.276	249,73
Total Geral	310.179.183	81.143.152.871,08	67.871.039	265,16

Fonte: ANEEL, 2011.

A concessionária de energia Rede CEMAT (Centrais Elétricas Matogrossenses S/A), que atua na região Matogrossense, aparece na 27ª colocação no Ranking de consumidores da ANEEL, 2011 (Agencia Nacional de Energia Elétrica), que contém uma lista de 475 empresas do ramo. (Apêndice – quadro 2)

A Cemat distribui energia elétrica para Mato Grosso, numa área de concessão de 903.358 km², beneficiando mais de um milhão de clientes nos 141 municípios do Estado. A Cemat atendeu no ano de 2009, 992.368 consumidores e, deste total, 97,7% estão conectados ao Sistema Interligado Nacional.

No ano de 2010 foram distribuídos 5.018.055 MWh, o que resultou em um crescimento de 4,94% no ano. A classe residencial, responsável por 32,2% do consumo total, apresentou uma evolução de 7,4%, influenciada principalmente pelo fato das médias das temperaturas máximas estarem menores que o ciclo anterior e pelo aumento da quantidade de chuvas.

A classe comercial, a segunda maior classe da Cemat, com uma participação de 22% do consumo total, apresentou incremento de 4,8%. Este setor também sofreu influência das variações climáticas e do resultado do ano anterior. Os setores de comércio varejista, comércio atacadista e de serviços puxaram a alta de 2009.

Já a classe industrial, a terceira mais representativa, com participação de 21,2%, registrou um aumento de consumo de apenas 0,6%, devido principalmente a uma base muito elevada e também à retração das atividades de extração e tratamento de produtos minerais, madeireiros e produtos têxteis, que juntos, têm participação de aproximadamente 19% na classe. Em compensação, as atividades com maior peso no setor industrial, como produtos alimentícios, bebidas e construção civil, tiveram variação positiva no ano.

A tarifa cobrada na Base de cálculo Residencial em Mato Grosso, R\$/kWh 0,41257, ocupa a 9ª colocação em uma lista de 64 concessionárias de energia elétrica (ANEEL, 2011) (apêndice – quadro 3).

O Método da Fração Solar

A economia a ser atingida depende do padrão de consumo de cada tipologia: hábitos dos moradores, eletrodomésticos usados, frequência de sua utilização e tarifas praticadas pela concessionária de energia elétrica local, dentre outros.

Por exemplo, uma residência da classe A onde se utiliza, de forma intensiva, água quente em duchas de elevada vazão, em banhos de longa duração, em banheiras de hidromassagem, na cozinha e lavanderia a conta de energia elétrica ao final do mês é bastante elevada. Entretanto esse valor também é decorrente do uso do ar condicionado em todos os quartos e salas, de fornos elétricos e de microondas, de geladeiras e congeladores de diferentes portes, etc. Neste caso, embora o consumo de água quente seja alto, o impacto na conta mensal de energia elétrica decorrente do aquecimento solar poderá ser relativamente menor ao obtido em uma residência da classe D, que dispõe

apenas de uma televisão e geladeira pequena e cuja participação do chuveiro na conta de energia é muito mais significativa do que no primeiro caso.

De uma forma geral, pode-se afirmar que a substituição de sistemas convencionais de aquecimento de água por energia solar atende a uma dicotomia do mercado brasileiro: Conforto versus Economia. Em determinadas classes sociais, busca-se intensivamente o maior conforto propiciado pelo aquecimento solar central, enquanto que para a classe média e de baixa renda, a economia obtida torna-se cada vez mais importante e decisiva.

Para a avaliação da economia de energia obtida com a utilização do aquecimento solar, nas condições específicas de cada obra, utiliza-se, internacionalmente, o Método da Carta F. Este método avalia a contribuição da energia solar na demanda total de energia para aquecimento de água, conhecida como fração solar.

A fração solar f para um determinado mês do ano é definida como a razão entre a contribuição do sistema de aquecimento solar (Q_{solar}) e a demanda mensal de energia ($L_{\text{mês}}$), calculada mediante a equação (2):

$$f_{\text{mês}} = \frac{Q_{\text{solar}}}{L_{\text{mês}}} \quad (2)$$

Sendo que a energia necessária para aquecer este volume de água ao final do mês ($L_{\text{mês}}$), qualquer que seja a forma de aquecimento escolhida e dada pela 1ª Lei da Termodinâmica na forma da equação (2.1.).

$$L_{\text{mês}} = \rho \frac{V_{\text{mês}}}{1000} \frac{C_p (T_{\text{banho}} - T_{\text{amb}})}{3600} \text{ [kWh/mês]} \quad (2.1)$$

Onde:

ρ : densidade da água, considerada igual a 1000kg/m³;

C_p : calor específico da água a pressão constante igual a 4,18 kJ/kg°C;

T_{banho} e T_{amb} : correspondem a temperatura desejada para a água de banho e a temperatura ambiente.

Beckman *et al.* (1977) propuseram dois parâmetros adimensionais e empíricos X e Y, representados na equação 2.2 e 2.3.

$$X = \frac{A_c F_R U_L (T_{\text{REF}} - T_{\text{amb}}) \Delta t_{\text{mês}}}{L_{\text{mês}}} \quad (2.2)$$

$$Y = \frac{A_c F_R (\tau_c \alpha_p) H_T N_{\text{mês}}}{L_{\text{mês}}} \quad (2.3)$$

Onde:

A_c : área total de coletores solares, em m²;

F_{RUL} : produto do fator de remoção e coeficiente global de perdas térmicas do coletor solar, expresso em $W/m^2 \text{ } ^\circ C$, calculado experimentalmente nos ensaios do PBE / INEMTRO;

T_{REF} : temperatura de referência, considerada constante e igual a $100^\circ C$;

T_{amb} : temperatura ambiente média para o mês em questão, $^\circ C$;

$\Delta t_{m\acute{e}s}$: duração do mês, em segundos;

$L_{m\acute{e}s}$: demanda total de energia para aquecimento do volume de água (V), calculada pela Equação 2.1;

$F_R(T_c \alpha_p)$ produto do fator de remoção, transmissividade do vidro e absorvidade da tinta dos coletores, para ângulo médio de incidência da radiação direta, expresso em $W/m^2 \text{ } ^\circ C$. De modo geral, pode ser considerado igual a 96% do valor medido experimentalmente nos ensaios do PBE / INMETRO;

H_T : radiação solar diária em média mensal incidente no plano do coletor por unidade de área, J/m^2 ;

$N_{m\acute{e}s}$: numero de dias do mês.

A determinação da fração solar f pode ser feita pelo ábaco da Figura 23 ou através da equação 2.4, proposta por Klein.

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 \quad (2.4)$$

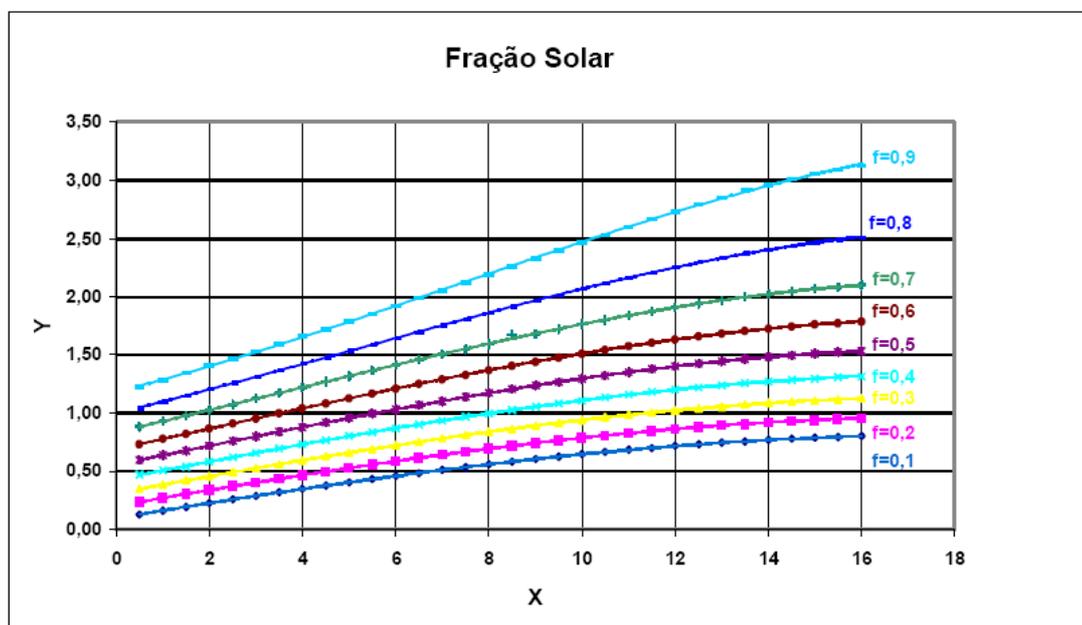


Figura 10. Ábaco para a determinação da Fração solar – f . (Fonte: ABRAVA, 2008).

Para maiores detalhes, recomenda-se consultar Duffie e Beckmann [1991]. A fração solar anual F é definida como a razão entre a soma das contribuições mensais do aquecimento solar e a demanda anual de energia que seria necessária para fornecer o mesmo nível de conforto, sendo calculada pela equação 2.5.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} f_i L_i}{\sum_{i=1}^{12} L_i} \quad (2.5)$$

No gráfico da Figura 24, apresenta-se uma análise da influência da temperatura de armazenamento na fração solar final. Estes dados foram obtidos para a cidade de Belo Horizonte a partir da variação da relação entre o volume de água quente a ser armazenado e a área total de coletores solares.

Uma análise desse gráfico permite avaliar facilmente que, para uma mesma configuração da instalação solar, quanto menor for a temperatura desejada maior será a fração solar.

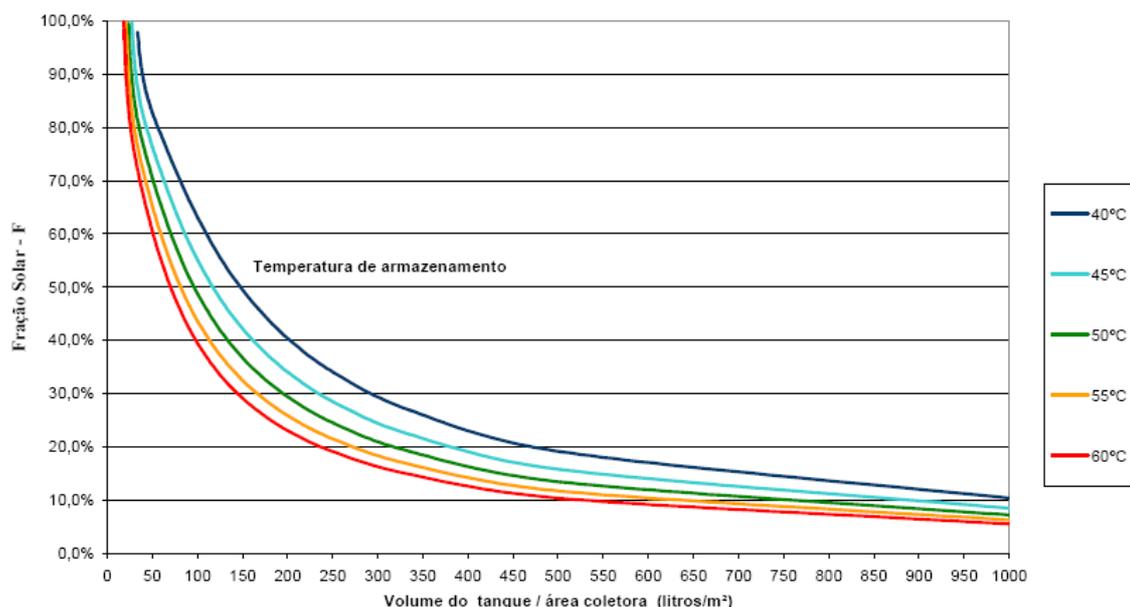


Figura 11. Influencia da temperatura de armazenamento na fração solar. (Fonte: ABRAVA, 2008).

