

NOTA TÉCNICA Nº 1/2012 – GEMUC/FEAM

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO  
APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR  
TÉRMICA NO ESTADO DE MINAS GERAIS:  
DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO  
ATUAL E PERSPECTIVAS

Belo Horizonte  
setembro de 2012



Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos  
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
Fundação Estadual de Meio Ambiente  
Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento  
Gerência de Energia e Mudanças Climáticas

# **Análise Preliminar do Aproveitamento Solar Térmico no Estado de Minas Gerais: Diagnóstico da Situação Atual e Perspectivas**

**NOTA TÉCNICA Nº 1/2012 – GEMUC/FEAM**

FEAM – DPED – GEMUC – RT – 1/2012

Belo Horizonte

2012

© 2012 Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM

É permitida a reprodução desde que seja citada a fonte.

Governo do Estado de Minas Gerais  
Antônio Augusto Junho Anastasia  
Governador

Secretaria do Estado do Meio Ambiente  
e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD  
Adriano Magalhães Chaves- Secretário

Disponibilização Online

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM  
Zuleika Stela Chiacchio Torquetti

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento  
Janaina Maria Franca dos Anjos

Gerência de Energia e Mudanças Climáticas  
Felipe Santos de Miranda Nunes

Equipe técnica  
Wilson Pereira Barbosa Filho (Coordenador)  
Marcos Vinícius Eloy Xavier  
Cibele Mally de Souza  
Felipe Santos de Miranda Nunes

Diagramação e Normalização  
Jaqueline Angelica Batista  
Wilson Pereira Barbosa Filho

Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n – 1º andar -Bairro Serra Verde - Belo Horizonte - Minas Gerais  
Brasil - CEP: 31630-90  
Home page: <http://www.feam.br/mudancas-climaticas>

F981a Fundação Estadual do Meio Ambiente.  
Avaliação preliminar do aproveitamento da energia solar térmica no  
Estado de Minas Gerais: diagnóstico da situação atual e  
perspectivas/Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte:  
FEAM, 2012.  
38p. ; il.

Nota técnica nº 1/2012 – GEMUC/FEAM.

1. Energia solar. 2. Aproveitamento energético - diagnóstico. 3.  
Fonte de energia alternativa. I. Título.

CDU:  
620.92(815.1)



## **LISTA DE SIGLAS**

**ABRAVA** - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

**ANEEL** - Agência Nacional de Energia Elétrica

**BEEMG** - Balanço Energético do Estado de Minas Gerais

**CCPTM** - Campanha Cidades pela Proteção do Clima

**CEMIG** - Companhia Energética de Minas Gerais

**CEPEL** - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

**CHESF** - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco

**COHAB-MG** - Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais

**CONER** - Conselho Estadual de Energia

**CRESESB** - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito

**DASOL** - Departamento Nacional de Aquecimento Solar

**EPE** - Empresa de Pesquisa Energética

**FAT** - Fundo de Amparo ao Trabalhador

**FINEP** - Financiadora de Estudos e Projetos

**FGTS** - Fundo de Garantia do Tempo de Serviço

**ICLEI** – *International Council for Local Environmental Initiatives*

**ILPI** – Instituições de Longa Permanência para Idosos

**INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia

**INMETRO** - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

**IPTU** - Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana

**LABSOLAR** - Laboratório de Energia Solar

**MCMV** - Programa Minha Casa Minha Vida

**MCTI** - Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação

**MME** - Ministério de Minas e Energia

**PAR** - Programa de Arrendamento residencial

**PBE** - Programa Brasileiro de Etiquetagem

**PEE** - Programa de Eficiência Energética

**PL** - Projeto de Lei

**PLHP** - Programa Lares Geraes Habitação Popular

**PUCMINAS** - Pontifícia Universidade católica de Minas Gerais

**PROCEL** - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

**QUALISOL** - Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistemas de Aquecimento Solar

**SEDESE** - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social

**SERVAS** - Serviço Voluntário de Assistência Social

**UFMG** - Universidade Federal de Minas Gerais

**UFPE** - Universidade Federal de Pernambuco

**UFSC** - Universidade Federal de Santa Catarina

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol	3
Figura 2: Radiação solar global diária - média anual típica (MJ/m <sup>2</sup> .dia).....	4
Figura 3: Radiação solar global diária - média anual típica (Wh/m <sup>2</sup> .dia) .....	4
Figura 4: Média anual de insolação diária no Brasil (horas) .....	5
Figura 5: Ilustração de um sistema solar de aquecimento de água .....	7
Figura 6: Casas populares contempladas com projeto da COHAB.....	11
Figura 7: Área de coletores solares instalados no Brasil por 1.000 habitantes.....	16
Figura 8: Projeção do consumo de energia elétrica residencial e dos chuveiros elétricos de uso doméstico (MWh/ano) .....	17
Figura 9: Estimativa revisada para o mercado mineiro de aquecimento solar .....	18
Figura 10: Participação dos coletores solares em diferentes setores do Estado.....	19
Figura 11: Evolução da energia produzida por coletores solares, em mil tep, em relação ao consumo final de energia elétrica de cada setor produtivo mineiro (industrial, comercial, residencial, público, agropecuário e transportes) entre 1995-2010.....	20
Figura 12: Comparação entre os modelos propostos para avaliar o impacto do envelhecimento da produção de energia dos coletores solares em operação.....	21
Figura 13: Composição do mercado mineiro atual em função do tempo de operação entre 1992-2010 .....	22
Figura 14: Área acumulada no estado de Minas Gerais até 2030 .....	22
Figura 15: Produção de energia estimada ao ano, por coletores solares em MG até 2030	23
Figura 16: Emissões evitadas estimada pelo uso de coletores solares em MG até 2030 ..	23

