

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 6 - Nº 62 - Fevereiro / 2011
ISSN - 1809-3957

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL

Nesta edição

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA GLOBAL: ADEQUAÇÃO, DIVERSIFICAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE RECURSOS –
Adalberto de Araújo Barreto Filho, Teófilo Miguel de Souza 02

INCENTIVO DO USO DA ENERGIA SOLAR PARA O AQUECIMENTO DA ÁGUA - Márcia Mayumi Utiyama,
José Feliciano Adami, Teófilo Miguel de Souza 08

Atendimento:
contato@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>



A. A. Barreto F^o, UDESC / UNESP e T. M. de Souza, UNESP

Abstract:

The search for efficiency in energy systems requires a planning that considers both the supply and consumption. On a global scale, optimization of the load curves and integration of energy sources is the way proposed to achieve an efficient joint able to cope with worrying forecasts the world energy scene. In this way regarding to planning the expansion of consumption and search integrated as a mean to obtain efficiency in the exploitation of sustainable and renewable energy sources.

Key words: Energy systems, Global efficiency, integrated planning.

Resumo:

A busca por eficiência nos sistemas energéticos implica num planejamento que considere tanto o suprimento como o consumo. Numa escala global, otimização das curvas de carga e integração de fontes energéticas é o caminho proposto para se chegar a uma eficiência conjunta capaz de fazer frente às preocupantes projeções no cenário energético mundial, no que diz respeito ao planejamento da expansão do consumo e da busca por eficiência integrada na exploração de fontes energéticas sustentáveis e renováveis.

Palavras-chave: Sistemas energéticos, Eficiência Global, planejamento integrado.

I. Introdução

A crescente incorporação de fontes não convencionais de energia na matriz energética mundial encontra no Brasil um quadro promissor e merecedor de um planejamento adequado aos determinantes, orientações e advertências dos fóruns mundiais que tratam da questão energética. Razão pela qual o Brasil segue sendo lugar de destaque no panorama da evolução e perspectivas de planejamento energético voltado para a adequação das potencialidades energéticas que promovam a busca por uma eficiência energética global – através da implantação de uma matriz energética que considere prioridades de exploração e uso de fontes de forma integrada. A avaliação das potencialidades energéticas renováveis, representadas por alguns energéticos prioritários, como

Pequenas Centrais Hidroelétricas, Aerogeradores e Painéis Fotovoltaicos, considerando as possibilidades de integração ou de complementação em sistemas isolados – parcial, ou, inteiramente – é um item do planejamento que se apresenta com a maior prioridade e como ponto de partida para a definição de metodologias de abordagem e

Volume 6 – n. 62 – fevereiro/2011

planejamento energético que busque a integração de fontes sob os critérios da diversificação de fontes e otimização do consumo [1] e (2). Índices e fatores de desempenho ampliados – que considerem parâmetros e variáveis abrangidas – terão que ser formulados, como proposta alternativa a ser considerada, no sentido de promover uma análise de análise global do sistema energético que considere a busca por políticas institucionais que promovam o consumo responsável e eficiente. Ao lado da priorização do uso de fontes que considere a integração numa perspectiva global onde a otimização de recursos envolva conceitos tais como sustentabilidade, renovabilidade e sustentabilidade, conjuntamente. Estudos das curvas de carga compostas, avaliação da “renovabilidade” e compatibilidade ambiental, são as ferramentas que podem ser utilizadas numa abordagem primordial. Propõe-se a elaboração e a aplicação de uma metodologia – através de rotinas de processamento - de forma a permitir uma qualificação e correspondentemente quantificação, através de indicadores, do suprimento energético por múltiplas fontes.

II. Premissas Fundamentais

A partir da constatação da necessidade da realização de um levantamento prospectivo para a identificação do estado de aproveitamento e uso dos energéticos, atualmente explorados, e das potencialidades inventariadas [3] chega-se a proposição metodológica de estruturação de um planejamento energético de forma a compor um cenário de projeção onde se permita visualizar as tendências de transformação da matriz energética [10] e [11] que, devido a crescente interação internacional do tema, se dê numa escala continental, regional e em sítios específicos – definidos para avaliação, simulação e acompanhamento de resultados. O tema hoje é constante e crescente interesse numa dimensão de abordagem internacional e de abrangência planetária – manchetes e matérias jornalísticas voltadas para a questão energética [20], [21] e [22], fóruns internacionais definidores de diretrizes das políticas energéticas globais voltadas para a sustentabilidade e os impactos ambientais) [30] e [32].

1.1 Itens metodológicos Gerais

A abordagem integrada, definidora de um planejamento abrangente, que englobe o consumo eficiente e uma integração e diversificação de fontes energéticas, voltada para exploração de recursos de forma ambientalmente sustentável e de assegurada eficiência econômica e social, pressupõe a seleção de critérios e procedimentos metodológicos gerais, tais como:

- Desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de avaliação do grau de integração e complementação de energéticos disponíveis na matriz energética atual – para o caso do Brasil [10], ou de uma das suas regiões político-geográficas, um determinado município ou mesmo uma localidade (vilarejo ou aldeia onde a implantação de sistemas energéticos alternativos ou complementares, de forma orientada, constitua um espaço de avaliação de projeto e resultados significativos) [1], [2] e [4], e de uma matriz projetada em face de cenários diagnosticados e previsíveis – desejáveis ou não;
- Utilização de ferramentas de análise de cargas, através das Curvas de Cargas, e de fluxogramas de energia praticados no planejamento energético;
- Elaboração de cenários de projeção que incorporem as oportunidades tecnológicas disponíveis e as orientações de âmbito das políticas internacionais, nacionais [15], [16] e [18], regionais e locais voltadas para a otimização, eficiência, sustentabilidade e a “renovabilidade” energéticas.

1.2 Seleção de critérios de relevância baseados em resultados gerais esperados:

Os determinantes do planejamento que consideram as implicações, intervenções e interações de âmbito internacional, regional e local – presentes nas discussões dos fóruns mundiais da área – conclamam para a mobilização e a participação de entidades, agentes diretos e indiretos do setor, de modo a promover e estimular a ampliação da atuação da sociedade na busca de soluções para os duais: Produção-Consumo, Ampliação-Renovação, Viabilidade-Sustentabilidade do insumo energético de forma diversificada, eficiente e renovável. As projeções do crescimento do consumo energético, a partir dos moldes atuais, produzem alertas das entidades internacionais da área e buscam orientar políticas de produção e usos responsáveis e compatíveis com os níveis de utilização e dependência da energia, não só nunca antes atingidos, mas, também num grau de complexidade para o planejamento que implicam na ampliação da fronteiras tecnológicas, modos, metodologias, recursos e estratégias de planejamento e planificação.