Os coletores solares no Brasil são ensaiados, no contexto do PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem) e para se obter um desempenho ótimo, uma instalação de aquecimento solar bem dimensionada deve apresentar frações solares entre 60 e 80%.

Nos relatórios emitidos pelo PBE, extrai-se 3 importantes grandezas necessárias ao dimensionamento da área coletora e específicos de cada produto disponível no mercado:

- ✓ Área unitária de cada modelo de coletor solar;
- ✓ $F_R U_L$: produto do fator de remoção e coeficiente global de perdas térmicas do coletor solar, expresso em $W/m^2 \text{ } ^\circ C$, calculado experimentalmente nos ensaios do PBE /INMETRO;
- ✓ $F_R(T_c \alpha_p)$ produto do fator de remoção, transmissividade do vidro e absorvidade da tinta dos coletores, para angulo médio de incidência da

radiação direta, expresso em $W/m^2 \text{ } ^\circ C$. De modo geral, pode ser considerado igual a 96% do valor medido experimentalmente nos ensaios do PBE / INMETRO.

Análise da viabilidade econômica

A decisão quanto à troca de equipamentos convencionais de aquecimento por energia solar ou mesmo a instalação pura e simples deste, se constitui em um exemplo de utilização de conceitos de Análise de Investimentos que é um ramo da Matemática Financeira, cuja maior preocupação é com o comportamento do capital no tempo.

A Análise de Investimentos é definida como “o conjunto de técnicas que permitem a comparação, de uma maneira científica, entre os resultados de tomada de decisões referentes a alternativas diferentes.”

Os métodos aplicados a para se fazer uma análise da viabilidade econômica são necessários a aplicação dos cálculos do **Valor Presente Líquido (VPL)**, da **Taxa Interna de Retorno (TIR)**, do **Pay Back Simples** e do **Pay Back Descontado**. É através do resultado destas análises que podemos dizer se o investimento aplicado ao aquecimento solar será ou não será uma vantagem para o consumidor.

Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) descapitaliza os desembolsos e economias ao longo do tempo de duração do projeto para o tempo atual, utilizando-se a seguinte equação:

$$VPL = \frac{FV_1}{(1+i)^1} + \frac{FV_2}{(1+i)^2} + \frac{FV_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FV_n}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Onde:

PV: valor atual

FV: valor de um desembolso ou de um ganho no futuro

i: taxa de juros mensal (da poupança ou de qualquer outra aplicação pertinente)

n : prazo (expresso em meses)

O projeto será viável se o VPL for positivo.

Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) que corresponde a uma taxa mensal que anula o Fluxo de Caixa, determinando a real rentabilidade gerada pelo projeto, calculado pela equação (4):

$$TIR = \frac{E_0}{(1+i)^0} + \frac{E_1}{(1+i)^1} + \frac{E_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+i)^n} \quad (4)$$

Onde E Corresponde aos eventos (entradas ou saídas de recursos) que ocorrem ao longo do projeto. O projeto será viável caso a TIR seja superior à taxa de atratividade i desejada.

Pay Back

O Pay Back é calculado de duas maneiras: O **Pay Back Simples** tem o defeito de não considerar o valor do capital no tempo, mostrando apenas o momento em que, através de valores nominais, acontece o retorno do investimento inicial. O **Pay Back Descontado** já considera o valor do capital no tempo, pois descapitaliza cada parcela ao longo do projeto da mesma forma que a utilizada no VPL, mostrando o momento exato em que acontece o retorno do investimento inicial agora em termos reais.

Em ambos os casos, o projeto só será viável se o prazo de retorno do investimento se der dentro do período previsto, normalmente a vida útil do equipamento.

RESULTADOS

Simulação

O cálculo da radiação solar, mostrou que o SAS receberá 1739,88 kWh/m² de energia solar durante todo o ano. Verificou-se também a radiação que incide no coletor por mês (figura 12). Onde o valor percentual acima de cada coluna significa o quanto a radiação daquele mês representa da radiação total incidente no ano. Observa-se que, apesar do mês de julho ser o mês onde ocorrem as menores temperaturas na cidade, houve maior incidência da radiação solar (9,23%).

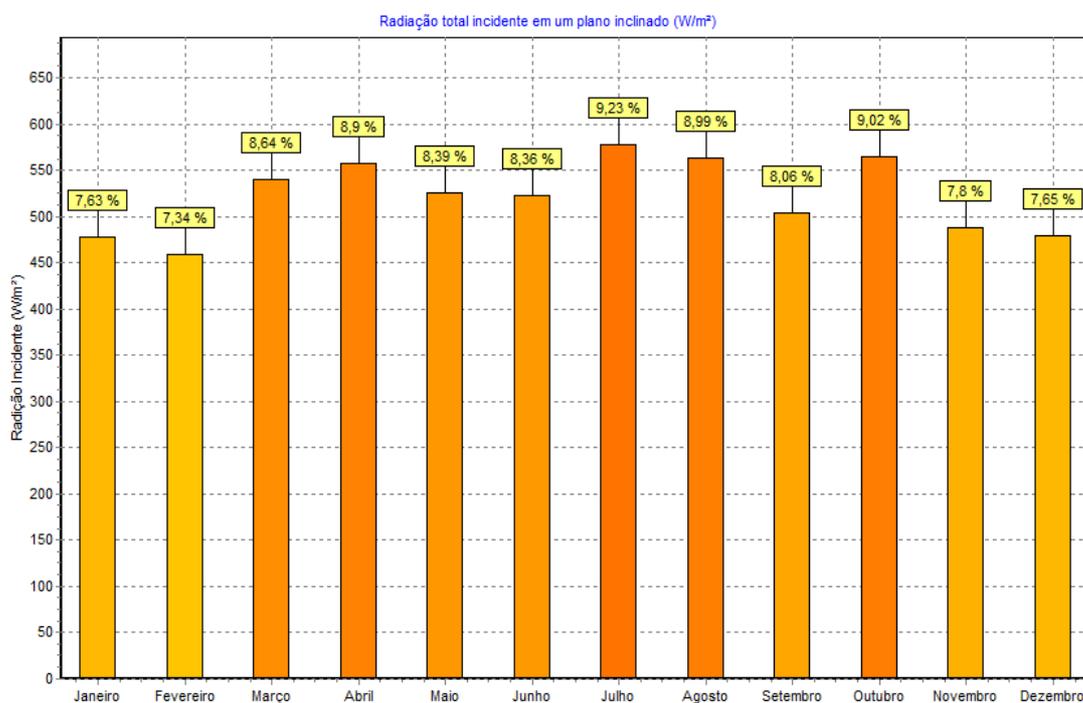


Figura 12. Radiação total incidente no coletor por mês. (Fonte: Elaboração própria).

A partir do cálculo da Carta F, obteve-se que a fração solar anual foi de 88,56 %, acima do considerado ótimo para uma instalação de aquecimento solar bem dimensionada segundo ABRAVA, 2008 que diz que um sistema bem dimensionado deve apresentar frações solares entre 60 e 80% (Figura 13).

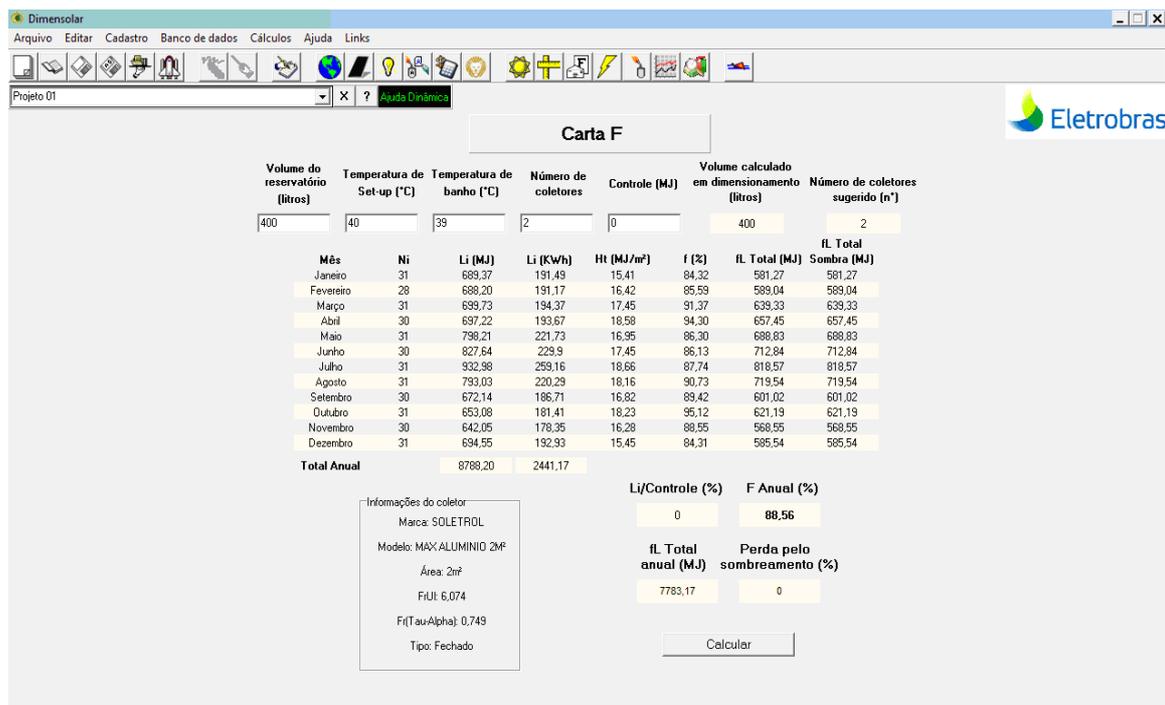


Figura 13. Cálculo da Carta F. (Fonte: Elaboração própria).

A comparação entre o consumo de um chuveiro elétrico e um aquecedor solar mostra uma grande diferença de consumo de energia elétrica ao longo do ano, observou-se que essa diferença média foi de 88,6%, sendo o mês de outubro com maior representatividade, em torno de 95%. Apesar de julho apresentar maior diferença entre o sistema convencional e o solar no consumo de energia elétrica, 227kW/h, a representatividade foi em torno de 87,6%. Dezembro e janeiro foram os meses de menor diferença, 84,4% e 84,3% respectivamente (Figura 14).