## LISTA DE TABELA

Tabela 1: Panorama da legislação do setor .....	14
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 – O APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR.....</b>	<b>2</b>
<b>3 – PANORAMA DE INICIATIVAS E POLÍTICAS PÚBLICAS.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 – Iniciativas.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 – Projetos de Lei/Marco Regulatório.....</b>	<b>13</b>
<b>4 – ESTADO ATUAL E PROJEÇÕES .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 – Cenário Nacional .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 – Cenário Estadual .....</b>	<b>17</b>
<b>4.3 – Cenário de Redução da Intensidade de Carbono.....</b>	<b>22</b>
<b>5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....</b>	<b>26</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

A presente Nota Técnica tem por objetivo realizar uma avaliação preliminar do contexto da inserção da energia solar térmica na matriz energética do Estado de Minas Gerais, a partir do aquecimento de água realizado através de coletores solares, traçando ainda projeções possíveis e recomendações com vistas a auxiliar a elaboração e consolidação de políticas públicas que fomentem o uso adequado de energias renováveis.

O Estado de Minas Gerais possui um papel de destaque no cenário nacional quanto ao aproveitamento de energia solar térmica de baixa temperatura, contando com grande número de empresas fabricantes e capacidade de prestação de serviços (projetos e ensaios de produtos) e geração de conhecimento no tema.

A Cohab-MG, em parceria com a Cemig e a Aneel, desenvolveu um programa de eficiência energética que contempla o uso do sistema de aquecimento solar nos programas habitacionais do Estado como um instrumento para melhoria da qualidade de vida dos beneficiários atendidos pelo Governo de Minas para o Programa Lares Geraes – Habitação Popular (PLHP). A instalação dos 15.000 equipamentos previstos iniciou-se em 2010. Durante esse mesmo ano 1.599 unidades habitacionais receberam o aquecedor solar. Em 2011, outros 3.460 equipamentos foram instalados em conjuntos habitacionais. (COHAB-MG, 2012)

O Governo Estadual vem realizando outros projetos, como o programa Energia do Bem, lançado em maio de 2010, por meio da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social (Sedese), Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) e Serviço Voluntário de Assistência Social (Servas), para beneficiar entidades de assistência social de todo o Estado. Serão investidos R\$ 23,5 milhões em recursos da Cemig para beneficiar, inicialmente, 1.400 instituições de Longa Permanência de Idosos (ILPI), creches, abrigos, albergues, casas de passagem, centros de recuperação para dependentes químicos e casa-lares. (CEMIG, 2010)

Instalada em Minas Gerais está a BH Solar, associação que congrega as maiores empresas fabricantes do setor e de projetos do Estado, que respondem por cerca de 22 % do mercado nacional e 85% da área total de coletores instalados em Minas Gerais, sendo o restante importado de outros estados brasileiros como São Paulo e Goiás. Essa associação é responsável por mais de 50.000 instalações de diferentes portes no Brasil gerando 700 empregos diretos. (BH SOLAR, 2012)

A BH Solar estima que 30% de toda a área de coletores solares instalados no Brasil estão em Minas Gerais. Para atingir esse valor, foi feita uma estimativa de maior participação no início da década de 90 e decrescente até 2009 em função da entrada de novos mercados. Destaca-se que os valores apresentados para o país baseiam-se em pesquisas anuais, realizadas e publicadas pelo Dasol (Departamento Nacional de Aquecimento Solar) e Abrava (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento). (CEMIG, 2012)

Belo Horizonte, capital mineira, tornou-se referência nacional na aplicação de coletores solares para aquecimento de água e destaque mundial em números de edificações multifamiliares existentes com a aplicação da tecnologia. Essa visibilidade trouxe à cidade o título de Capital Nacional de Energia Solar, referência ao grande número dessas instalações de uso coletivo, ao número de fabricantes locais e à capacidade de prestação de serviços e geração de conhecimento na área. (ICLEI, 2012)

## **2 – O APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR**

A radiação solar é a maior fonte de energia para o sistema terrestre, sendo o principal elemento meteorológico e um dos fatores determinantes do tempo e do clima. Além disso, afeta diversos processos: físicos (aquecimento/evaporação), biofísicos (transpiração) e biológicos (fotossíntese). Pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para a geração de potência mecânica ou elétrica.

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução). A duração solar do dia varia, em algumas regiões e períodos do ano, de zero hora (Sol abaixo da linha do horizonte durante o dia todo) a 24 horas (Sol sempre acima da linha do horizonte). (ANEEL, 2002)