A incorporação de tecnologias e fontes emergentes em escala crescente e significativa – lastreados pela sofisticação, diversificação, disponibilização e controle de redes de distribuição, cada vez mais integradas (monitoradas num plano nacional, regional e internacional em perspectiva crescente) – e de métodos de diagnósticos, simulação e elaboração de cenários de projeção (implementados pelos recursos computacionais atualizados) propiciam amplitude e precisão crescentes no planejamento. Do que o levantamento, desenvolvimento e aplicação da metodologia proposta, através do emprego das ferramentas de planejamento adequadas, espera-se gerar um cenário de usos energéticos, em conformidade

com os recursos disponíveis, provável, realístico e viável, utilizável para referência no planejamento na área – no âmbito de sua aplicação. Cabendo ressaltar as experiências introduzidas já nos países, sobretudo, as realizadas em localidades remotas do país [5], [7], [8], [9], [13], [14] e [16].

III. Metodologia: - Fluxograma definido pelas seguintes etapas:

1. Avaliação/Definição de Potencialidades:

Prospecção das qualidades, quantidades e oportunidades correspondentes aos sistemas energéticos convencionais e não convencionais em expansão, para a aplicação em curto e médio prazo no Brasil e em países com forte integração no continente latino-americano, que podem ser enumeradas, quanto ao uso e significado:

- Complementação de suprimento – em regime horo-sazonal específico de cada sistema (localidade, espaço geográfico determinado);
- Suprimento em condições geográficas indisponíveis às redes elétricas convencionais;
- Ampliação do acesso ao consumo e do consumo com menos impactos e ambientalmente compatível e renovável – propiciados pelos incrementos tecnológicos e ganhos de eficiências em desenvolvimento, atualmente [24], [25], [26], [27], [28] e [29].

2. Aplicação de Ferramentas Específicas

- a) Seleção das contribuições mais relevantes entre as fontes renováveis de conteúdo tecnológico e viabilidade técnica e econômica garantidas, ou verificáveis, competitivas, portanto, e utilizáveis para a integração e complementação em condições de horosazonalidade atraente e promissora. Enumeração das modalidades de integração e participação destes sistemas, entre os seguintes:
 - Modulação das curvas de carga – complementação, suavização ou aplainamento das curvas, sobretudo nos horários de pico;
 - Modulação da matriz energética – com diminuição dos estoques de energéticos não renováveis e a incorporação de energia renovável, limpa, reciclável e de custos, primordialmente ambientais, decrescentes.
 - Ampliação do consumo sustentável no mix energético – com o desenvolvimento e introdução de tecnologias compatíveis com exploração destes novos energéticos e as sua operacionalidade técnica eficaz (sistemas de controle e distribuição de cargas eficientes – eletrônica de potencia dedicada aos sistemas distribuído de geração de energia), com a correspondente agregação de valor aos produtos e aos sistemas produtivos isolados, como um todo.
 - Mudança de hábitos com a incorporação da participação crescente dos consumidores na busca de ganhos de eficiência, através da otimização do consumo – escolha de equipamentos mais eficientes, usos programados, tarifação diferenciada.

b) Implementação, através de análises de sensibilidade das curvas de carga – considerando as alternativas e compatibilidades verificáveis entre os sistemas - de rotinas de avaliação, qualificação e quantificação, para determinação seja de energéticos existentes (para complementação) ou dos que podem ser incorporados.

c) Na busca por um suprimento-consumo eficiente e otimizado, as análises incorporam as ferramentas:

- *i) Fator de carga, F_{car}* , é a razão entre a energia elétrica consumida por uma carga durante um determinado intervalo de tempo e a energia elétrica que seria consumida caso a carga operasse com sua potência instalada durante esse mesmo intervalo de tempo. O fator de carga é expresso por:

$$F_{car} = \frac{\text{Energia Fornecida num intervalo } T}{\text{Potência}_{\text{máxima}} \times T}$$

- *ii) Fator de capacidade, F_{cap}* , é a razão entre a energia elétrica efetivamente gerada por um sistema durante um determinado intervalo de tempo e a energia elétrica que seria gerada caso o sistema operasse em sua potência nominal durante esse mesmo intervalo de tempo. O fator de capacidade é expresso por:

$$F_{cap} = \frac{\text{Energia Gerada num Intervalo } T}{\text{Potência}_{\text{máxima}} \times T}$$

- *iii) Modulação de curvas de Carga*, definição do grau, ou nível de aplainamento, ou de horizontalização que pode ser obtido por complementação e/ou deslocamento dos picos e vales, de forma a uniformizar o fornecimento de energia.

- *iv) Avaliação da Intensidade Energética, I_E* : Estabelecimento da razão entre a Energia Consumida, nos principais processos, ou, pela população definida, pelo benefício, ou PIB, obtido com o consumo desta energia.

A Intensidade Energética é expressa por:

$$I_E = \text{Energia Primária Consumida} / \text{PIB.}$$

3. Definição e obtenção de Fatores Agregados: Fator de Eficiência Global

Considera-se o conceito de viabilidade global de um dado energético, ou de um conjunto de energéticos (fontes de suprimento), para o consumo de uma carga, ou sistema de consumo – composto de conjunto determinado de consumidores.

Orienta-se a análise para sistemas isolados, ou, parcialmente integrados à rede de suprimento elétrica convencional.

a) **Define-se então alguns fatores:**

Fator de Integrabilidade, que mede a propriedade de complementação da curva de carga, no sentido de se obter uma modulação orientada para a uniformização da carga de carga, ou conjugação dos fatores de capacidade e de carga simultâneos.

Fator de Reposição, ou renovabilidade, que define os custos índices para a obtenção das energias renováveis disponíveis.

Fator de Impacto Ambiental, que avalia os impactos, em termos de limitação de usos futuros de energia e custos de reposição ou eliminação de impactos indesejáveis.

Busca-se, assim, mesurar a **Viabilidade Global**, que envolve a viabilidade técnica, em nível de custos e disponibilidade com as tecnologias apropriáveis, viabilidade Econômica, em termos de atratividade, oportunidade e ganhos líquidos de substituição ou de resultados a longo prazos e viabilidade ambiental comparada.