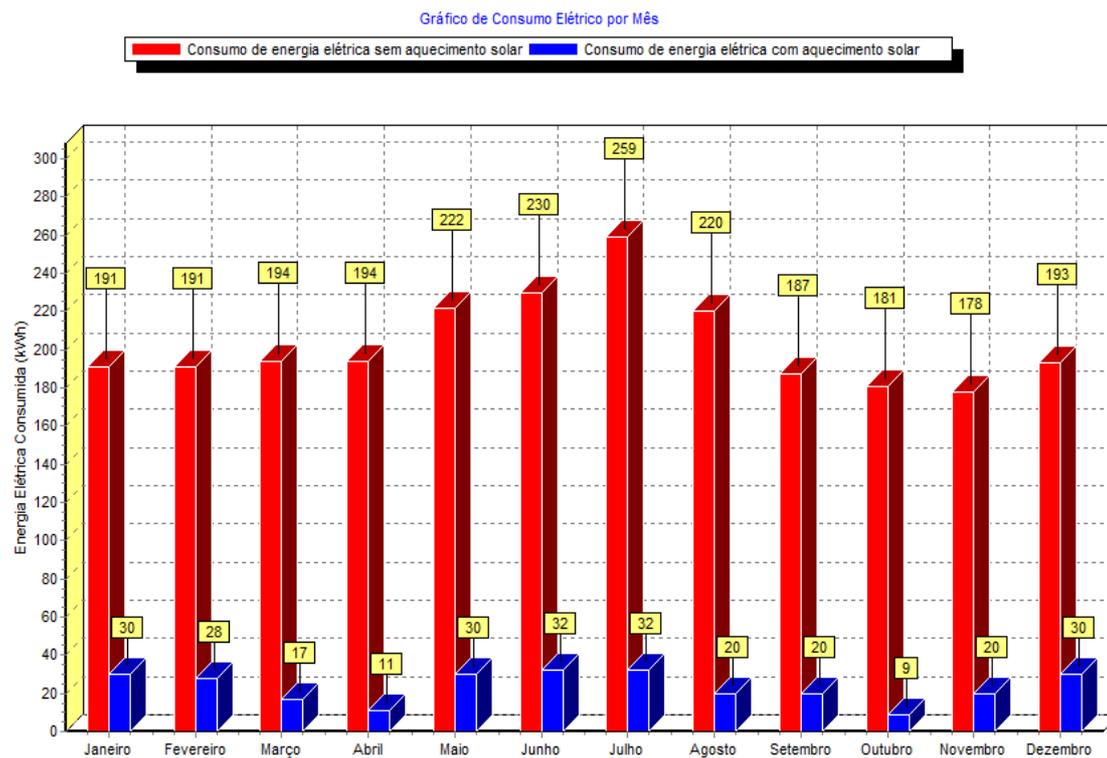


Figura 14. Consumo elétrico durante o ano. (Fonte: Elaboração própria).

Verificou-se que houve economia de R\$ 63,01 na conta de energia elétrica, sendo o chuveiro elétrico o maior responsável pelo custo da energia, cerca de 53% do consumo da residência, o uso da energia solar em substituição ao chuveiro elétrico implica numa redução na ordem de 46% no gasto mensal com a conta de energia. O fato da substituição do sistema convencional por um SAS não eliminar todo o gasto de energia elétrica do chuveiro elétrico ocorre, pois, o sistema solar não gera energia em situações onde não há incidência solar, necessitando assim do auxiliar elétrico, que representa um consumo mensal em torno de 13% ao mês (Figura 15).

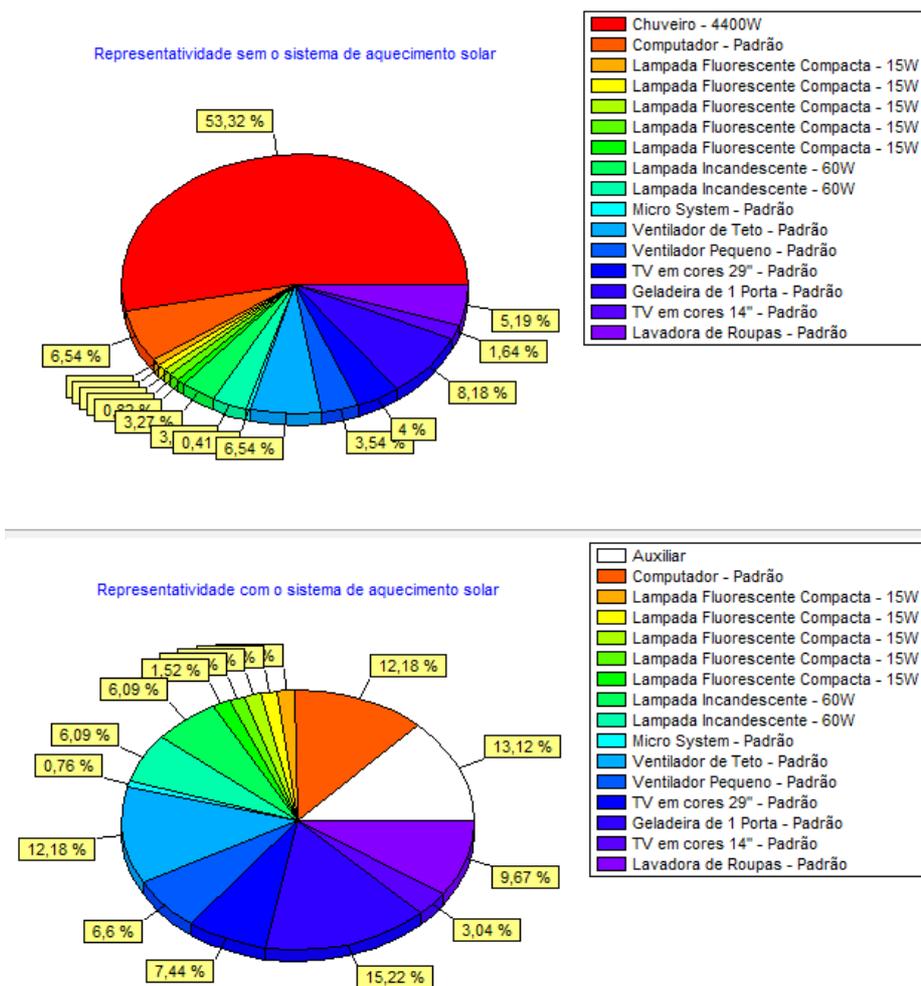


Figura 15. Comparação entre a representatividade de consumo do chuveiro elétrico e o Auxiliar elétrico. (Fonte: Elaboração própria).

Com o resultado obtido para a simulação da conta de energia elétrica foi gerado um gráfico comparativo de consumo de energia elétrica com e sem aquecedor solar (Figura 16). Neste esta ilustrada a redução do consumo de energia quando se instala um sistema de aquecimento solar.

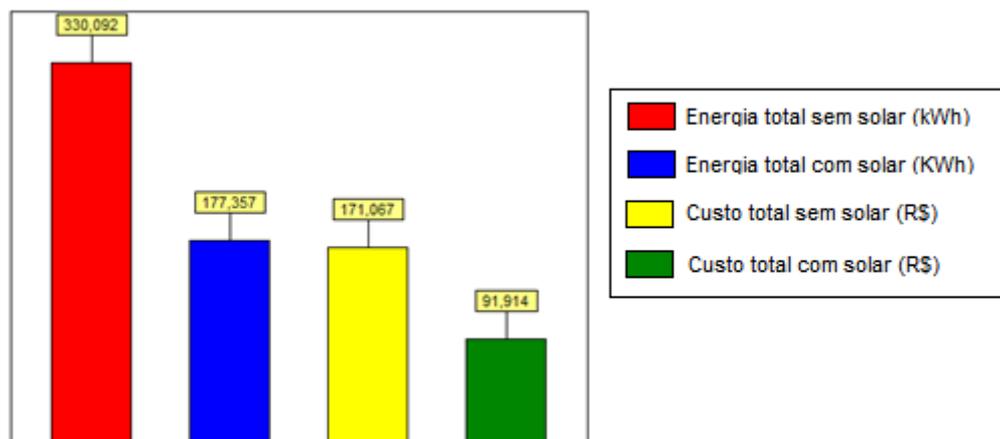


Figura 16. Comparação entre instalação com e sem SAS. (Fonte: Elaboração própria).

Obeve-se como resultado para a análise da viabilidade econômica, que o investimento no equipamento solar de R\$ 2520,00 parcelado em cinco vezes sem juros, terá retorno (Pay-Back) dentro de 46 meses, como Taxa Interna de Retorno (TIR) ao mês de 2,96% e ao ano de 19,84%. O Valor Presente Líquido será em 20 anos R\$ 7563,68 (Figura 17).

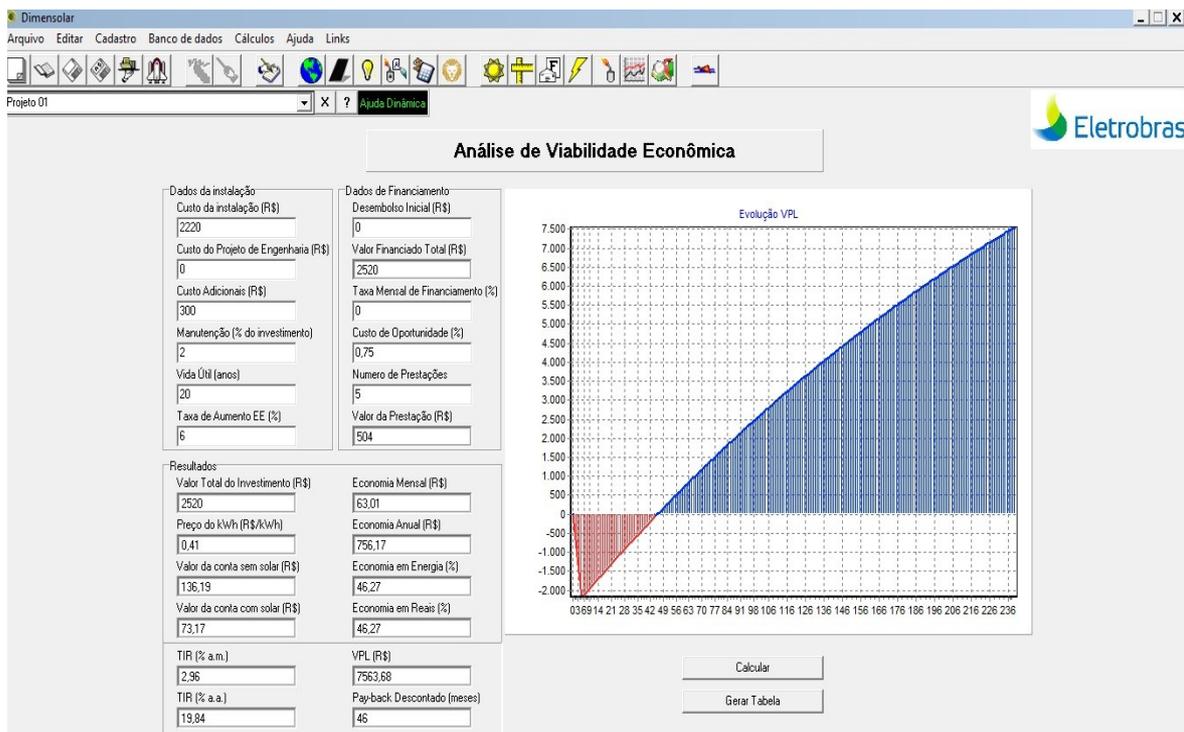


Figura 17. Análise da viabilidade econômica. (Fonte: Elaboração própria).

A evolução do investimento pode ser observada no gráfico do Valor Presente Líquido (Figura 18), que mostra como o valor do VPL varia no tempo até atingir seu valor final no último período de vida útil dos equipamentos. Neste gráfico observa-se o momento do retorno financeiro o pay-back que é a transição do saldo negativo para o positivo em 46 meses.