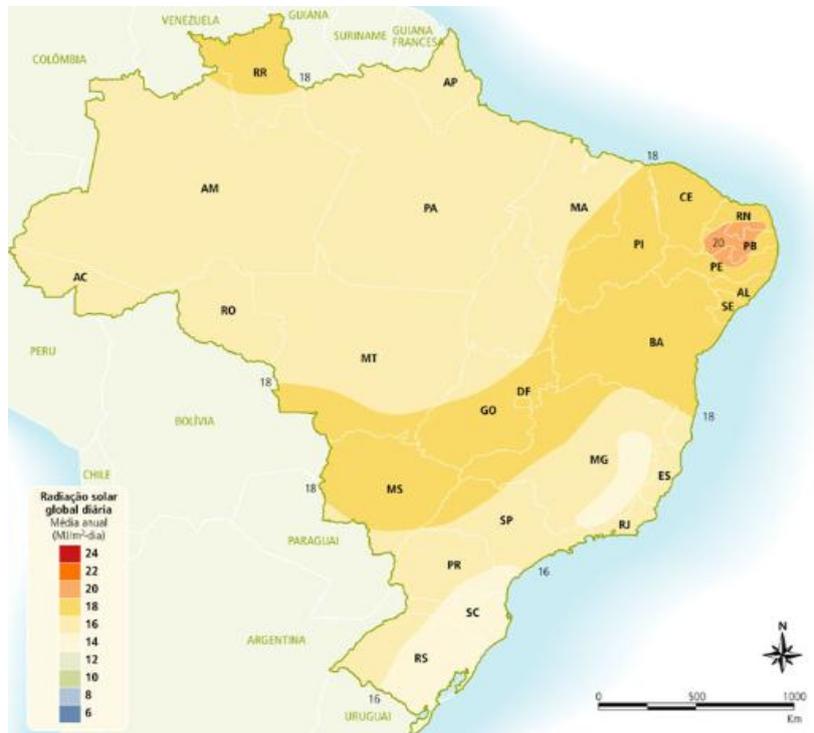


**Figura 1: Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol**  
Fonte: ANEEL,2002

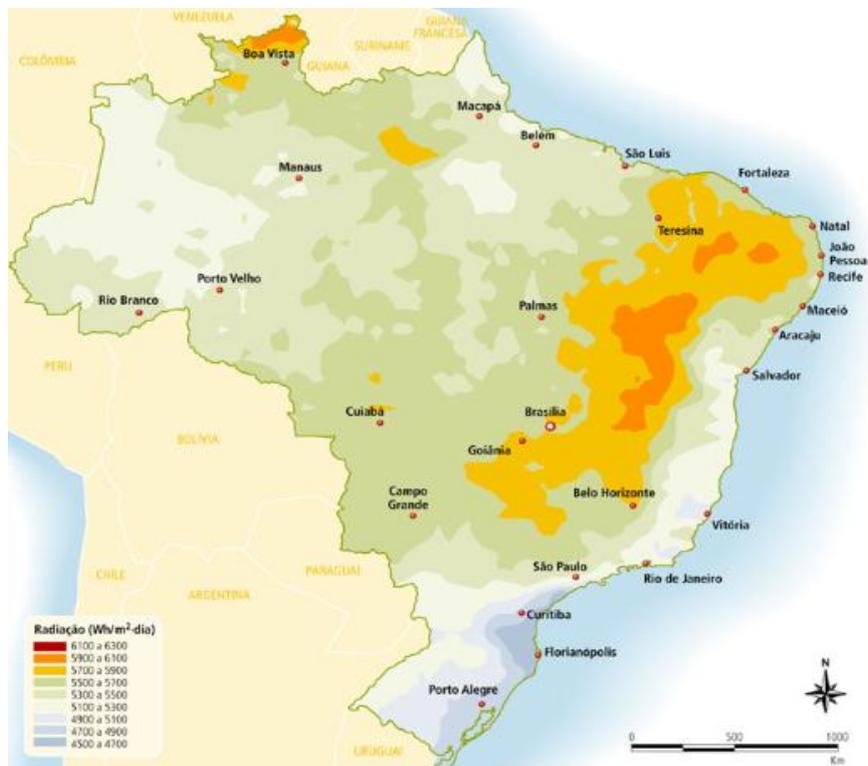
Por iniciativa da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), em parceria com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), foi produzido o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000), que apresenta uma estimativa da radiação solar incidente no país, resultante da interpolação e extrapolação de dados obtidos em estações solarimétricas distribuídas em vários pontos do território nacional. (CEMIG, 2011)

Outra ferramenta para avaliação da disponibilidade de radiação solar, o 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) traz as estimativas da radiação solar a partir de imagens de satélites, devido ao número relativamente reduzido de estações experimentais e das variações climáticas locais e

regionais no Brasil. Para melhorar as estimativas e avaliações da disponibilidade de radiação solar no Brasil, esses modelos devem ser vistos de forma complementar. (LABSOLAR, 1998)

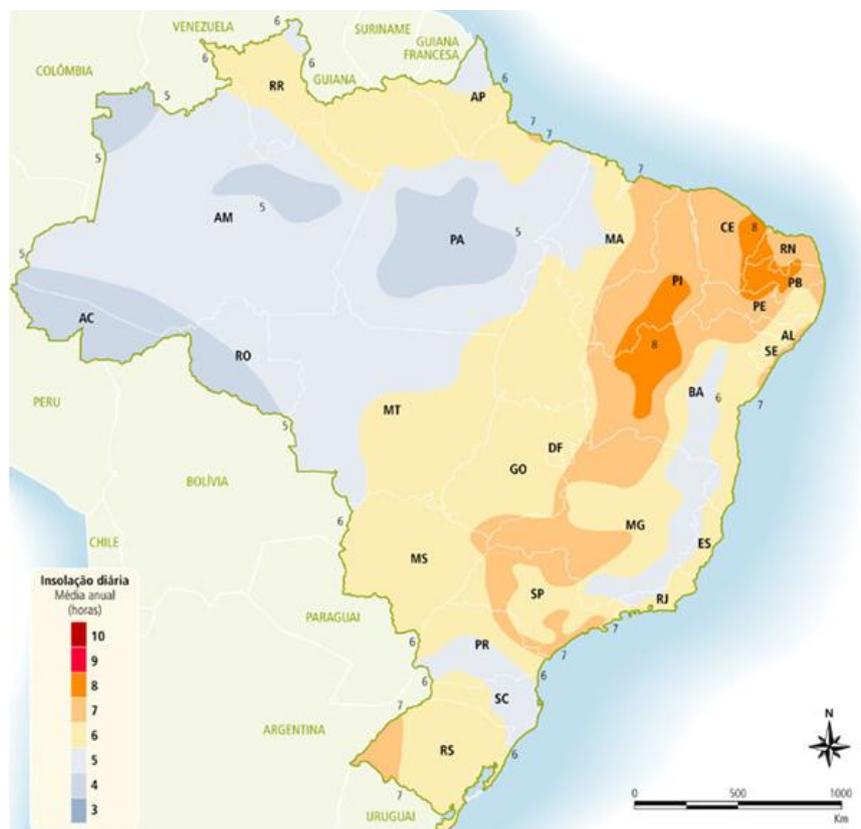


**Figura 2: Radiação solar global diária - média anual típica (MJ/m².dia)**  
Fonte: CRESESB, 2000



**Figura 3: Radiação solar global diária - média anual típica (Wh/m².dia)**  
Fonte: CRESESB, 2000

O mapa da Figura 4 apresenta a média anual de insolação diária, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).