- **Viabilidade Global** de um conjunto de fontes supridoras e redes de consumo, seria do tipo:

$$V_g = [(\sum_{i=1}^n f_i \times f_{int} \times f_{imp} \times f_{ren}) / \text{Energia requerida}]$$

O que se refletiria sobre os custos, a continuidade, a razão custo/benefício, tanto a curto, como a médio e longos prazos.

IV. Considerações para o Planejamento e Implantação de uma Matriz Energética voltada para a Eficiência Global

O desenvolvimento de novas tecnologias e a adequação da crescente eficiência de energéticos prioritariamente promissores, bem como a sua implantação, respeitando os critérios de renovabilidade e menores impactos ambientais constituem os argumentos de justificação e defesa da ampliação, consistente, da disponibilização de energia via energéticos alternativos [23] – dentre os quais se destacam as Pequenas Centrais Hidroelétricas, PCHs, assim como os sistemas eólicos geradores – seja através de unidades eficientes ou uso conjunto em parques eólicos de grande porte [13], [15], [17], [22] e [25], como forma de responder aos ritmos de crescimento do consumo de energia.

Segundo estudos, previsões e cenários projetados pelos organismos ligados a temática ambiental, nacionais e internacionais da área [3] e [31], assim como os órgãos e instituições oficiais voltados para o planejamento energético no Brasil, estes sistemas energéticos prioritários, de maior aplicabilidade num horizonte de curto e médio prazos (próximos 50 anos), quando corretamente implantadas, significam produção de energia com a possibilidade de elevado controle ambiental, através da mitigação dos impactos, sobretudo se comparadas às termelétricas e grandes hidrelétricas. Sem que haja um planejamento centrado na conscientização, para eliminação dos desníveis de acesso aos meios, técnicas e recursos indispensáveis para o projeto, produção e operação, com a elevação da participação ampla da sociedade, não será possível diminuir significativamente os impactos

indesejáveis causados pelas quaisquer energéticos, inclusive estes.

A redução do consumo e eliminação de desperdícios, programas de eficiência energética e tecnologia de integração de fontes de forma otimizada e de complementaridade eficiente - como já começaram a implementar alguns países, sobretudo, do primeiro mundo, com políticas de uso compatível entre uso intensivo de energia, eficiência energética, qualidade de energia e sustentabilidade ambiental - os problemas oriundos da descaracterização e inadequados projetos e controle dos impactos adversos das PCHs, sobretudo pelo uso necessariamente compartilhado - como recurso hídrico potável, irrigação e composição de ecossistema a ser preservado - crescerão imprevisivelmente. Ações decorrentes de estratégias de redução do impacto ambiental, como a diminuição da emissão de CFC e outros agentes de larga repercussão ambiental, promovidos pelo controle sobre a qualidade de todo o processo de produção, transformação e uso de energia [32] e [33], são fundamentais para manutenção do equilíbrio na exploração energética. Programas sustentados por definição de estratégias que avaliem os diversos aspectos, sejam técnicos econômicos, sociais e ambientais, tem cada vez mais garantia de melhores resultados e menor rejeição.

A restrição do acesso às normas e legislação a um número pequeno de agentes diretamente envolvidos no planejamento, projeto e construção de PCHs, e demais energéticos prioritários, tende a promover drásticas distorções [32], [33] e [34]: ou pela priorização de aspectos específico, isolados e tendenciosos - economicidade, tecnicismo, parcialidade ou favorecimento político, social e econômico, ou pelo realce irrealista de impactos negativos ou adversos, sejam ambientais, paisagísticos, turísticos ou recreativos. Da mesma forma que campanhas pelo uso racional da água se fizeram necessários - e será sempre preciso enfatizar que o uso da água é cada vez mais o uso da energia - foram assumidas por amplos e diversos setores da sociedade, a significação educacional do uso eficiente e racional da energia, como forma de promover a consciência e participação da sociedade na definição das mais eficazes soluções e alternativas para a produção da energia se torna cada vez mais necessárias. Conceitos tais como eficiência energética, compatibilidade ambiental, renovabilidade precisam está cada vez mais acessíveis a um número crescente de agentes sociais participantes do planejamento energético. Outros conceitos relacionados, tais como, consciência energética, educação energética e mesmo inteligência energética, certamente precisam ser desenvolvidos e colocados cada vez mais próximos dos usuários de energia, sobretudo daqueles que sofrem com os impactos adversos, decorrentes do planejamento energético incipiente e isso numa perspectiva de curto, médio e longo prazos.

V. Conclusões

O problema de compatibilizar a demanda crescente por energia, os constatados impactos ambientais crescentes, a exaustão de fontes convencionais usuais - como derivados de petróleo e carvão - ao lado da expansão dos sistemas de

geração nucleares, é tema universal, global e planetário, neste início de século XXI. É de tal elevada ordem de preocupação dos órgãos de governo nacionais, entidades internacionais e fóruns de discussão e orientação das políticas globais que faz parte da maioria das publicações - sejam de grande triagem, como jornais de grande circulação ou periódicos especialistas orientados para públicos maiores, além das revistas e periódicos especialistas categorizados - voltadas para as tecnologias estratégicas, economia e políticas públicas e de relação entre países.

Programas de promoção da eficiência do consumo, ou economia de energia, bem como ampliação da exploração de novas fontes de energia, isoladamente, não são capazes de fornecer soluções sustentáveis, seguras ou confiáveis num horizonte de médio e longo prazos. Planificação orientada para a integração de recursos energéticos e emprego de tecnologias é cada vez mais prioritária. A definição das curvas de carga e das disponibilidades energéticas praticadas e projetadas são elementos imprescindíveis a qualquer metodologia de elaboração de planejamento consistente. Tais itens metodológicos adaptados às peculiaridades de cada localidade (ou município, região ou país - além de área geografia multinacional passível de integração energética) são componentes cruciais na elaboração do planejamento energético voltado para a sustentabilidade, compatibilidade ambiental, renovabilidade e eficiência integrada de produção e consumo de energia. Uma estratificação do planejamento energético, envolvendo desde as especificidades locais até as orientações internacionais torna-se, crescentemente, indispensável na determinação das matrizes energéticas nacionais com vistas à integração de suprimento e consumo de forma a se alcançar uma eficiência global definida e quantificável e daí a busca pela sua incrementação em níveis de eficiência, desejadamente, cada vez elevados.