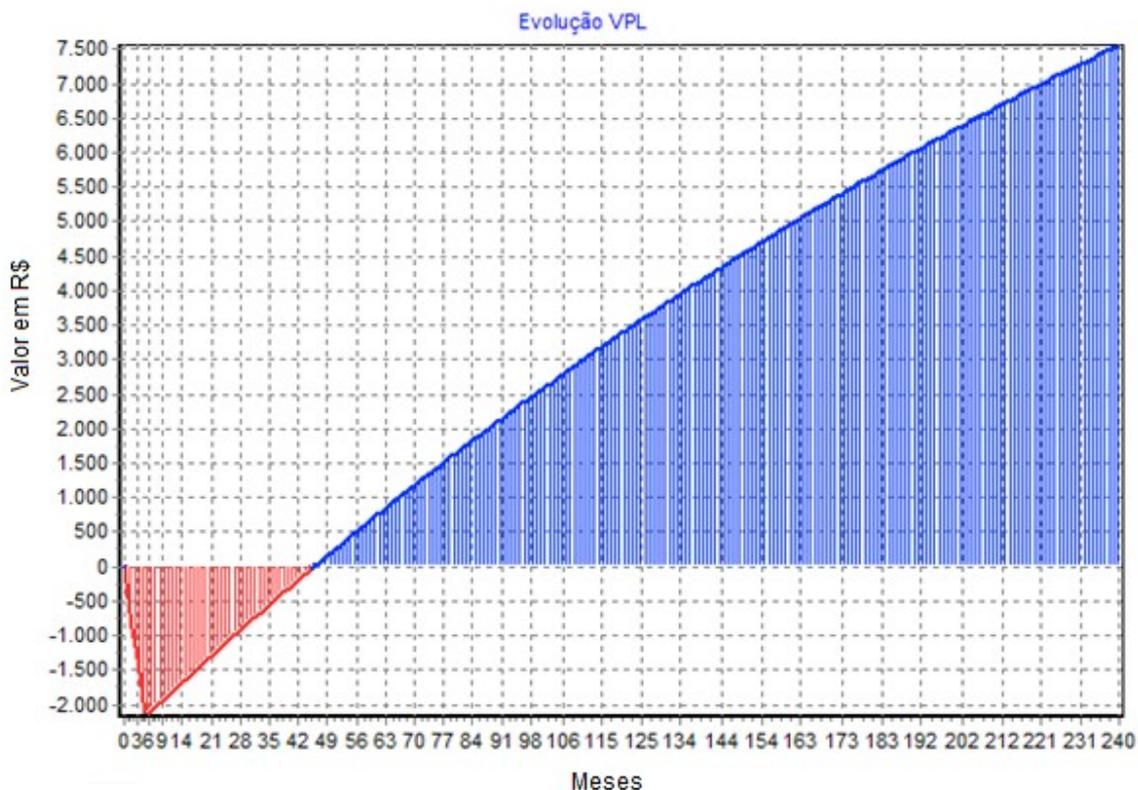


Figura 18. Evolução do Valor Presente Líquido. (Fonte: Elaboração própria).

Aplicação do Questionário

Observou-se que há predominância de residências com quatro ou mais moradores, que se somados os dados 4 e 5 ou mais, atingem mais de 50% dos entrevistados (Figura 19).

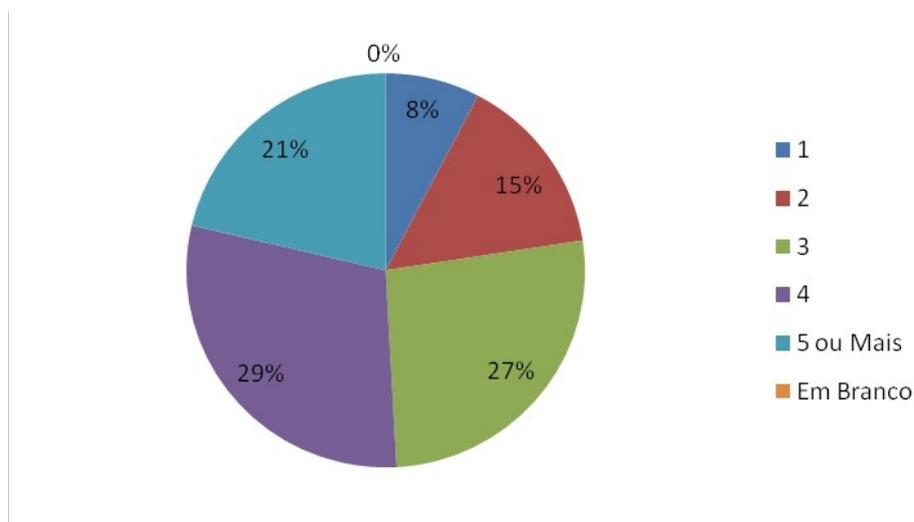


Figura 19. Número de moradores nas residências. (Fonte: Elaboração própria).

A renda familiar da maior parte dos habitantes está entre R\$1500,00 a R\$3000,00 com 33% de escolha, no entanto, 25% indicaram renda familiar entre R\$545,00 a R\$1500,00, como mostra a figura 20.

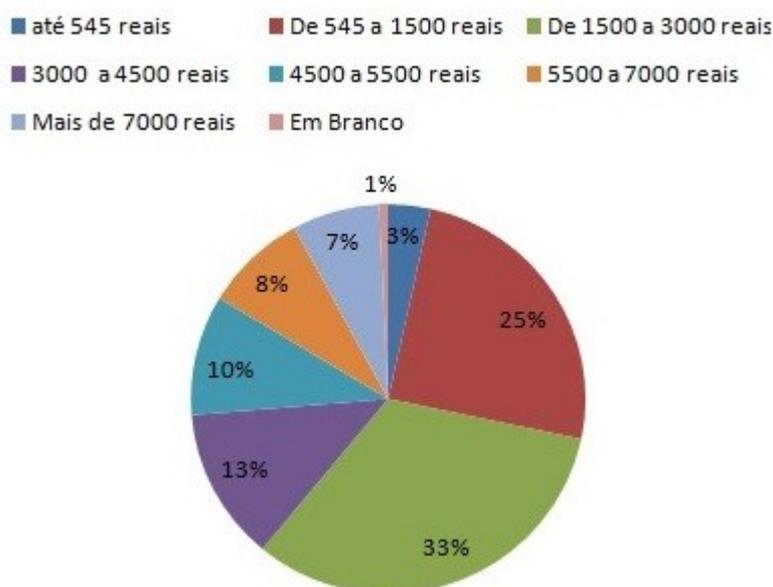


Figura 20. Renda familiar dos habitantes. (Fonte: Elaboração própria).

Na Tabela 8 observa-se que os eletro-eletrônicos utilizados na simulação estão presentes nas residências dos entrevistados e com atenção maior para o foco da pesquisa, o chuveiro elétrico, que aparece em quase 80% das residências da capital. O equipamento eletro-eletrônico de menor participação foi o ar-condicionado presente em aproximadamente 56% das residências.

Tabela 8 - Produtos eletro-eletrônicos presentes nas residências.

Alternativas	%
Chuveiro elétrico	78,91
Geladeira	98,51
TV a cores	96,28
Radio	69,48
Maquina de Lavar	91,32
Computador	88,09
Ventilador	95,04
Ar condicionado	56,58
DVD	69,23
Nº de lâmpadas na casa (Média)	8,6 Lâmpadas/casa

Para analisar a substituição do chuveiro elétrico pelo sistema de aquecimento solar, vale observar também que 30% dos entrevistados responderam que tomam banho quente pelo menos 1 vez por dia, No entanto, para uma cidade com mais de 500 mil

habitantes é um numero bastante expressivo, ao analisar que aproximadamente 80% da população têm o chuveiro elétrico e 51% dos entrevistados afirma tomar banho quente somente nos dias de baixa temperatura, ou seja, ligam estes chuveiros nos poucos semanas de clima frio que a cidade enfrenta (Figura 21), Assim com o sistema de aquecimento solar implantado a economia de energia elétrica no município seria bastante expressiva.

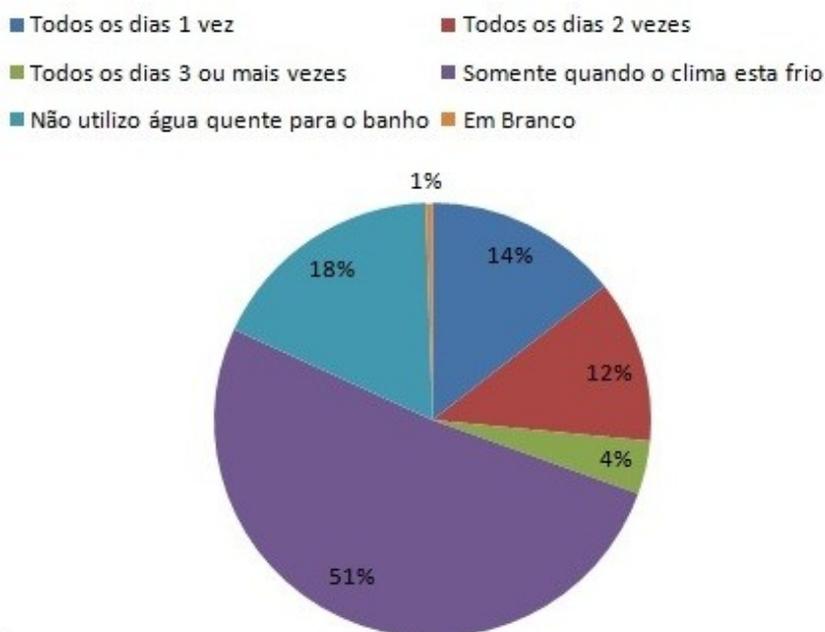


Figura 21. Utilização de água quente durante o banho. (Fonte: Elaboração própria).

A pesquisa mostrou que o tempo de banho dos moradores é pequeno, quase não ultrapassando a marca de 15 minutos, como mostra a figura 22.

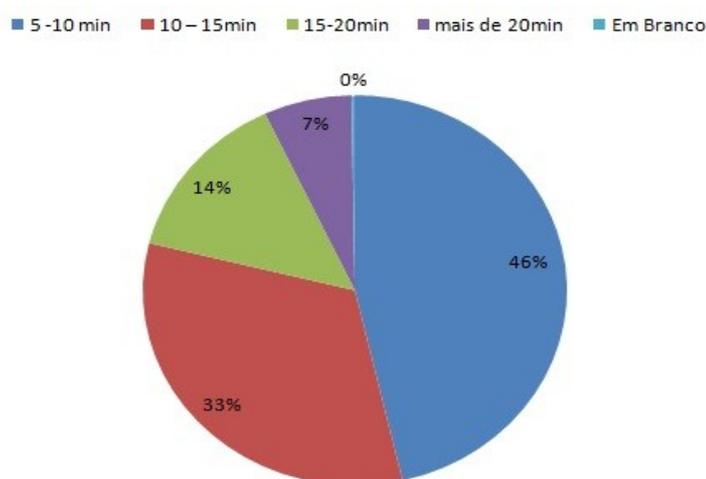


Figura 22. Tempo médio de banho por morador. (Fonte: Elaboração própria).

As contas de energia elétrica pagas pelos consumidores estão em sua maioria situadas abaixo de R\$200,00. Conforme observa-se na figura 23.