**Figura 4: Média anual de insolação diária no Brasil (horas)**

Fonte: CRESESB, 2000

A variação da posição da Terra em relação ao Sol ao longo do ano determina ângulos de inclinação dos painéis solares, em relação ao norte (azimute) e em relação ao plano horizontal, mais adequados para a otimização do aproveitamento solar quando são utilizados painéis fixos que não acompanham a trajetória diária do Sol. No hemisfério Sul, os painéis solares devem estar voltados para o norte “verdadeiro” e a inclinação com o plano horizontal pode ser ajustada para maximizar a produção em cada uma das estações do ano ou para maximizar a produção média ao longo do ano. Neste último caso, em geral, a inclinação corresponde a ângulos próximos da latitude do local da instalação. (EPE, 2012)

Segundo dados do *software* SunData 2.0 (CEPEL/CRESESB - 2000), Minas Gerais possui uma radiação solar média incidente no plano horizontal de 4,83 kWh/m<sup>2</sup>.dia, sendo a média brasileira de 4,90 kWh/m<sup>2</sup>.dia.

Esses dados comprovam a boa disponibilidade do recurso solar em Minas Gerais para aplicações de diversas tecnologias termossolares. (CEMIG, 2011)

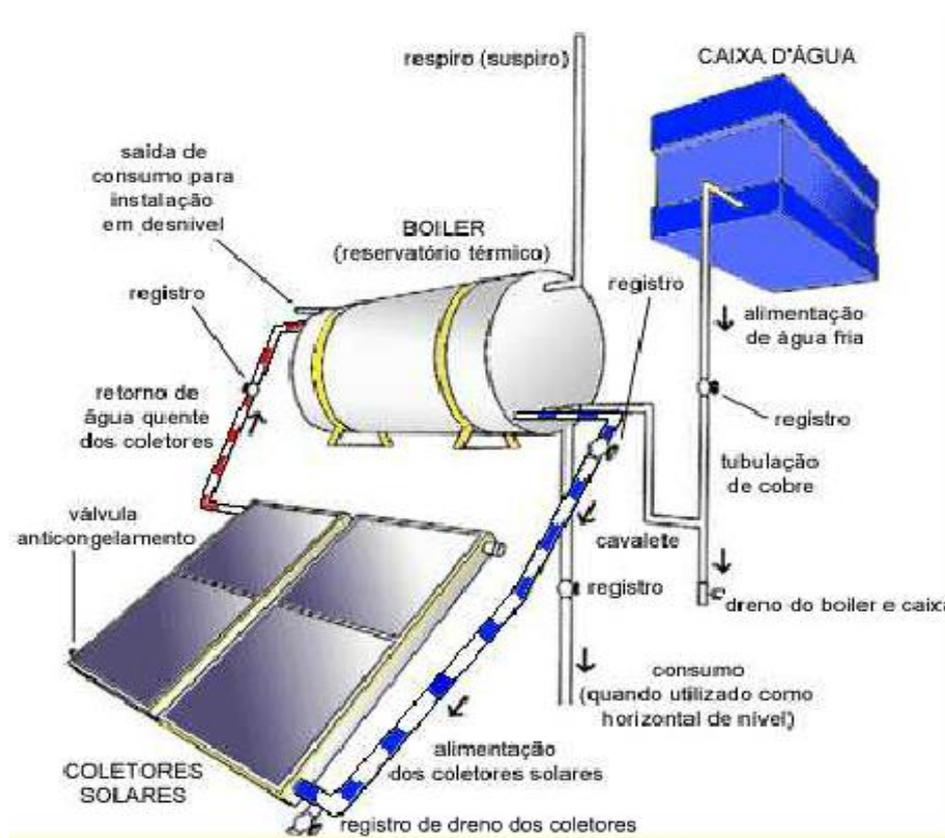
O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito com o uso de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.) para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes), principalmente a temperaturas relativamente baixas (inferiores a 100°C).

O sistema de aquecimento solar é formado basicamente por placas de coletores solares, o *boiler* ou reservatório térmico, uma caixa de água fria e tubulação apropriada.

O coletor solar é um dispositivo onde se pode verificar a transmissão do calor através dos três processos: condução, convecção e radiação. A energia solar que incide por radiação é absorvida pelas placas coletoras, que transmitem a parcela absorvida desta energia para a água (que circula no interior de suas tubulações de cobre), sendo que uma pequena parte é refletida para o ar que envolve a chapa. O coletor será mais eficiente quanto maior for a quantidade de energia transmitida para a água. (UFRGS, 2012)

O *boiler* é um recipiente termicamente isolado onde a água aquecida que será consumida é armazenada. Para tanto, esse reservatório é mantido sempre cheio, sendo alimentado por uma caixa de água fria. São normalmente feitos de aço inoxidável, cobre ou aço carbono, e podem ser horizontais ou verticais. Possuem duas superfícies sendo uma interna e outra externa, separadas por um isolante térmico, em geral constituído por lã de vidro.