VI. Referências:

- [1] SOUZA, Teófilo M. e BARRETO Fº, Adalberto de A., "Diversificação de Fontes - Otimização do Consumo" VIII Congresso Latino Americano de Geração e Distribuição de Energia -CLAGETTE, anais, Ubatuba SP. 2009.
- [2] SOUZA, Teófilo M. e BARRETO Fº, Adalberto de A., "Planejamento para o Suprimento Energético Sustentável: Implantação de Novas Tecnologias, Eficiência e Compatibilidade Ambiental Estratégias, Eficiência e Impactos Ambientais", XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Energia-COBENGE, Recife-Pe. 2009.
- [3] KUMPULAINEN, L., Lehtonen M., et al. *Os sistemas de Fornecimento de Energia Elétrica do Futuro*. Anais do XIX Cired, Viena, EM n° 414 set/2008 pp. 83-89. São Paulo.
- [4] BARRETO Fº, Adalberto de A., "Curvas de Desempenho em Sistemas de Microgeração de Energia Elétrica" XIX International Sodebras Congress, São Paulo - SP. 2009.
- [5] CRUZ, D. P., M. A. B. Galhardo, J. T. Pinho, C. F. de O. Barbosa e R. G. Araújo, "[Monitoração Remota e Análise de](#)

- [Desempenho de um Sistema Híbrido Solar-Eólico-Diesel](#)". IEEE-PES T&D Latin America, São Paulo, nov. 2004.
- [6] BARRETO Filho, A. A. e BAZANINI, G.; Avaliação de Impactos, Viabilidade Técnico-Econômica e Compatibilidade Ambiental de Pequenas Centrais Hidrelétricas em Regiões de Mata Atlântica: Estudo de Caso - Usina Hidrelétrica de Cubatão, Avaliação e Perspectivas.. In: I Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2003, Criciúma, SC. Caderno de Resumos. I Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão., 2003. p.303-304.
- [7] ROSSI, Luiz Antonio. Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico: alternativa na geração descentralizada de eletricidade para áreas rurais isoladas. In *Proceedings of the 3. Encontro de Energia no Meio Rural*, 2000, Campinas (SP, Brazil) [online]. 2003 [cited-15/June/2009]. Available from: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC00000002200000100024&lng=en&nrm=iso
- [8] BARBOSA, C. F. de O., J. T. Pinho, E. J. da S. Pereira, M. A. B. Galhardo, S. B. do Vale e W. M. de A. Maranhão, "[Situação da Geração Elétrica Através de Sistemas Híbridos no Estado do Pará e Perspectivas Frente à Universalização da Energia Elétrica](#)", In Proc. AGRENER GD 2004 - 5º Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída, Unicamp - Campinas, out. 2004.
- [9] BARBOSA, C. F. O., J. T. Pinho e S. B. Vale, "[Solar/Wind/Diesel Hybrid Power Systems for the Electrification of Isolated Communities in the Brazilian Amazon Region - Present State and Future Developments](#)". VI CLAGTEE - Congresso Latinoamericano de Generación y Transporte de la Energía Eléctrica, Mar Del Plata, Argentina, nov. 2005.
- [10] MME, "Plano Decenal de Energia - Relatório Final". [online]. Available: br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx
- [11] ANEEL (2009, Jun. 14). "Atlas de Energia Elétrica do Brasil", 2ª Edição; [online] Available: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/apresentacao/apresentacao.htm>
- [12] BRAZIL, Osiris A. V. regulação e Apropriação de Energia Térmica Solar pela População de Baixa Renda no Brasil Dissertação de Mestrado, Universidade Salvador - UNIFACS, Salvador, 2006. http://tede.unifacs.br/tede_busca/arquivo.php?codArquivo=123
- [13] CAMARGO, Arilde de Sutil Gabriel de, Análise do Potencial das Usinas Eólicas de Camelinho e Palmas e Avaliação do Potencial Eólico de Localidades do Paraná, Tese de Mestrado CEFET Paraná, Curitiba, 2005.
- [14] LOPES, D. G. . Análise Comparativa entre dois Sistemas de Geração de Energia Elétrica para a Comunidade Isolada no Interior do Amazonas: Células Combustível com Reformador para Gás Natural X Gerador Diesel. In AGRENER GD 2004 5º Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída, 2004 Campinas-SP.
- [15] CRESEB/CEPEL/ELETROBRÁS (2009, Jun. 17). "Atlas do Potencial Eólico", [online] Available: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/atlas_eolico_brasil/atlas.html
- [16] EPE, "Balanço Energético Nacional 2008: Ano base 2007: Resultados Preliminares", Rio de Janeiro: EPE, 2008., In Proc. AGRENER GD 2004 - 5º Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída, Unicamp - Campinas, out. 2004.
- [17] CRESEB/ELETOBRÁS, "Potencial Energético do Brasil - Atlas Solar e Eólico do Brasil", Cresesb/Eletobrás, Rio de Janeiro, 2009.
- [18] DIAS, Fábio Sales, "Perspectiva das Pequenas Centrais Hidroelétricas - PCH" in : Anais do 1º Seminário do Centro-Oeste de Energias Renováveis, Associação Brasileira dos Pequenos e Médios Produtores de Energia Elétrica (APMPE), Goiânia, 2007. <http://www.seplan.go.gov.br/energias/livro/cap11>
- [19] JORNAL FOLHA DE SÃO PAULO (2008, set. 13). "Lobão afirma que país terá mais 50 usinas nucleares". [online]. Available: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi1309200812.htm>
- [20] LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira. (2008, oct. 03). "O segundo ocaso da energia nuclear", in *Jornal Folha de São Paulo, Opinião- Tendências e Debates*, São Paulo, 03/10/2008.
- [21] LINDERT, Peter H., *International Economics*, 9th ed., 1991. Irwin. pp. 234-235.
- [22] MME. (17/06/2009, jun. 17). "Programa Luz para Todos", [online] Available <http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/asp/>
- [23] PINTO Jr, Ary Vaz, "Potencialidades e Energias Renováveis no Brasil - Perspectiva Solar"; in *Anais do 1º Seminário do Centro-Oeste de Energias Renováveis*, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica do Grupo Eletrobrás Goiânia, 2007. [online] Available: <http://www.sepl.an.go.gov.br/energias/livro/cap10.pdf>
- [24] MME. (2009, jun 17). "Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017", [online] Available: <https://www.mme.gov.br/site/news/detail.do?newsId=17717>
- [25] MME. (2009, jun 17). "Proinfra: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica", [online] Available: http://www.mme.gov.br/programs_display.do?prg=5
- [26] SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira and Lima Marcos A. M., "A demanda por energia elétrica no Brasil" in *Rev. Bras. Econ.*, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, Mar. 2004. [online]. Available: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71402004000100004&lng=en&nrm=iso doi: 10.1590/S0034-71402004000100004.
- [27] SPALDING, Eduardo, "A Nova Matriz Energética Brasileira Energia - Competitiva como Fator de Desenvolvimento", in ABRACE, São Paulo, 2008.
- [28] TOLMASKIM, Maurício T. (org.) "Fontes Renováveis no Brasil", Coppe-UFRJ/Cenergia/Interciência. Rio de Janeiro, 2003.
- [29] TOLMASKIM, Mauricio T.; Guerreiro, Amílcar and Gorini, Ricardo, "Matriz energética brasileira: uma perspectiva. Novos estudos". In CEBRAP, São Paulo, n.79, nov. 2007. Available: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000300003&lng=pt&nrm=iso. acesso em 17 jun. 2009. doi: 10.1590/S0101-33002007000300003.
- [30] WEC 2007, "The energy industry unveils its blueprint for tackling climate change" in *Wec Statement 2007*, London 2007.
- [31] WORLD ENERGY OUTLOOK 2008 - *Perspectivas de la energia en el mundo-2008*, Key World Energy Statistics, AIE/OCDE, Paris 2008.
- [32] REIS, Marcelo de M., *Custos Ambientais Associados a Geração Elétrica: Hidrelétricas x Termelétricas à Gás Natural*-dissertação de Mestrado XIV, 200p. UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro 2001.
- [33] VIANA, Edna M. F. MARTINEZ Carlos B. e FARIA, Marco T. C., *Implantação de mini centrais hidrelétricas como alternativa para a redução do custo de energia em sistemas de abastecimentos de água*. VIII Seminário Ibero-Americano SAREA, Lisboa, 2008.
- [34] ZIMMERMANN, Márcio P., *Matriz Energética - Plano Decenal Tendências Dificuldades e Investimentos - Políticas para Fontes de Energia*. ABINEE TEC 2007 - Abril-2007. Brasília, 2007.