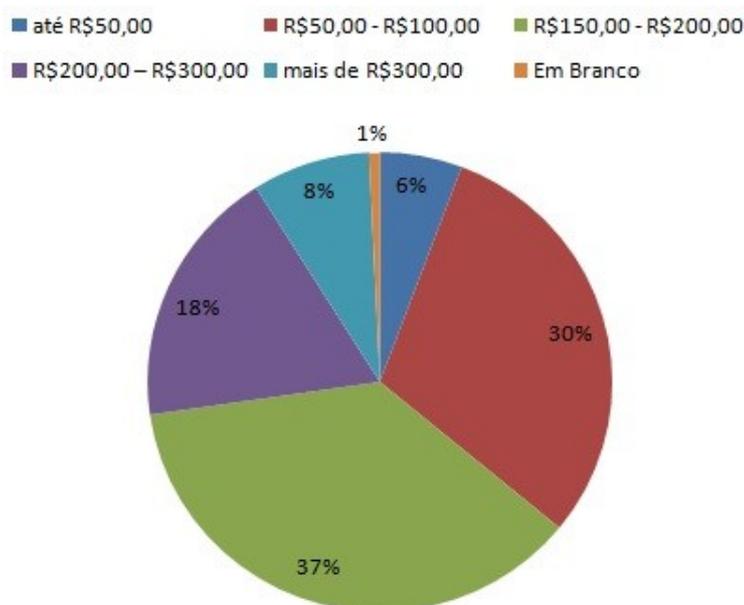


Figura 23. Conta de energia elétrica paga nas residências. (Fonte: Elaboração própria).

Com relação ao conhecimento do produto, cerca de 90%, dos entrevistados afirma já ter pelo menos ouvido falar em sistemas de aquecimento solar de água, Mas apesar deste resultado bastante expressivo, 84,86% dos entrevistados não sabem o valor do produto no mercado e 76,67% também não sabem o quanto de economia o aquecedor solar de água gera para uma residência, portanto não sabem do benefício econômico que o sistema produz. Isto mostra que o produto não é explorado comercialmente na cidade, pois nunca foi apresentado formalmente a população.

A avaliação do grau de conscientização ambiental dos residentes de Cuiabá demonstrou que os habitantes buscam de certa forma a mitigação dos impactos ambientais gerados pela ocupação e consumo do homem na cidade. E com 91,8%, os entrevistados acreditam que os coletores solares podem ajudar a diminuir os impactos ambientais gerados na produção/distribuição de energia elétrica.

Na Tabela 9 observam-se as principais atitudes tomadas pelo entrevistado em relação à preservação do meio ambiente, que mostrou que existem atitudes isoladas, porem significativas, em relação à conservação do ambiente.

Tabela 9 – Atitudes ambientalmente adequadas praticadas pelos entrevistados.

Alternativas	%
Separa lixo	40,45
Utiliza menos sacolas plásticas	41,44
Aproveita lixo orgânico como adubo para plantas	31,76
Procura tomar banhos rápidos para evitar desperdício de água	50,12
Desliga os eletrodomésticos e lâmpadas que não estão sendo utilizados na casa	77,92
Em Branco	1,24

Ao serem questionados sobre investirem em um equipamento solar, sabendo somente da economia que iria gerar na sua conta de energia, ou seja, o custo do equipamento não foi informado. Cerca de 85% dos entrevistados, afirmam que comprariam este produto.

Observou-se que 68,5% dos entrevistados comprariam o equipamento mesmo que o retorno do seu investimento demorasse até cinco anos para se obter o retorno, devido o abatimento da conta de energia elétrica. E cerca de 30% dos entrevistados responderam contrariamente dizendo que não fariam o investimento com estas condições.

As condições financeiras dos 64,8% dos entrevistados, não os permitem fazer o investimento de R\$2500,00. O SAS mostrou-se pouco acessível, haja vista que somente 33,5% dos entrevistados teriam condições de comprá-lo a este preço. Mas 50,6% dos entrevistados aceitariam fazer este investimento se suas condições financeiras os permitissem.

Dando a opção do parcelamento do valor total do orçamento em cinco vezes de R\$ 500,00 os resultados mostraram-se equilibrados, com cerca de 40% afirmando que comprariam o equipamento, contra 57,8% que ainda com a condição de parcelamento, não aceitam fazer o investimento.

O mercado de vendas de coletores solares somente teria chance no comércio da cidade se houvesse incentivo do governo, pois os habitantes da cidade precisam de um aumento no número de parcelas para arriscarem neste tipo de investimento. Com 73,5% dos entrevistados afirmando que comprariam o equipamento solar, se o governo financiasse o valor em 40 meses e ainda 91,8% dos entrevistados acham importante que o governo incentive a instalação do sistema de aquecimento solar nas residências populares que estão sendo construídas com financiamento público.

De maneira geral Cuiabá se enquadra no contexto brasileiro quando o assunto se trata de energia solar. Uma pequena parcela da população sabe do potencial energético, gratuito e presente em todo território brasileiro, que pode ser aproveitado pelo homem com o mínimo de interferência no meio ambiente. Outro ponto crítico que prejudica a disseminação do sistema de aquecimento solar, é que ainda o sistema tem preços que não condizem com a condição financeira de todos os interessados, o setor necessita de incentivos do governo para poder deslançar suas vendas.

CONCLUSÃO

A decisão de adquirir um aquecedor solar envolve diversas variáveis que têm comportamento aleatório no tempo, por aleatório entendam-se variáveis que são perturbadas por fenômenos que não são controlados pelo decisor no momento da decisão.

A instalação de aquecedores solares é um investimento mais em conta que a instalação de uma usina para geração de energia elétrica para atender a demanda de água quente. Além disso, os aquecedores solares, se bem distribuídos, podem diminuir os efeitos do pico de demanda de energia elétrica e minimizar os impactos ambientais. A implantação de uma indústria que produza equipamentos que transformam energia solar em energia para aquecimento de água, já é uma realidade no mundo, mas o setor necessita de incentivos, tanto na área de produção quanto no comércio.

Com relação ao dimensionamento realizado com o programa Dimensol pode-se concluir que o clima em Cuiabá é favorável a implantação deste sistema, os resultados mostram que podemos atingir 88% de Fração Solar Anual com apenas dois coletores instalados e garantir água quente durante todo o ano. Logo, podemos pensar na extinção do chuveiro elétrico para as residências da capital.

Quanto ao comportamento e hábitos da população entrevistada, podemos concluir que, o sistema de aquecimento solar é conhecido pela população de maneira superficial, isto é, as pessoas já ouviram falar mais não sabem como funciona nem quanto custa o equipamento. Mesmo com cerca de 50% da população afirmando que não utiliza água quente para o banho é notado o grande interesse em fazer o investimento em um destes equipamentos, mas são barrados devido o alto preço do produto, que não condiz com a renda familiar predominante. É possível notar também, que boa parte dos habitantes pratica atos em prol do meio ambiente, tomando atitudes como separar o lixo, tomar banhos rápidos, desligar os eletrodomésticos que não estão em uso, dentre outras atitudes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tarifa de energia elétrica em vigor na cidade (ano de 2011) está entre as dez mais onerosas do país, portanto, se torna atrativo o investimento em um sistema que possa contribuir com a queda de consumo de eletricidade, e a simulação mostrou que os aquecedores podem contribuir com até 46% de economia de energia elétrica. Apesar do custo inicial do produto ser muito caro para os habitantes da cidade, todos os valores investidos vão ser revertidos em economia de energia, o que por sua vez vai gerar lucro que se somados mês após mês, em 46 meses o valor inicial será recuperado pelo investidor.

O incentivo do governo é de fundamental importância para a comercialização do produto e é de grande apreço do povo cuiabano, com cerca de 90% os moradores acreditam que o setor deve receber ajuda do governo.

Como solução encontrada para o alto investimento inicial que dificulta a difusão do sistema de aquecimento solar propõe-se que, o valor inicial poderia ser dividido pelas partes envolvidas no processo, o consumidor, a indústria fabricante de equipamentos de energia solar, a concessionária de energia elétrica (pela externalidade adquirida) e o governo (pelos bens sociais causados; menor taxa de desemprego, maior contribuição ao meio ambiente).

Também haverá necessidade em fazer padronizações técnicas no ramo da construção civil, especificamente a necessidade da dupla tubulação (água fria e água quente), este item deve ser anexado ao código de obras e edificações de Cuiabá, onde caberá ao governo especificar a obrigação de plantas com essas características para construções novas. Os investimentos relacionados com a dupla tubulação seria a parte do consumidor na aquisição da energia solar.

Para a diminuição do custo de produção dos aquecedores solares a indústria receberia da concessionária de energia elétrica uma taxa, que seria uma proporção sob a economia gerada devido à diminuição da demanda nos horários de ponta. Caberia ao governo regulamentar e fiscalizar essa taxa.

Todavia, o preço de produção diminuiria e conseqüentemente o seu valor no mercado também. A empresa de construção civil não perderia, o governo teria gastos adicionais com regulação e fiscalização, mas seria compensados pelo aquecimento da economia, a satisfação dos consumidores e os benefícios sociais e ambientais, a concessionária de energia elétrica poderia recuperar as taxas pagas às empresas de energia solar, com as vendas da potência liberada pelos benefícios da diminuição da demanda nos horários de ponta, as empresas de energia solar fariam um investimento

inicial alto, porém, menor que uma central elétrica e teriam mercado garantido. Assim, restam estudos e vontade política para a efetivação desta proposta.

Outra proposta para solução do problema do investimento inicial poderia ser a possibilidade do pagamento ser estendido no tempo a juros baixos. Caberia ao governo abrir uma linha de crédito para a instalação de aquecedores solares e dupla tubulação, regulamentando a construção da dupla tubulação e cobrar as devidas taxas às concessionárias de energia elétrica pela externalidade.

Com isso, o consumidor também seria beneficiado, mas agora em um prazo mais longo, e após o término do financiamento só caberia a ele a manutenção do equipamento que tem o custo bem inferior à tarifa de energia elétrica. O governo tem as mesmas vantagens que na proposta anterior com a diferença negativa de financiamento. A construção civil novamente não perde. A concessionária elétrica pode novamente vender a energia liberada. E finalmente a empresa solar teria um baixo investimento e mercado garantido.

REFERÊNCIAS

ABRAVA, Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento. **Manual de capacitação em projetos de sistemas de aquecimento solar**; São Paulo, 2008.

ANEEL - AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em Out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15569**: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto: Projeto e instalação. 2008. 36pag.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 128**: Projeto e execução de instalações prediais de água quente, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO. Disponível em: <<http://www.abrava.com.br/>>. Acesso em Out. 2011.

BAPTISTA, A. S. C. **Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no nordeste do Brasil**. 2006. 176f. Dissertação (mestrado em ciências em planejamento energético) – COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro, 2006.

BORGES, T.P.F. **Síntese Otimizada de Sistemas de Aquecimento Solar de Água**. 2000. 139f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas/SP, jan 2000.

ELETROBRAS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. Disponível em: <<http://www.elektrobras.gov.br>>. Acesso em Out. 2011.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em Out. 2011.

COIMBRA,N.; AZAMBUJA,C.; DALMAS, T. e COELHO,L. **Eficiência Térmica de Coletor Solar de Baixo Custo** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre,jun,2008.

CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS. “Doze Razoes para Excluir as Grandes Barragens das Iniciativas para Energias Renováveis”. Bonn, Alemanha. 2004. Disponível em < <http://www.renewables2004.de> >. Acesso em Out. 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE AQUECIMENTO SOLAR (DASOL). Disponível em: <<http://www.dasolabrava.org.br>>. Acesso em Out. 2011.

DGGE, Direção Geral de Geologia e Energia. **Utilização de Colectores Solares para Aquecimento de Água no Sector Doméstico/** IP-AQSpP. Lisboa, Abril 2004 (2ª edição) 28pag.

ELETOBRAS/ Software Dimensol disponível em:
<<http://www.eletobras.com/pci/main.asp?ViewID={A84BD56D-D750-477C-8E20-2BF2D94B4EE2}>>. Acesso em Out. 2011.

FARIA, C. F. C. **Estratégias para o Aquecimento Solar no Brasil: Mercado, Perspectivas e Plano de Ação.** 2004. 182f. Monografia (Pós-Graduação Latu Sensu em Fontes Alternativas de Energia), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 2ª edição Editora Atlas S.A. São Paulo, 1989 pag. 98 - 101.