O *boiler* divide-se em baixa e alta pressão. De baixa pressão são aqueles mais apropriados para construções onde esse localiza-se pouco abaixo da caixa de água fria, com no máximo 2 metros de desnível para os de cobre e 5 metros para os de aço inox, e os de alta pressão que são aqueles mais apropriados para sistemas pressurizados ou onde localiza-se muito abaixo da caixa de água fria, com no máximo 40 metros de desnível.



**Figura 5: Ilustração de um sistema solar de aquecimento de água**  
 Fonte: UFRGS, 2012

Em sistemas convencionais, a água circula entre os coletores e o reservatório térmico através de um sistema natural chamado termossifão ou circulação natural. Nesse sistema, a água dos coletores fica mais quente e, portanto, menos densa que a água no reservatório. Dessa forma, por convecção, é realizada a circulação da água. A circulação da água também pode ser feita através de motobombas em um processo chamado de circulação forçada ou bombeado, e são normalmente utilizados em piscinas e sistemas de grandes volumes. (UFRS, 2012)

O sistema é usualmente instalado no teto das residências e edificações. O atendimento de uma única residência pode requerer a instalação de vários metros quadrados de coletores. Para o suprimento de água quente de uma residência típica (três ou quatro moradores), são necessários cerca de 4 m<sup>2</sup> de coletor. (ANEEL, 2002)

O aquecedor solar, além da economia na conta de luz, traz o benefício de diminuir o impacto na destruição do meio ambiente. De acordo

com a Abrava, durante um ano, cada metro quadrado de coletor solar instalado equivale a 215 kg de lenha ou 766 litros de diesel, ou ainda 55 kg de gás. (DASOL, 2012)

Além da possibilidade de aumento da oferta de energia, o uso de coletores solares traz benefícios para a redução das emissões de gases de efeito estufa, pois evitam o consumo de energia do grid nacional, o qual apresenta emissões associadas à geração termelétrica. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) estimou que cerca de 30% das emissões de CO<sub>2</sub> das edificações, projetadas para 2020, poderiam ser mitigadas globalmente de maneira economicamente eficiente, adequando projetos ao clima local e com introdução de tecnologias de aproveitamento da energia solar, como sistemas de aquecimento solar. (ICLEI, 2012)

### **3 – PANORAMA DE INICIATIVAS E POLÍTICAS PÚBLICAS**

#### **3.1 – Iniciativas**

No âmbito do governo federal, existem diversas ações em curso que buscam compor um arcabouço de possíveis políticas públicas visando a construção de um cenário favorável à utilização da energia solar viável a todos os brasileiros. Dentre essas ações destacam-se (MME, 2011):

- Rede Brasil de Capacitação em Aquecimento Solar, programa desenvolvido pela Dasol (Departamento Nacional de Aquecimento Solar da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento - Abrava), com objetivo de dar sustentabilidade a projetos de instalação de sistemas de aquecimento de água e programas de capacitação e atualização de profissionais voltados ao tema.
- Programa de Qualificação de Fornecedores de Sistemas de Aquecimento Solar (Qualisol), resultado de um Protocolo firmado entre o Inmetro, Procel e Abrava, no intuito de aumentar o conhecimento de

fornecedores e profissionais, para melhor qualidade de projetos e instalações.

- O Normasol foi criado com apoio do MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação) e da Finep (Financiadora de Estudos e Projetos) com o objetivo de revisar e elaborar todo o conjunto de normas relacionadas ao aquecimento solar no Brasil que contemplem os ensaios de componentes e características construtivas e tecnológicas de produtos e processos, as especificações de projetos, dimensionamento de sistemas de aquecimento solar e a instalação de sistemas de aquecimento solar.
- O programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para Coletores Solares é coordenado pelo Inmetro, e definiu metodologia, critérios específicos e níveis de eficiência energética para comparar os diferentes modelos de coletores disponíveis no mercado nacional, visando transparência e garantia para o consumidor.
- O programa “Cidades Solares” é uma iniciativa liderada pela Abrava, com participação do terceiro setor, com objetivo de promover ações de divulgação e sensibilização da sociedade em diversos municípios e estados brasileiros, no sentido de mobilizar tomadores de decisão do setor público para a formulação e implantação de projetos de lei e outras políticas públicas voltadas à promoção do uso de aquecedores solares.

Em alinhamento à política do Governo Federal, que estende recursos para a inclusão de equipamentos de energia limpa em projetos de habitação popular, o Ministério das Cidades publicou a Resolução nº 166 de 15 de setembro de 2010, que altera a Resolução nº 141, de 10 de junho de 2009, visando à possibilidade de incluir equipamentos de energia solar no programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV) em empreendimentos administrados por entidades.

No valor total das moradias pode ser acrescido dos custos de instalação e aquisição de equipamentos, sendo que o limite é de R\$ 2.500 para apartamentos e de R\$ 1.800 para casas.

O sistema com fração solar ( parcela de energia que é fornecida pelo sistema de aquecimento solar) mínima adotado é de 60%, e as instalações de aquecimento solar devem utilizar produtos de alta qualidade, contemplando relatórios de ensaios de qualidade dos mesmos, além de etiqueta do Inmetro.