XII. BIOGRAFIA

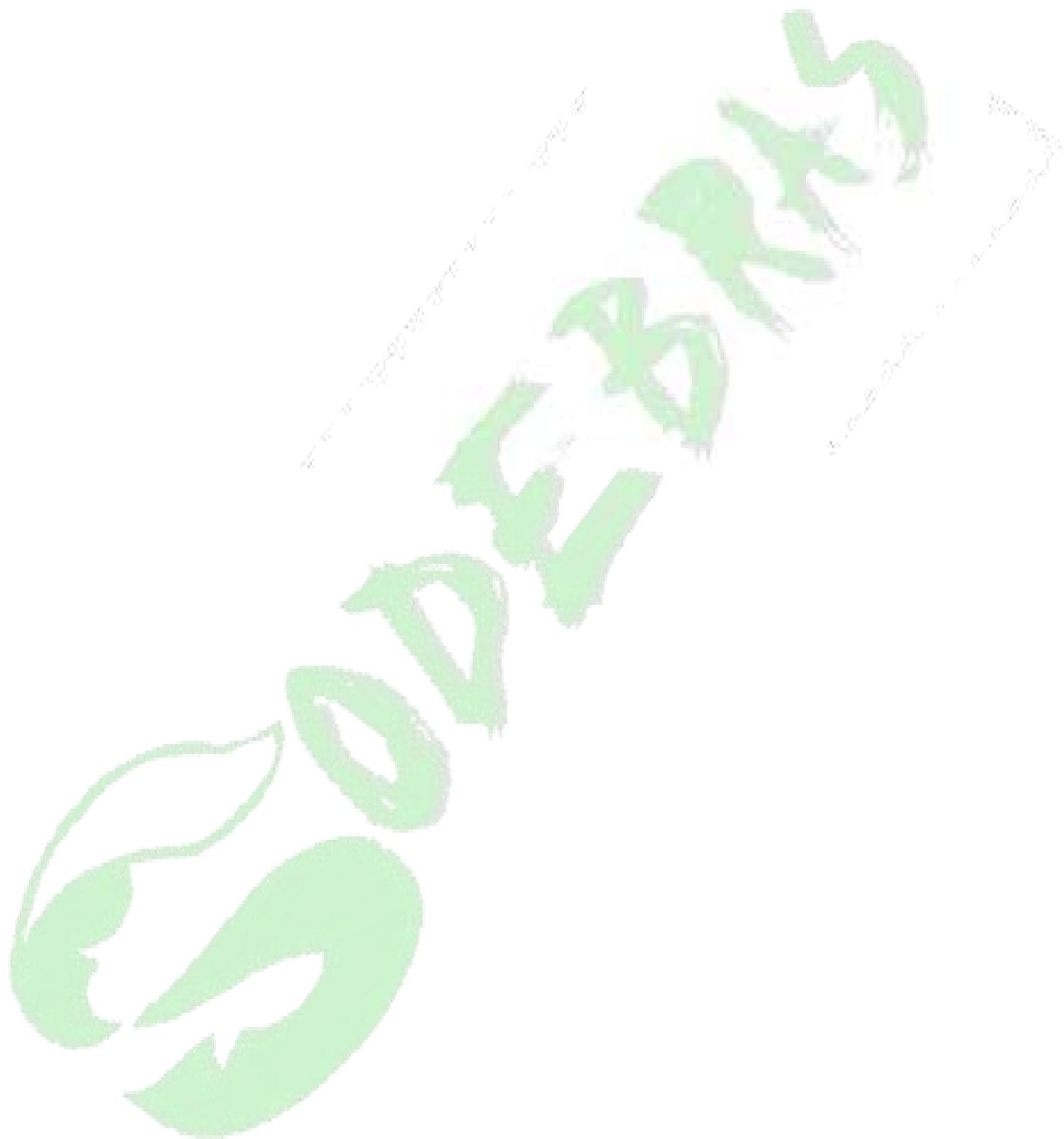
Adalberto de Araújo Barreto Fº: Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1985) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba (1990). Atualmente é professor titular da Universidade do Estado de Santa Catarina. Atua nas áreas de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão da Energia Elétrica, Distribuição

da Energia Elétrica e Geração da Energia, atuando principalmente nos seguintes temas: bateria solar; células fotovoltaicas, pequenas centrais hidrelétricas; potencial

energético alternativo. É doutorando na UNESP, na área de Energia..