INMET - INTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em Out. 2011.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Disponível em: <<http://www.inmetro.com.br>>. Acesso em Out. 2011.

LAFAY, J. S. **Análise energética de sistemas de aquecimento de água com energia solar e a gás.** 173f. Dissertação (Doutorado em engenharia). PROMEC, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

MAITELLI, G. T. ; Chiletto, E.C. ; Almeida Junior, N.L. ; Chiletto, R. . **Intensidade da Ilha de Calor em Cuiabá, na Estação Chuvosa.** In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza/CE. Meteorologia e Desenvolvimento Sustentado. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004. v. 1. p. 1-13.

MANEA, T. F. **Avaliação de sistemas de aquecimento de água solar-gás.** 2009. 23f. Dissertação (mestrado em Eng. Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, UFRGS. Porto Alegre, 2009.

MAZZON, L. A. F.; MESQUITA, L. C. de S. **Aquecedor Solar de Água – Oportunidade Única.** Coletânea de Artigos – Energias Solar e Eólica, Rio de Janeiro, v.2, p. 181-184, 2004.

PEREIRA, L. T.; MACEDO, W. N. **Energia solar: Fundamentos e Aplicações: Disseminação de informações em eficiência energética.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2004.

PERFIL SOCIOECONÔMICO DE CUIABÁ, VOLUME IV. Disponível em:
<<http://www.cuiaba.mt.gov.br> >. Acesso em Out. 2011.

RAMON C.N.; ELENILTON T. D. **Aquecedor olar com material reciclável: um desafio a ser vencido**. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, II, 2007, João Pessoa /PB.2007.p.1-8.

REDE CEMAT. Disponível em: < <http://www.redenergia.com/concessionarias/cemat>>. Acesso em Out. 2011.

REVISTA **SOLBRASIL: A REVISTA DO AQUECIMENTO SOLAR**. São Paulo: Departamento Nacional de Aquecimento Solar, 2010.

SOLETROL. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br>>. Acesso em Out. 2011.

STAMFORD, S. A.; CAMPELLO, S. F. M. **Viabilidade Econômica da Energia Solar**. In: IV INTERNATIONAL CONGRESS OF INDUSTRIAL ENGINEERING (ENEGEP98), 1998, Rio de Janeiro. Anais do ENEGEP98. 1998.

UFPE. **Atlas Solarimétrico do Brasil – Banco de Dados Terrestres**. Recife. Ed. Universitária, 111 p. 2000.

3. ANEXOS

Anexo I



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
CAMPUS CUIABÁ – BELA VISTA
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA EMPREGABILIDADE DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR EM RESIDÊNCIAS DE CUIABÁ.

1. Quantas pessoas residem em sua casa?

1 2 3 4 5 ou mais

2. Quanto é sua renda familiar?

até 545 reais De 545 a 1500 reais De 1500 a 3000 reais 3000 a 4500 reais
 4500 a 5500 reais 5500 a 7000 reais Mais de 7000 reais

3. Quais os produtos eletro-eletrônicos presentes na sua casa?

chuveiro elétrico geladeira TV a cores Radio Máquina de Lavar
 Computador Ventilador Ar condicionado DVD Numero de lâmpadas na casa = (___)

4. Você costuma tomar banho com água quente quando:

Todos os dias 1 vez
 Todos os dias 2 vezes
 Todos os dias 3 ou mais vezes
 Somente quando o clima esta frio
 Não utilizo água quente para o banho

5. Quanto tempo em média cada morador da sua residência demora no banho?

5 -10 min 10 – 15min 15-20min mais de 20min

6. Quanto você paga mensalmente pela conta de energia elétrica residencial?

até R\$50,00 R\$50,00 - R\$100,00 R\$150,00 - R\$200,00
 R\$200,00 – R\$300,00 mais de R\$300,00

7. Você já ouviu falar em sistema de aquecimento de água por energia solar?

SIM NÃO

Se não: Sistema de aquecimento de água por energia solar é um equipamento capaz de aproveitar a energia vinda do sol para aquecer a água, de maneira a eliminar o uso do

chuveiro elétrico, o que reduz sua conta de energia elétrica e não causa danos ao meio ambiente. A água quente fica estocada em uma “caixa térmica”, o que permite que você a utilize durante o dia inteiro.

8. Tem idéia do custo de um equipamento de aquecimento solar?

SIM NÃO

9. Tem idéia de quanto pode economizar com este equipamento?

SIM NÃO

10. Considerando que a utilização de coletores solares para aquecimento de água diminua a utilização de energia elétrica nas residências. Você acha que aquecedores solares poderiam contribuir com a redução de impactos ambientais, gerados na produção/distribuição de energia elétrica.

SIM NÃO

11. Quais destas atitudes você toma como responsabilidade ambiental?

Separa lixo;

Utiliza menos sacolas plásticas;

Aproveita lixo orgânico como adubo para plantas;

Procura tomar banhos rápidos para evitar desperdício de água;

Desliga os eletrodomésticos e lâmpadas que não estão sendo utilizados na casa.

12. Considerando que a substituição do chuveiro elétrico por um aquecedor solar pode economizar de 25% a 45 % de economia na conta de energia elétrica, você compraria um equipamento de aquecimento solar?

SIM NÃO

13. Considerando que o valor investido levasse em média 3 a 5 anos para se obter o retorno, devido a queda da conta de energia elétrica. Você compraria um equipamento de aquecimento solar?

SIM NÃO

14. Considerando que o custo inicial de um equipamento é de 2500 reais, você teria condições de comprar um equipamento de aquecimento solar?

SIM NÃO

15. Se sim, você compraria um aquecedor solar?

SIM NÃO

16. Se o valor fosse parcelado em 5 vezes sem juros de 500 reais, você compraria?

SIM NÃO

17. Se o governo financiasse a compra em 40 meses, com parcelas de 62,50 reais, você compraria o equipamento?

SIM NÃO

18. Você acha importante que o governo incentive este tipo de instalação em residências populares, construídas com financiamento público?

()SIM ()NÃO

APÊNDICES

3.1. Apêndice A - Interfaces do Software Dimensol

Na figura 24 está apresentado a janela inicial do software, nela, o número 1 representa a **barra de menus** que dá acesso a todas as funções do programa. O número 2 representa a **barra de botões** que permite acesso rápido às funções mais importantes do programa oferecendo acesso a todas as funções presentes nos menus "Arquivo", "Banco de Dados" e "Cálculos" além das funções "Desfazer", "Colar" e "Ajuda". O número 3 representa **barra de dados** que contém a lista de obras que contém todas as instalações (obras) que estão abertas e podem ser trabalhadas; Botão fechar (X) que fecha a obra corrente (em trabalho); Ajuda dinâmica que indica, em sequência, os passos para se executar todos os cálculos disponíveis no Dimensol. Para ativá-la use o botão "?" e para desativá-la use o botão "!"; O número 4 representa a **região de trabalho** que é onde aparecem as telas de trabalho de cadastro e de cálculos.

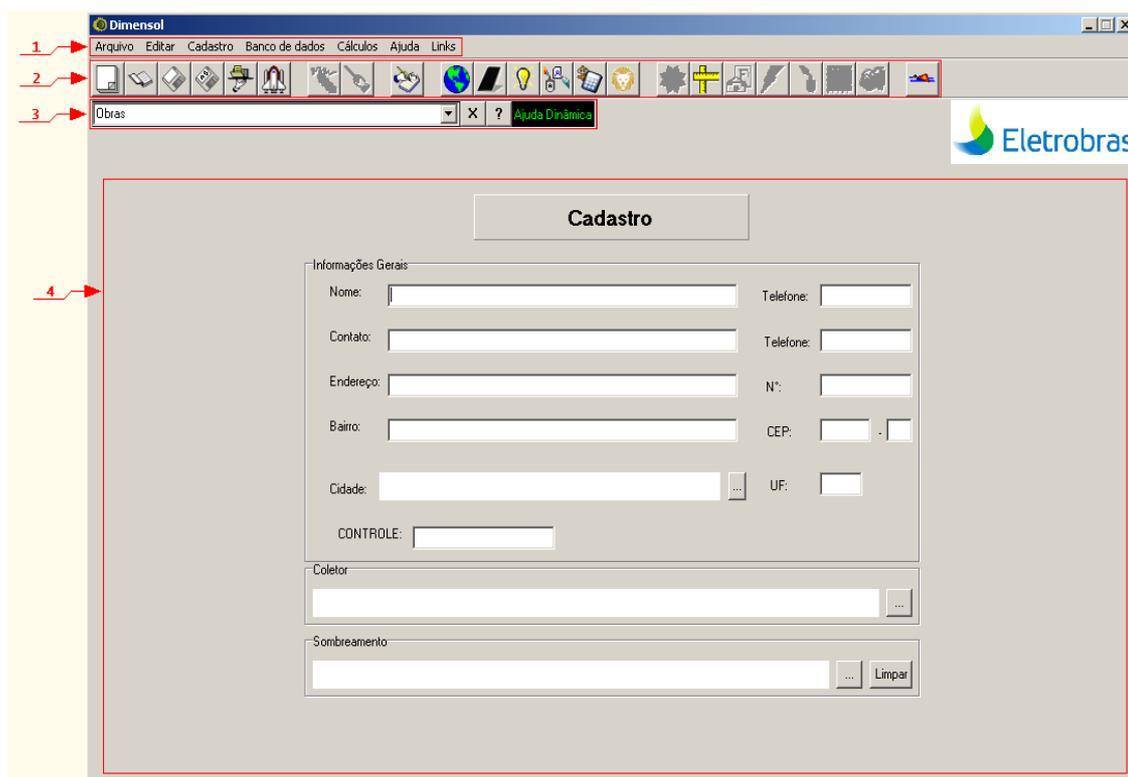


Figura 24. A janela inicial do software Dimensol.

O menu **banco de dados**, mostrado na figura 25, é onde estão armazenadas todas as informações básicas para a configuração de uma nova instalação. Cada item deste menu deve ser analisado separadamente.

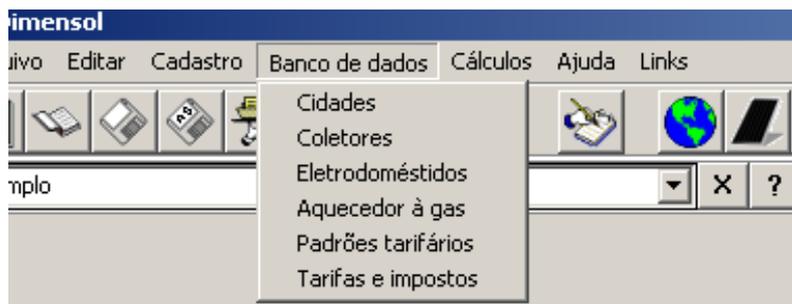


Figura 25. Funções do menu Banco de Dados.

O menu **cálculos**, mostrado na figura 26, dá acesso a todas as principais funções do Dimensol. Cada item deste menu deve ser analisado separadamente.

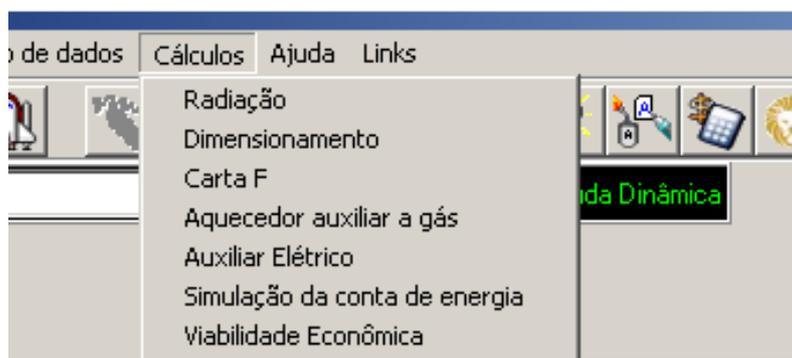


Figura 26. Funções do menu cálculos.