As linhas de crédito mais representativas do setor são (MME, 2011):

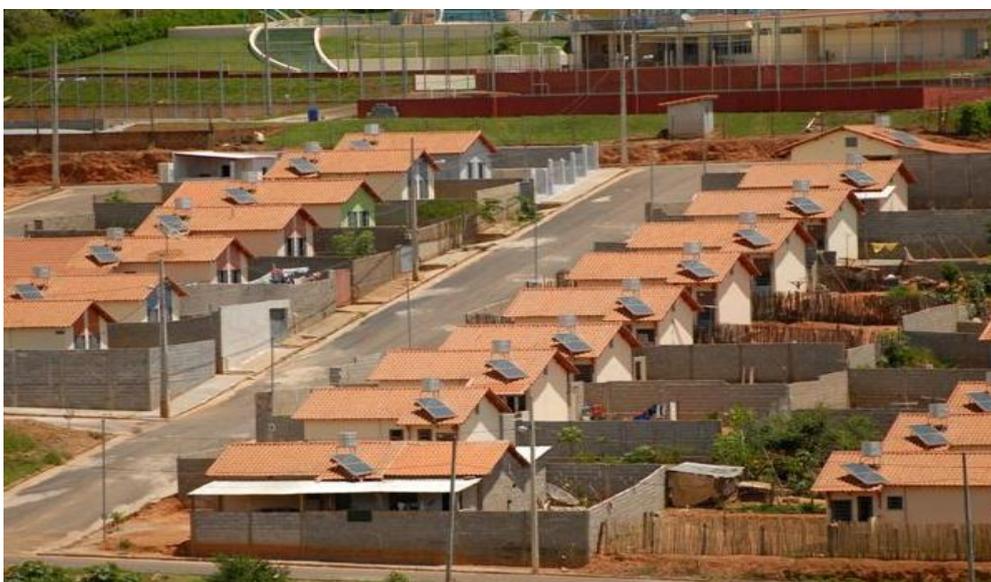
- Programa de Arrendamento Residencial (PAR).
- Financiamento pelo Programa FGTS- Carta de Crédito Individualizada.
- FGTS – Material de construção (Construcard).
- FAT – habitação – Imóvel na planta.
- Recursos Caixa – Imóvel na planta.

No âmbito estadual, a Cemig e a Aneel vêm desenvolvendo em parceria um programa de eficiência energética, em consonância com as políticas mineiras, que contempla o uso de aquecimento solar nos programas habitacionais do Estado em parceria com a Cohab-MG, denominado Programa Lares–Habitação Popular (PLHP), além de projetos em hospitais públicos e obras assistenciais. (COHAB-MG, 2012)

Fica a cargo das prefeituras municipais, a doação do terreno próprio, regularizado juridicamente, urbanizado e com toda a infraestrutura de redes de água, esgoto e energia elétrica, pavimentação e escoamento de águas pluviais. Ela deve comprometer-se também a fazer o cadastramento das famílias interessadas em participar do programa. (COHAB- MG, 2012)

O sistema de aquecimento solar de água adotado funciona por circulação natural, ou seja, por efeito termossifão. Trata-se de um aquecedor de pequeno porte, onde o movimento da água entre os coletores e o reservatório térmico é promovido pela variação de densidade do líquido em função das diferenças de temperatura no sistema promovidas pelo sol. O sistema inclui o coletor solar, um reservatório térmico e a tubulação de interligação entre o reservatório térmico, coletor e os misturadores de água. (COHAB-MG, 2012)

Antes do advento do PLHP, a Cohab já havia instalado 391 equipamentos em 3 conjuntos habitacionais, sendo dois em Governador Valadares (223) e um em Divinópolis (168). Posteriormente a Cohab-MG promoveu a instalação de equipamentos em dois conjuntos implantados pelo município de Betim (680). Na sequência, na 1º etapa do PLHP, foram instalados mais 1.215 equipamentos nos municípios de Betim (346), Bocaiúva (165), Candeias (88), Conquista (52), Divinópolis (200), Dolores de Campos (50), Itatiaiuçú (77), Piedade de Caratinga (60) e São João Del Rei (177). (COHAB-MG, 2012)



**Figura 6: Casas populares contempladas com projeto da COHAB**

Fonte: COHAB, 2012

A experiência de Belo Horizonte surgiu em 1990, da sinergia entre a CEMIG, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e fabricantes instalados na cidade, com o intuito de pesquisar as potencialidades e perspectivas da aplicação da tecnologia solar na construção civil. Esse projeto elevou a capital mineira a destaque mundial para seu alto número de edificações multifamiliares existentes com a aplicação da tecnologia e ao título de Capital Nacional de Energia Solar.

Atualmente, aproximadamente 2.600 edificações existentes na cidade de Belo Horizonte possuem a tecnologia, com 800 mil m<sup>2</sup> de coletores solares instalados. Com isso, alcança-se uma redução anual de mais de 22 mil

toneladas de CO<sub>2</sub>, se comparados com o consumo de energia elétrica que deixou de ser consumida. Os resultados das pesquisas desenvolvidas mostraram que a economia em gastos com chuveiros elétricos nos prédios que possuíam placas solares chegava a 80%. (BH SOLAR, 2012)

O município de Betim visando reduzir o consumo de energia elétrica e conseqüentemente os gastos das famílias de baixa renda com o pagamento das taxas de energia, desenvolve, desde 2004, um projeto junto com a Cemig e o Governo do Estado, visando instalar sistemas de aquecimento solar para os chuveiros em conjuntos habitacionais. Cada sistema custou aproximadamente 1.400 reais e os resultados gerados proporcionaram uma economia de cerca de 40% no consumo total de energia em cada residência. (ICLEI, 2012)

Vale ressaltar que Betim participa ainda, da Campanha Cidades pela Proteção do Clima (CCPTM) do ICLEI e tem promovido o uso de energia solar e medidas de eficiência energética para redução das emissões de gases causadores do efeito estufa e outros poluentes. Essa iniciativa internacional do ICLEI é uma campanha orientada por desempenho, que oferece um marco de referência para os governos locais construírem sua agenda de redução nas emissões de poluentes do ar e gases de efeito estufa. (ICLEI, 2012)