XIII. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste artigo.





M. M. Utiyama, J. F. Adami, T. M. de Souza, FEG/UNESP

Resumo:

Este trabalho apresenta o uso da energia solar, para o aquecimento d'água, bem como a análise do desempenho de dois tipos de aquecedores solar: o aquecedor solar convencional e o aquecedor solar popular (construído com garrafas PET), ambos instalados no Centro de Energias Renováveis – CER, do Campus de Guaratinguetá. A análise foi realizada através de um Software – Contemp View Simple, instalado em um computador, e sensores Termopar. O Software e sensores, tiveram como função a aquisição de dados, no caso a temperatura da água aquecida, do interior de boilers e do ambiente. Uma mini estação meteorológica denominada de “Kestrel”, também foi incorporado para a obter os parâmetros ambientais, como a altitude, umidade, velocidade do vento, pressão e outros. A partir destas medições, foi possível estabelecer o valor aproximado do rendimento, tanto no aquecedor solar popular, quanto no aquecedor solar convencional. E também, observar em qual período do dia o aquecimento é maior ou menor. O projeto também contou com um sistema de monitoramento à distância para que o experimento pudesse ser acompanhado de qualquer computador e de qualquer local. Assim podendo chegar em uma análise mais ampla das características de cada aquecedor solar, bem como suas vantagens e desvantagens; porém sempre tendo como objetivo o incentivo do uso da energia renovável como um meio de geração de energia.

1. INTRODUÇÃO:

Um estudo realizado pelo United National Development (UNSEGED), mostrou que em meados da década de 90, a geração de energia era baseado em 40% carvão, 20% hidráulica, 17% nuclear, 14% gás e 9% óleo. E a previsão para o ano de 2050 é que 34% da geração de energia, seja solar, eólica e geotérmica; 24% gás, 16% hidráulica, 13% biomassa, 7% carvão e 6% nuclear.

O que se prevê é que o uso da energia solar e eólica, serão caracterizadas por um sistema de baixo custo, alta eficiência termodinâmica e flexibilidade na variação da energia de saída. E a longo prazo, a energia nuclear será proibida nos países desenvolvidos.

A energia solar tem muitas vantagens a serem observadas e levadas em consideração. Toda energia que o sol emite sobre a Terra por 24 horas, é equivalente a consumida no mundo por um período de 27 anos; essa transmissão se dá por meio de radiação eletromagnética, caracterizada por ondas curtas (0,3 a 3,0mm de comprimento de onda).

A energia solar depende de condições climáticas, e também da latitude e da posição no tempo; pois o eixo imaginário em torno do qual a Terra gira é inclinado e a trajetória que a Terra percorre é elíptica. Por esses

motivos, dependendo do local, a duração diária da luz solar varia.

O Brasil possui uma ótima vantagem pois o seu território está localizado próximo a linha do Equador, onde não há grandes variações na duração solar do dia.

Existem várias aplicações para a energia solar, sendo que um deles é o objeto de estudo deste projeto e trata do aquecimento de água. O aquecimento de água (chuveiro elétrico) é responsável por 12,8% da demanda máxima do sistema elétrico atualmente no Brasil; o chuveiro elétrico, apesar do baixo custo para o usuário, representa um alto investimento na geração, para as concessionárias com cerca de 45 vezes a mais do que o investimento do usuário. O aquecedor solar é constituído basicamente por placas coletoras, que absorvem raios solares incidentes, estes que são responsáveis pelo efeito estufa no interior do coletor; permitindo a entrada de energia solar na forma luminosa e impede sua saída na forma de radiação infravermelha.

A água entra no reservatório térmico (Boiler), e segue para as placas coletoras, onde será aquecida e retorna ao reservatório.

Este sistema de circulação dá-se por dois tipos: natural ou forçada. No método natural, a água flui por convecção, devido a diferença de densidade entre as temperaturas da água (quente e frio). E no método forçado, a circulação é dada por uma bomba hidráulica.

O desenvolvimento de um país depende de muitos fatores, porém os principais são o econômico, social e ambiental. E o consumo de energia está ligado diretamente com cada um destes fatores, por isso preocupar-se com esse assunto, torna-se ainda mais importante. E o uso das mais variadas formas da energia renovável é um grande exemplo de que existem caminhos alternativos para o desenvolvimento da sociedade sem o aumento correspondente do consumo de energia.

2. OBJETIVO:

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo além do incentivo da energia solar como fonte para o aquecimento da água; a análise comparativa entre dois tipos de aquecedores solar: o convencional e o popular bem como o levantamento das suas características para a facilitação do uso das mesmas, e a demonstração de que são equipamentos viáveis e que podem ser os substitutos do chuveiro elétrico.

Para a comparação, alguns parâmetros foram analisados como a dimensão dos equipamentos, o custo, o material utilizado, o rendimento e a sua versatilidade.

Com estas características levantadas, provar que os aquecedores solar possuem uma eficiência suficiente para o uso doméstico, como a higienização, cozimento de alimentos, dentre outras utilidades.

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

Este projeto teve início no final de fevereiro de 2010, tendo como os meses de março e abril, o período para pesquisas, instalações de computadores, Software, sensores; bem como últimos ajustes e adequações. No final do mês de abril de 2010, iniciou-se as medições.

Para a medição da temperatura foi utilizado o Software Contemp View Simple e sensores termopar tipo k.

Foram utilizados no total cinco sensores para a medições das respectivas temperaturas: obtidas do interior das placas do aquecedor tradicional, do interior das garrafas PET do aquecedor popular; da água aquecida pelo sistema tanto no aquecedor tradicional como no popular em seus respectivos boiler e do ambiente. Foram obtidas as temperaturas durante um determinado período, vale ressaltar que este período, apesar de ter sido demarcado mais pelo outono, houve grandes mudanças climáticas, ou seja, obteve-se medições tanto em dias quentes quanto em dias frios, o que proporcionou uma análise mais ampla pois assim foi analisado o rendimento de ambos aquecedores em diferentes condições ambientais.