No item radiação do menu **cálculos** temos o modelo utilizado nos cálculos foi o de Bennett (maiores informações sobre o modelo utilizado podem ser encontradas em Nunes et al. (1978)). A tela de cálculo de radiação é mostrada na figura 27.

Mês	Número de dias	Insolação diária (horas/dia)	Kt Méd	Média mensal (MJ/m²)
Janeiro	31			
Fevereiro	28			
Março	31			
Abril	30			
Maio	31			
Junho	30			
Julho	31			
Agosto	31			
Setembro	30			
Outubro	31			
Novembro	30			
Dezembro	31			

Figura 27. Tela de Radiação.

Na figura 27 o número 1. representa os **dados de entrada**, onde refletância local representa o grau de refletância médio dos materiais que estão nas vizinhanças dos coletores. Seu valor pode ser aproximado a partir dos dados da figura 28.

Material	Valor
Terra	0.04
Tijolo vermelho	0.27
Concreto	0.22
Barro/Argila	0.14
Superfície clara	0.60
Gramma	0.20

Figura 28. Dados de refletância fornecidos pelo software Dimensol.

A Orientação do Coletor se dá aferindo o ângulo Azimutal de superfície, simbolizado por γ , é o ângulo entre a projeção da reta normal à superfície do coletor no plano horizontal e a linha no plano horizontal que define a direção norte-sul, medido a partir do sul. Ele é positivo a oeste e negativo a leste desta linha. Seus valores devem estar compreendidos entre -180° e 180° . Este conceito está ilustrado pela figura 29.

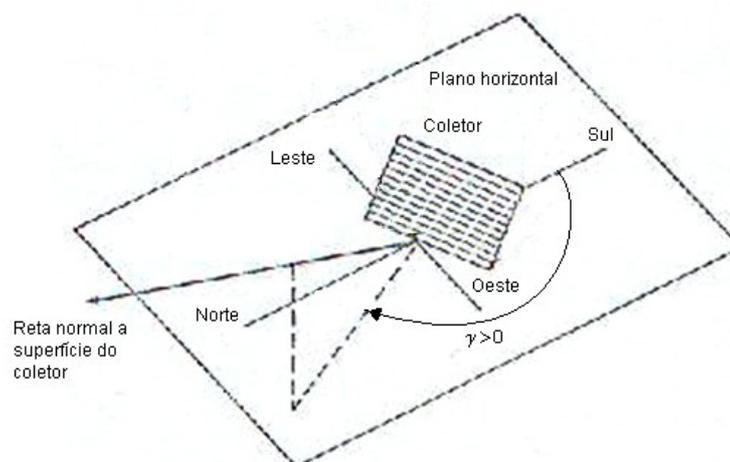


Figura 29. Ângulo Azimutal de Superfície

A Inclinação do coletor representa o ângulo entre o plano inclinado que contém a superfície do coletor e o plano horizontal. Na figura 30 está ilustrado este conceito:

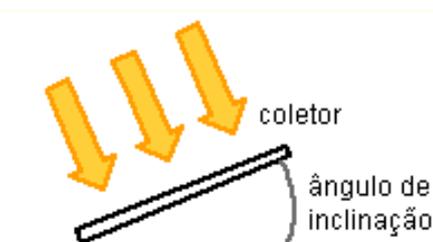


Figura 30. Inclinação do Coletor

Ainda na figura 27 o número 2 representa os **dados de saída**, onde insolação diária representa o número médio de brilho solar medido em horas por dia; Kt Méd representa o índice de claridade média mensal. É a razão entre a radiação global diária média mensal e a radiação extraterrestre e média mensal representa o total de energia que incide no plano inclinado média mensal.

O número 3 representa o **total** de energia que incide no plano inclinado. O número 4 apresenta os **botões**, onde calcular executa os cálculos de todos os parâmetros de saída da radiação; Dados de refletância exibe uma pequena janela, mostrada na figura 28, que mostra alguns valores padronizados de refletância que servem de referência para a escolha do valor a ser usado nos cálculos de radiação;

A tela de dimensionamento é apresentada na figura 31 e tem por objetivo auxiliar no cálculo do volume total de água quente consumido na instalação que deve ser suprido pelo sistema de aquecimento solar diariamente.

Figura 31. Tela de dimensionamento.

Carta F é um método matemático que tem o objetivo de avaliar a economia de energia obtida com o uso de uma instalação de aquecimento solar, desenvolvido por Beckmann et al. [1977].

A tela da Carta F está apresentada na figura 32, onde o número 1 representa os **dados de entrada** em que volume do reservatório é a capacidade do reservatório de água quente, definido a partir do consumo diário de água quente; Temperatura de set-up é a temperatura abaixo da qual o sistema de aquecimento auxiliar é ativado. É geralmente maior do que a temperatura de banho; Temperatura de banho é a temperatura em que a água é consumida; Número de coletores representa a quantidade

de placas coletoras que compõem a instalação; Controle representa a entrada auxiliar não obrigatória, ela é um valor de demanda energética anual que orienta a simulação de novos volumes e a temperatura se set-up requerida.

O número 2 representa os **dados de saída**, onde L_i representa a demanda energética mensal para aquecimento do volume de água da instalação medida em [MJ] (mega-Joules) e em [kWh] (quilowatt-hora); H_i representa a radiação global incidente no plano inclinado média mensal (calculada pelo modelo de radiação); f representa a fração solar mensal. É a razão entre a energia suprida pelo sistema de aquecimento solar (Q_{solar}) e a demanda mensal de energia da instalação (L_i). $f_{L_{total}}$ representa a energia total suprida anualmente pelo sistema de aquecimento solar; $f_{L_{total_sombra}}$ representa a energia total suprida anualmente pelo sistema de aquecimento solar, considerando o efeito do sombreamento.

O número 3 representa os **dados auxiliares**, onde volume calculado em dimensionamento representa o volume que tem um bom valor para ser usado como o volume do reservatório; Número de coletores sugerido representa o número de coletores sugerido para os padrões utilizados em Belo Horizonte, em que é usual a utilização de 1[m²] de área coletora para cada 100 litros de água do reservatório (com relação ao volume obtido na tela de Dimensionamento) com temperatura de set-up entre 40 e 45[°C] e temperatura de banho entre 37 e 42 [°C];

O número 4 representa os **dados de saída principais**, onde $L_i/Controle$ representa a razão entre a demanda calculada e a informada no campo "Controle". Serve de comparativo entre duas instalações; F anual representa a fração solar média anual; f_{L total anual} representa a energia fornecida pelo sistema de aquecimento solar anualmente; Perda pelo sombreamento representa a energia que deixa de ser absorvida pelo sistema de aquecimento solar devido ao sombreamento; O número 5 representa **Informações do coletor** ou seja, os dados do coletor escolhido na tela de cadastro; O número 6 apresenta **calcular** que executa os cálculos da Carta F.

Carta F

1 → **Volume do reservatório (litros)** **Temperatura de Set-up (°C)** **Temperatura de banho (°C)** **Número de coletores** **Controle (MJ)** **Volume calculado em dimensionamento (litros)** **Número de coletores sugerido (n°)** ← 3

2 →

Mês	Ni	Li (MJ)	Li (KWh)	Ht (MJ/m²)	f (%)	fL Total (MJ)	fL Total Sombra (MJ)
Janeiro	31						
Fevereiro	28						
Março	31						
Abril	30						
Mai	31						
Junho	30						
Julho	31						
Agosto	31						
Setembro	30						
Outubro	31						
Novembro	30						
Dezembro	31						
Total Anual							

graphic

Informações do coletor

Marca: Padrão - Banho

Modelo: D

Área: 2m²

FiUt: 6,6

Fi(Tau-Alpha): 0,57

Tipo: Fechado

Li/Controle (%) F Anual (%)

0

fL Total anual (MJ) Perda pelo sombreamento (%)

5

6

Calcular

Figura 32. Tela da carta F apresentada pelo programa Dimensol.

A tela do auxiliar elétrico mostrada na figura 33 tem o objetivo dimensionar um sistema que usa energia elétrica como fonte de energia que seja adequado para trabalhar como auxiliar ao sistema de aquecimento solar. Sistema de aquecimento auxiliar é aquele que serve de complemento para o sistema de aquecimento solar, completando o serviço quando este é insuficiente e um sistema central (sistema convencional) é aquele que funciona sozinho.

Auxiliar elétrico

1 → **Potência (kW) :**

Número de resistências :

2 → **Potência total (kW) :**

Potência total sugerida (kW) :

3 → **Calcular**

Gráfico

4 → **Energia gasta por um sistema auxiliar elétrico (kWh)**

Energia gasta por um sistema central elétrico (kWh)

Tempo de funcionamento do sistema (horas/dia)

Tempo de funcionamento do sistema central (horas/dia)

Figura 33. Tela do auxiliar elétrico.

Na figura 33 o número 1 representa os **dados de entrada** onde o item potência representa a potência de cada resistência que compõe o sistema de aquecimento

auxiliar; Número de resistências representa a quantidade de resistências do sistema de aquecimento auxiliar.

O número 2 representa os dados auxiliares, onde o item potência total representa a potência de todas as resistências do sistema juntas; Potência total sugerida representa o valor de potência sugerido considerando a menor potência total necessária para aquecer um terço do volume do reservatório até a temperatura de set-up em uma hora

O número 3 apresenta o botão calcular que executa os cálculos relativos ao auxiliar elétrico.

A simulação da conta de energia foi idealizada para possibilitar ao usuário estimar a real economia mensal, energética e em reais, obtida em decorrência da instalação de um sistema de aquecimento solar. A tela da simulação da conta de energia é mostrada na figura 34.

Figura 34. Tela de simulação da conta de energia.

Na Figura 34 o numero 1 representa Editor de lista de eletrodomésticos, esta parte da tela contém as ferramentas úteis para criar e editar a lista de equipamentos que compõem a instalação, onde o item Escolher eletrodoméstico é onde se faz a escolha dos consumidores de energia elétrica presentes no imóvel e o item Calcular horas de uso diário, permite fazer cálculos do tempo de uso dos aparelhos por dia.

O numero 2 mostra o botão Simular que executa a simulação da conta de energia, o botão Gráfico de economia que exibe um gráfico que compara a economia de energia e de reais com e sem o sistema de aquecimento solar e o botão Gráfico de

Consumo que exibe um gráfico que mostra a representatividade de cada equipamento no consumo total de energia elétrica da instalação.

O numero 3 temos as Abas: Tipo de aquecimento auxiliar que é onde se escolhe do tipo de auxiliar, se é elétrico, GN(Gás Natural) ou GLP(Gás Liquefeito do Petróleo), Custo do Combustível valor de compra unitário do combustível em reais, para o caso do auxiliar escolhido ser a gás, Dados tarifários automáticos, permite optar por padrão de cálculo de tarifa energética instalada mais apropriada para a obra em trabalho. Ao optar pelo cálculo automático da tarifa, é necessário selecionar um "Tipo de consumidor", Dados tarifários manuais neste caso os valores das tarifas e do termo adicional são fornecidos diretamente pelo usuário, Utilizar para cálculos aqui marca-se a opção de cálculo automático ou manual das tarifas, Considerar termo adicional aqui é feita a opção por considerar a soma do termo adicional sobre o valor final da conta de energia, Considerar sistema auxiliar Nesta é feita a opção por usar ou não um sistema de aquecimento auxiliar ao sistema de aquecimento solar, Considerar sistema central a gás nesta aba escolhe-se a opção por considerar ou não o uso de um sistema de aquecimento central (sistema de aquecimento independente) a gás na instalação, Tarifas e impostos escolha do conjunto de tarifas e impostos aos quais a instalação estará sujeita em funcionamento. Para escolher o conjunto de tarifas e impostos clique no botão "...", abrirá então uma janela de seleção, escolha a lista desejada (arquivo ".bdti") e, em seguida, clique em abrir.