Outro município mineiro em destaque nesse cenário é Contagem, onde um projeto da Prefeitura local, em parceria com a Eletrobrás e a PUC Minas instalou inicialmente 100 aquecedores solares de água de 200 litros cada, com sistema de complementação, através de sistema elétrico acoplado ao reservatório térmico e sem o uso de chuveiros elétricos. Este projeto foi a primeira implantação em maior escala junto a núcleo habitacional feita no Brasil e forneceu dados necessários que viabilizaram a inclusão dos aquecedores solares ao PEE (Programa de Eficiência Energética) da Aneel. A redução média do consumo em kWh foi de até 40% e a economia na conta de luz chegou aos 60%. (ANEEL, 2012)

Esses projetos subsidiaram o aprimoramento da tecnologia de aquecimento solar em Minas Gerais, além de aumentar a confiança desse mercado, visto que, tais dados eram produzidos e divulgados por instituição imparcial e de reconhecida competência na qualidade dos serviços prestados. (CEMIG, 2012)

Os resultados obtidos visam ser traduzidos não somente pelo ganho ambiental na preservação do meio ambiente para atuais e futuras gerações, como também no contexto social, visto que a economia gerada é bastante significativa para o orçamento das famílias envolvidas nesses projetos.

### 3.2 – Projetos de Lei/Marco Regulatório

O primeiro país do mundo a adotar política de obrigatoriedade de instalação de aquecedores solares em edificações foi Israel em 1980. Desde então vários países vem adotando essa política com intuito de auxiliar o cenário de demanda de energia interna, contribuindo assim com a sua respectiva matriz energética.

No âmbito federal existe em regime de tramitação ordinária, o Projeto de Lei nº 2.562 de 2011, com intuito de alterar a Lei nº 10.925 de 2004, que dispõe sobre incentivos fiscais à utilização da energia solar em residências e empreendimentos.

Nos Estados brasileiros já vigoram vários dispositivos legais em favor dessa política. A Tabela 1 mostra um panorama da legislação já aplicada e a situação de alguns Projetos de Lei.

No Estado de São Paulo vigora a Lei nº 326, de 2007, que dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar em edificações de natureza pública.

Art. 1º - Os projetos de novas edificações públicas terão necessariamente previstos para suas instalações hidráulicas, sistemas de aquecimento solar de água dimensionado para cobrir, no mínimo, 40% de toda demanda anual de energia necessária para aquecimento de água sanitária.

O Estado do Rio de Janeiro também instituiu normativo, em política de obrigatoriedade de instalação de sistema de aquecimento solar de água em prédios públicos no Estado, através da Lei nº 5.184 de 2008.

Art. 1º - Torna obrigatório, quando da construção ou reforma de prédio público no Estado do Rio de Janeiro, a instalação de sistema de aproveitamento de energia solar

para aquecimento de pelo menos 40% (quarenta por cento) da água quente consumida na edificação.

No município de São Paulo também vigora desde 2007, a Lei nº 14.459, que dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações destinadas às categorias de uso residencial e não residencial. Essa Lei foi regulamentada pelo Decreto nº 49.148, de 21 de janeiro de 2008.

<b>Leis</b>	<b>Projetos/Tramitações</b>	<b>Vetados retirados e arquivados</b>
Vitória	Manaus	Estado do CE
Estado GO	Salvador	Campo Grande (MT)
Estado MT	Vitória	Estado de MG
Belo Horizonte	Goiânia	Belo Horizonte
Juiz de Fora	Estado de MG (2)	Curitiba
Varginha	Belo Horizonte (5)	Londrina
Estado do PR (2)	Divinópolis	Rio de Janeiro (2)
Estado do RJ	Montes Claros	Estado de SC (2)
Gramado	Ponte Nova	Estado de SP
Porto Alegre	Uberaba	Americana
Americana	João Pessoa	Araçatuba
Assis	Curitiba (2)	Campinas (2)
Avaré	Estado de PE	Hortolândia
Birigui	Rio de Janeiro (2)	Ilhabela
Diadema	Caxias do Sul	Osasco
França	Novo Hamburgo	Santos (2)
Jundiá	Estado de SC	Vinhedo
Marília	São José	Vitória
Peruíbe	Araraquara	
Piracicaba	Campinas	
Ribeirão Pires	Ribeirão preto	
Ribeirão Preto	Santo André (2)	
São Caetano do Sul	São José dos Campos	
São José do Rio Preto		
São Paulo		
<b>Total: 26</b>	<b>Total: 31</b>	<b>Total: 22</b>

**Tabela 1: Panorama da legislação do setor**

Fonte: Cidades Solares, 2012

Na Assembleia Legislativa de Minas Gerais está em tramitação o Projeto de Lei (PL) nº 1.260 de 2011, que dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de sistema de aquecimento de água por meio do aproveitamento da energia solar nas novas edificações. Anexadas a esse PL estão o PL nº 1.452 de 2011, que dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento solar de água em prédio público no estado de Minas Gerais, o PL nº 1.642 de 2011, que determina a instalação de aparelhos de aquecimento solar em alternativa à rede elétrica de alimentação dos chuveiros nas casas populares construídas pela COHAB-MG e o PL nº 2.613 de 2011, que determina que fiquem os poderes executivo, legislativo e judiciário, bem como as autarquias e demais prédios pertencentes ao Estado, obrigados a instalar sistema de aproveitamento da energia solar.

O município de Varginha, no Estado de Minas Gerais, institui desde 2001, a obrigatoriedade de instalação de equipamento de energia solar e/ou de aquecimento a gás em construções específicas, através da Lei nº 3.486.