Com os dados obtidos, foram montadas planilhas em Excel com informações da média das temperaturas de hora em hora do dia, média da temperatura do dia, média da temperatura da semana e por fim, média da temperatura no mês. Com os dados colhidos também foram gerados gráficos com a temperatura do dia, da semana e do mês. Tanto as planilhas quanto os gráficos têm a mesma finalidade: analisar e comparar os dois tipos de aquecedores solar em vários aspectos.

Os dados foram obtidos e monitorados diariamente, tanto para análise dos mesmos como para a verificação do funcionamento do Software.

Durante o segundo semestre de 2010, as medições e o monitoramento dos dados foram mantidos, porém um novo aparelho foi incorporado logo no início do segundo semestre, cuja função era capturar mais dados ambientais como a velocidade do vento, pressão, altitude e umidade. E um sistema de monitoramento à distância foi adicionado ao conjunto, fazendo com que dessa forma o projeto pudesse ser monitorado de qualquer computador e de qualquer cidade. O sistema é composto por um modem, um Access point, duas antenas e dois computadores, um no Centro de Energia Renováveis CER e outro em qualquer local onde tenha internet e software "TeamView" instalado.

Além da coleta usual de dados feita no primeiro semestre, no segundo semestre um novo tipo de experimento foi realizado para simular o aquecimento da água numa residência e o uso da mesma. Para isso, toda a água de ambos os boilers foi retirada logo pela manhã (por volta das 8h), para que assim a água utilizada fosse sem interferências anteriores. E assim iniciou-se o processo desde o início, ou seja, os boilers foram preenchidos novamente com água em temperatura ambiente. E às 15h, foi feita a simulação do uso da água para banho, ou seja, as torneiras foram abertas para a medição da temperatura de ambos os aquecedores.

Um estudo constante foi realizado juntamente com as medições sobre a energia renovável no mundo, o consumo de energia no Brasil e especificamente o aquecimento da água através da energia solar. Foi visto como é feito a

montagem do aquecedor solar popular (feito com garrafas PETs), como posicioná-lo e incliná-lo de acordo com a incidência do sol, seu funcionamento e seu custo.

Ambos os reservatórios térmicos (Boiler), têm 200L de capacidade. O aquecedor solar convencional (ou industrial) tem duas placas de 2m² e o aquecedor popular (feito com garrafas PETs), tem uma área de 7,2m².

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Com os dados obtidos, pode-se observar o comportamento da temperatura da água em diferentes situações climáticas, em qual período do dia os aquecedores têm o melhor rendimento e a como utilizar a água aquecida para o consumo residencial.

Os gráficos das figuras 1 a 4 apresentam o comportamento da temperatura durante 24 horas de dois dias do segundo semestre:

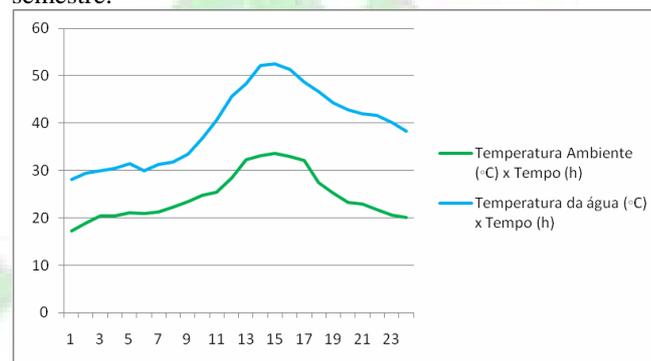


Figura 1 – Dia com temperaturas mais elevadas (Aquecedor Solar Popular)

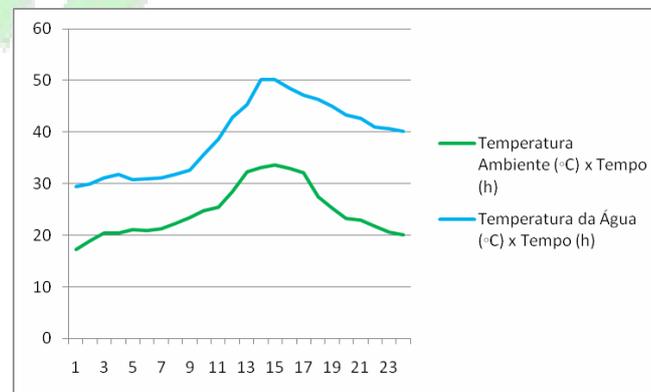


Figura 2 – Dia com temperaturas mais elevadas (Aquecedor Solar Convencional)

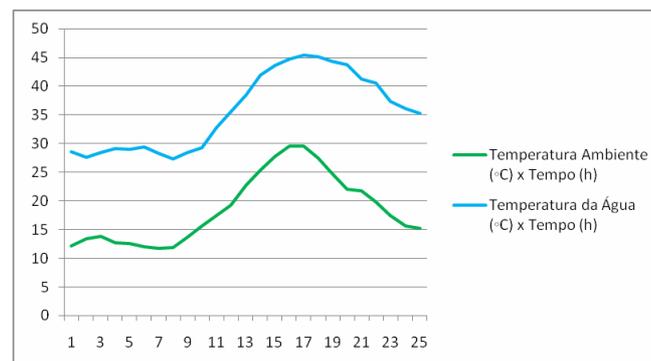


Figura 3 – Dia com temperaturas mais baixas (Aquecedor Solar Popular)

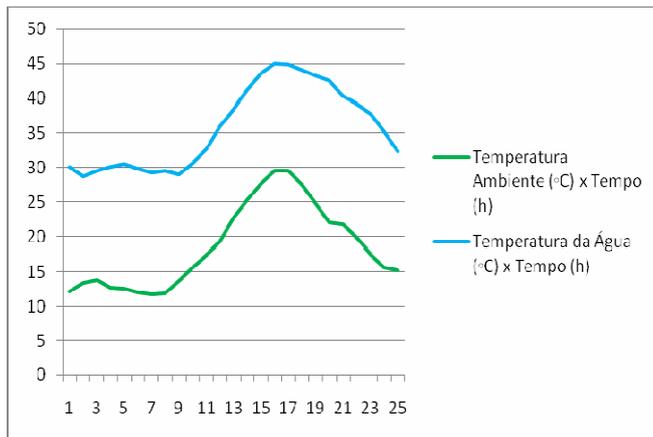


Figura 4 – Dia com temperaturas mais baixas (Aquecedor Solar Convencional)

De acordo com os gráficos acima, pode-se notar que a maior incidência solar ocorre no período das 11h às 16h. Quando ocorre uma oscilação solar, não necessariamente ocorre uma oscilação na temperatura da água aquecida, pois ela se aquece através da troca de calor a medida que ela circula pelo painel solar, assim, passando mais vezes ela se aquece mais.