O Numero 4 representa os dados de saída onde as abas mostram: Consumo energético mensal é o consumo de energia mensal total da instalação, Custo do consumo elétrico valor estimado da conta de energia elétrica, Tarifa efetiva tarifa de energia elétrica estimada, Consumo de gás consumo de gás como sistema de aquecimento central ou auxiliar mensal da instalação, Custo do gás valor gasto com a compra de gás por mês, Custo total custo total mensal do funcionamento da instalação, considerando a soma dos valores calculados dos custos de gás e de energia elétrica, Economia estimada em reais diferença entre os custos totais mensais da instalação com e sem os sistemas de aquecimento solar e auxiliar, Economia estimada em energia diferença entre os consumos energéticos totais mensais da instalação com e sem os sistemas de aquecimento solar e auxiliar.

A tela da **análise de viabilidade econômica** é mostrada na figura 35. Esta tela demonstra a viabilidade do uso do aquecimento solar. Nesta tela o número 1 representa os dados de entrada onde as abas: Custo da instalação é o valor total dos equipamentos que compõem o sistema de aquecimento solar, Custo do projeto de engenharia valor a ser pago pelo projeto e planejamento do sistema de aquecimento solar, Custos adicionais custos diversos de natureza não determinada, Manutenção valor gasto anualmente com

a manutenção do sistema medido em porcentagem do custo total da instalação (soma dos custos da instalação, projeto de engenharia e adicionais, Vida útil tempo previsto de funcionamento dos equipamentos medido em meses, Taxa de aumento EE previsão de aumento anual do custo da energia elétrica, Desembolso inicial parcela do pagamento à vista para a compra do sistema, Valor financiado este valor não é um dado de entrada, ele é um valor preenchido automaticamente ao se fornecer os valores de custos e desembolso inicial, Taxa mensal de financiamento taxa de juros cobrada sobre a parcela financiada do investimento, Custo de oportunidade taxa de rendimento mensal de um investimento concorrente seguro. É a menor taxa de rendimento aceitável para o sistema de aquecimento solar. No caso, o valor padronizado é de 0,75% (próximo do rendimento da poupança), Número de prestações número de prestações em que o financiamento será pago, Valor da prestação este valor também não é um dado de entrada, ele é preenchido automaticamente quando os valores de número de prestações, taxa de financiamento e valor financiado são preenchidos.

O numero 2 são os resultados que apresentam-se nas abas: Valor total do investimento é a soma dos custos do sistema, Preço do kWh tarifa de energia elétrica calculada (ou informada) na tela da simulação da conta de energia, Valor da conta valor da conta de energia estimado na simulação da conta de energia, Economia mensal/anual diferença entre os custos de funcionamento (conta de energia e gás) da instalação com e sem o sistema de aquecimento solar, mensal e anualmente, Economia em energia/reais (%) diferença percentual entre os custos de funcionamento (conta de energia e gás) da instalação com e sem o sistema de aquecimento solar, TIR (Taxa Interna de Retorno), corresponde a uma taxa que anula o Fluxo de Caixa, determinando a real rentabilidade gerada pelo projeto. O projeto será viável caso TIR seja superior ao custo de oportunidade, VPL (Valor Presente Líquido), valor descapitalizado dos desembolsos e economias ao longo do tempo de duração do projeto para o tempo atual. O projeto será viável se o VPL for positivo, Pay-back tempo em que o retorno supera o valor do investimento, ou seja, é o tempo em que o investimento se paga. É o momento em que o gráfico de progressão do VLP se torna positivo. Ele considera o valor do capital no tempo, pois descapitaliza cada parcela ao longo do projeto da mesma forma que a utilizada no VPL. O projeto é viável se o prazo de retorno do investimento se der dentro do período previsto, normalmente a vida útil do equipamento.

O numero 3 ilustra o Gráfico de evolução do VPL que mostra como o valor do VPL (valor presente líquido) varia no tempo até atingir seu valor final no último período de vida útil dos equipamentos.

Análise de Viabilidade Econômica

<p>Dados da instalação</p> <p>Custo da instalação (R\$) 0</p> <p>Custo do Projeto de Engenharia (R\$) 0</p> <p>Custo Adicionais (R\$) 0</p> <p>Manutenção (% do investimento) 2</p> <p>Vida Útil (anos) 20</p> <p>Taxa de Aumento EE (%) 6</p>	<p>Dados de Financiamento</p> <p>Desembolso Inicial (R\$) 0</p> <p>Valor Financiado Total (R\$) 0</p> <p>Taxa Mensal de Financiamento (%) 0</p> <p>Custo de Oportunidade (%) 0,75</p> <p>Numero de Prestações 0</p> <p>Valor da Prestação (R\$) 0</p>	<p>Evolução VPL</p>
<p>Resultados</p> <p>Valor Total do Investimento (R\$) []</p> <p>Preço do kWh (R\$/kWh) []</p> <p>Valor da conta sem solar (R\$) []</p> <p>Valor da conta com solar (R\$) []</p> <p>TIR (% a.m.) []</p> <p>TIR (% a.a.) []</p>	<p>Economia Mensal (R\$) []</p> <p>Economia Anual (R\$) []</p> <p>Economia em Energia (%) []</p> <p>Economia em Reais (%) []</p> <p>VPL (R\$) []</p> <p>Pay-back Descontado (meses) []</p>	

Figura 35. Tela da análise da viabilidade econômica.

Apêndice B - Ranking's da ANEEL.**Quadro 2 - Consumidores por ranking**

Agente	Numero de Unidades Consumidoras
CEMIG-D - CEMIG Distribuição S/A	7.055.022
ELETROPAULO - Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A	6.146.377
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais	5.874.937
COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	4.865.235
COPEL-DIS - Copel Distribuição S/A	3.807.372
LIGHT - Light Serviços de Eletricidade S/A.	3.653.772
CPFL-Paulista - Companhia Paulista de Força e Luz	3.633.027
CELPE - Companhia Energética de Pernambuco	3.122.458
COELCE - Companhia Energética do Ceará	2.894.371
CELESC-DIS - Celesc Distribuição S.A.	2.373.394
CELG-D - Celg Distribuição S.A.	2.339.449
AMPLA - Ampla Energia e Serviços S/A	2.236.139
ELEKTRO - Elektro Eletricidade e Serviços S/A.	2.206.447
CELG - Companhia Energética de Goiás	2.008.862
CEMAR - Companhia Energética do Maranhão	1.865.481
CELESC - Centrais Elétricas Santa Catarina S/A	1.813.597
CELPA - Centrais Elétricas do Pará S/A.	1.798.590
BANDEIRANTE - Bandeirante Energia S/A.	1.514.357
CEEE-D - Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica	1.480.509
CPFL- Piratininga - Companhia Piratininga de Força e Luz	1.420.855
CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica	1.351.528
RGE - Rio Grande Energia S/A.	1.269.637
ESCELSA - Espírito Santo Centrais Elétricas S/A.	1.254.597
AES-SUL - Distribuidora Gaúcha de Energia S/A.	1.192.253
COSERN - Companhia Energética do Rio Grande do Norte	1.137.120
EPB - Energisa Paraíba - Distribuidora de Energia	1.115.792
CEMAT - Centrais Elétricas Matogrossenses S/A.	1.059.526
SAELPA - Saelpa S/A de Eletrificação da Paraíba	989.076
CEPISA - Companhia Energética do Piauí	971.018
CEAL - Companhia Energética de Alagoas	892.418

Fonte: ANEEL, 2011.

3.2. **Apêndice C- Tarifas Residências vigentes****Quadro 3 - Tarifas Residências vigentes.**

Concessionária	B1 - Residencial (R\$/kWh)
Energisa Minas Gerais - Distribuidora de Energia S.A.	0,45352
Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins	0,44766
Usina Hidroelétrica Nova Palma Ltda.	0,44479
Companhia Energética do Maranhão (Interligado)	0,44364
Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A. (Interligado)	0,43062
Companhia Luz e Força Mococa	0,42706
Companhia Energética do Piauí	0,41986
Companhia Hidroelétrica São Patrício	0,41269
Centrais Elétricas Matogrossenses S/A. (Interligado)	0,41257
Empresa Luz e Força Santa Maria S/A.	0,41142
Rio Grande Energia S/A.	0,40849
Companhia Paulista de Energia Elétrica	0,40444
Companhia Energética do Ceará	0,40199
Ampla Energia e Serviços S/A	0,40188
Companhia Luz e Força Santa Cruz	0,39938
Empresa Força e Luz João Cesa Ltda	0,39923
Força e Luz Coronel Vivida Ltda	0,39056
Departamento Municipal de Energia de Ijuí	0,39024
CEMIG Distribuição S/A	0,38978
Hidroelétrica Panambi S/A.	0,38745
Centrais Elétricas de Carazinho S/A.	0,38706
Companhia Sul Paulista de Energia	0,38596
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	0,38203
Companhia Sul Sergipana de Eletricidade	0,38054
Energisa Nova Friburgo - Distribuidora de Energia S.A.	0,37582
Energisa Paraíba - Distribuidora de Energia	0,37554
Companhia de Eletricidade do Acre	0,37545
Cooperativa Aliança	0,37352
Iguaçu Distribuidora de Energia Elétrica Ltda	0,37083
Centrais Elétricas do Pará S/A. (Interligado)	0,36990
Elektro Eletricidade e Serviços S/A.	0,36604
Empresa Elétrica Bragantina S/A.	0,36454
Empresa Força e Luz Urussanga Ltda	0,35300
Centrais Elétricas de Rondônia S/A.	0,35123
Muxfeldt Marin & Cia. Ltda	0,34665
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	0,34472
Companhia Energética de Pernambuco	0,34427
Companhia Campolarguense de Energia	0,34107
Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica	0,34021
Companhia Energética de Alagoas	0,33946
Espírito Santo Centrais Elétricas S/A.	0,33882
Energisa Sergipe - Distribuidora de Energia S.A.	0,33793
Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema S/A	0,33151
Celesc Distribuição S.A.	0,32974
Jari Celulose S/A	0,32911
Companhia Paulista de Força e Luz	0,32883
Companhia Nacional de Energia Elétrica	0,32818
Bandeirante Energia S/A.	0,32537

Light Serviços de Eletricidade S/A.	0,31769
AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S/A.	0,31497
Companhia Piratininga de Força e Luz	0,31421
Companhia Força e Luz do Oeste	0,31341
Copel Distribuição S/A	0,30926
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas	0,30642
Companhia Jaguari de Energia	0,30617
CEB Distribuição S/A	0,29825
Caiuá Distribuição de Energia S/A	0,29764
Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A	0,29651
Energisa Borborema ? Distribuidora de Energia S.A.	0,29599
Celg Distribuição S.A.	0,29353
Companhia de Eletricidade do Amapá	0,19729

Fonte: ANEEL, 2011.

OBS: Os valores obtidos nas consultas são referentes às tarifas homologadas pela ANEEL, com suas respectivas datas de vigência, relativas a cada concessionária. Valores vigentes até 2012.