Vale ressaltar que dentro do Boiler a água aquecida fica em contato com a água “fria”, ou seja, há um gradiente de temperatura: a água mais fria fica embaixo e a água mais quente em cima.

O uso da água para banho pode ser calculado a quantidade de água a ser utilizada, por exemplo:

Por volta das 15h, do dia 01/05, tem-se aproximadamente uma temperatura de 49°C. Supondo que para um banho necessita-se de uma temperatura de 30°C, utilizando-se a 1ª Lei da Termodinâmica, tem-se:

$$Vq(T_i - T_e) = V_f(T_e - T_a) \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

Vq: volume da água quente

Vf: Volume da água fria

Ti: Temperatura da água quente

Te: Temperatura de equilíbrio

Ta: Temperatura ambiente

A vazão do tubo é de 0,12l/s, e supondo um banho com duração de no máximo 12 minutos, tem-se um volume total de água por banho equivalente a 86,4l.

Então, tem-se que $Vq + Vf = 86,4l$. Eq.2

Com a equação 1, $Vq(49-30) = Vf(30-27)$

$Vq = Vf(3/19)$ com a equação 2:

$Vf = 74,61l$ e $Vq = 11,78l$

Assim, observa-se que dependendo da temperatura necessária pro banho, não necessita-se de usar toda a água aquecida pelo painel, podendo ser misturada com água fria para poder atingir o valor desejado.

Os rendimentos dos painéis solares:

Tem-se a equação do dimensionamento da superfície coletora:

Cada garrafa de 2 litros tem 0,1 m de diâmetro e cerca de 0,3 m de comprimento, A área é de 2m x 3,6 m , há 216 garrafas de 2 litros.

$$S = Q/I \cdot \eta \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

S: área (m²)

Q: Quantidade de calor necessária (kcal)

I: Índice de radiação solar (kcal/m².dia)

η: Rendimento

E a quantidade de calor pode ser calculada através da seguinte equação:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

Onde:

m: massa (kg)

c: calor específico a água em kcal/kg°C = 1,0

Tf: Temperatura de saída de água

Ti: Temperatura de entrada da água

Assim, através destes cálculos pode-se observar os seguintes valores na Tabela 1s:

Tabela 1 : Rendimentos

	Rendimento (Primavera/Verão)	Rendimento (Outono/Inverno)
Aquecedor Solar Popular	77,66 %	54,3 %
Aquecedor Solar Convencional	72,5 %	57%

Para os cálculos foram considerados área das placas do aquecedor tradicional e dos canos para o popular.

A figura 5 mostra o aquecedor solar construído com garrafas PETs, disponível no Centro de Energia Renováveis.



Figura 5 Aquecedor Solar Popular com Garrafas PETS.

A figura 6 mostra o aquecedor solar tradicional instalado no CER.



Figura 6 Aquecedor Tradicional.

5. CONCLUSÃO:

Os sistemas de aquecimento solar utilizados obtiveram um bom índice percentual de aquecimento. Concluindo assim que sistemas de aquecimento solar passivos podem ser utilizados para várias aplicações, como por exemplo no chuveiro elétrico.

Assim o usuário poderá escolher o aquecedor que melhor se adequa a suas necessidades: o aquecedor solar convencional possui uma área 1,8 vezes menor que o popular e é mais prático na limpeza; porém o aquecedor popular tem um custo aproximadamente 10 vezes menor que o convencional, e o receptor solar é confeccionado com material reciclável, o que também é um ponto positivo na contribuição com o meio ambiente. A versatilidade é equivalente para ambos pois a área dos equipamentos podem ser escolhidos de acordo com a necessidade.

Ambos os aquecedores possuem o mesmo processo para serem instalados no local de recepção solar, pois é necessário um estudo da inclinação e posição ideais para o aquecedor, dependendo assim da posição do local em relação ao Sol.

A compra do boiler também é importante, pois ele é o equipamento que conserva a água aquecida.

Utilizando a energia solar, o uso sustentável dos recursos naturais será mais incentivado, assim como a redução dos riscos à saúde e ao meio ambiente; ou seja, há uma grande ajuda para a recuperação do ambiente afetado; além de conscientizar a população.

Uma das barreiras encontradas para a difusão do uso da energia solar para o aquecimento da água é o custo e a falta de divulgação, porém há alternativas para estes problemas, como o apresentado neste projeto que é o aquecedor popular, que possui baixo custo se comparado ao convencional, e ainda utiliza materiais recicláveis e de fácil acesso. E ainda, mesmo o aquecedor convencional, apesar do custo ser mais alto na aquisição do equipamento, o seu custo a longo prazo acaba sendo praticamente nulo se comparado a energia elétrica, pois depois da aquisição do equipamento o único gasto a ser feito é no caso a manutenção e a limpeza.

Já existe uma lei no Brasil No 10.295 de 17 de outubro de 2001, que fala sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia o que já é um grande incentivo na divulgação e conscientização da população. Há vários

projetos de aproveitamento da energia solar como fonte de aquecimento da água no Brasil, porém ainda é pequeno se comparado ao grande potencial que temos em nosso país. Assim, vê-se que os cenários futuros são favoráveis a difusão da energia renovável, porém necessita-se de cada vez mais apoio e incentivo para que a informação chegue a mais pessoas, para assim o uso dos aquecedores se tornarem de fácil acesso e uma prática comum entre todos.

6. BIBLIOGRAFIA:

Aldabó, R. Energia Solar . São Paulo. Artliber, 2002. 155p.

Goldemberg, J. ; Lucon, O. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo: EDUSP, 2008. 400p.

Centro de Energias Renováveis. Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista. Disponível em: www.feg.unesp.br/energiasrenovaveis.

Santos, Ana Paula Pereira, trabalho de graduação, Eficiência térmica de aquecedores confeccionados com garrafas PET

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste artigo.

e-mail: mayumimarcia@yahoo.com.br