Art. 1º - Como forma de economia no consumo de energia elétrica, a construção de residência com 150m<sup>2</sup> (cento e cinquenta metros quadrados) ou mais no território do Município de Varginha, somente será autorizada pela Prefeitura se o respectivo projeto construtivo contemplar, como fonte subsidiária de energia, a instalação de equipamento de energia solar e /ou de aquecimento a gás.

Art. 2º - O dimensionamento do sistema de energia solar e/ou de aquecimento a gás deverá atender, no mínimo, a demanda dos usuários no que tange ao número de chuveiros instalados.

Outra iniciativa importante para o cenário de aproveitamento de energia solar térmica de baixa temperatura ocorre no município de Belo Horizonte, referência nacional no setor. Está em elaboração um Projeto de Lei, que dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de sistema de aquecimento de água por meio do aproveitamento da energia solar nas edificações desse município.

Outro Projeto de Lei municipal da capital mineira, referente ao tema é o PL nº 1.415 de 2011, que institui o Programa de Incentivo ao

Desconto no IPTU, denominado “IPTU Verde”, que inclui em seu parágrafo único, inciso III, sistema de aquecimento hidráulico solar: utilização de sistema de captação de energia solar térmica para aquecimento de água, com a finalidade de reduzir o consumo de energia elétrica na residência.

## 4 – ESTADO ATUAL E PROJEÇÕES

### 4.1 – Cenário Nacional

O mercado brasileiro para sistemas de aquecimento solar de água teve um crescimento anual em 2009 de 18,9% em relação ao ano anterior atingindo a marca de 5,3 milhões de m<sup>2</sup> instalados. Os dados a seguir comprovam a importância do uso do aquecimento solar para o setor energético, (MME, 2009):

- O número de domicílios com aquecimento solar é de aproximadamente 1.057.000, que corresponde a 1,8% dos domicílios no país.
- Demanda Instantânea no horário de pico (potência) retirada da ponta: 597 MW.
- Economia anual de energia: 920 GWh.
- Investimentos evitados no setor elétrico são da ordem de R\$ 1,84 bilhão.
- Redução potencial da emissão de CO<sub>2</sub> da ordem de 86.000 tCO<sub>2</sub>.

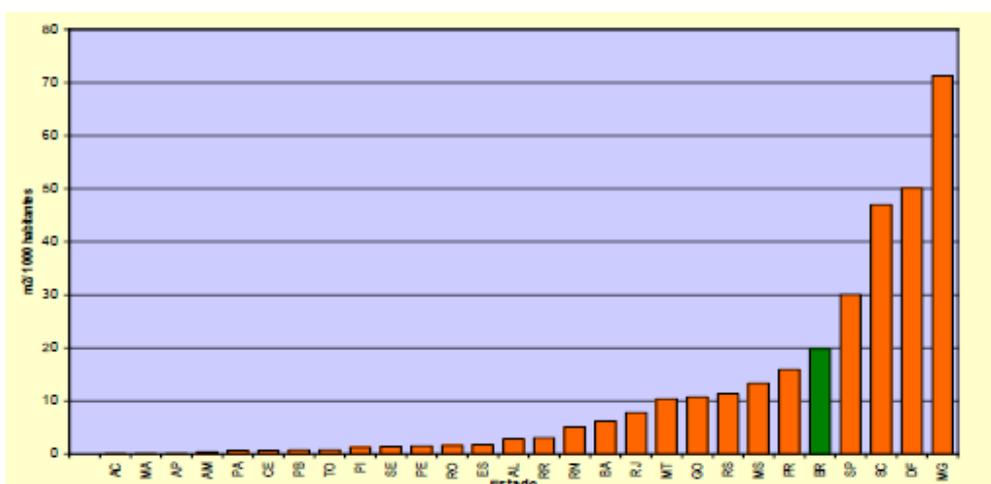
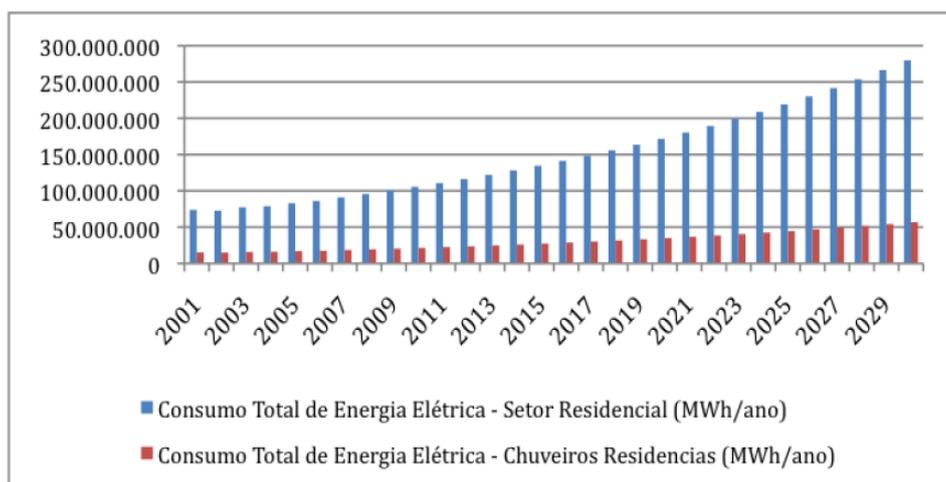


Figura 7: Área de coletores solares instalados no Brasil por 1.000 habitantes

Fonte: ABRAVA, 2009.

A Figura 7 mostra a área de coletores solares instalados no Brasil por 1.000 habitantes. O Estado de Minas Gerais além de projetar-se acima da média brasileira apresenta a melhor perspectiva nacional.

Segundo projeções, o número absoluto de chuveiros elétricos no Brasil crescerá de 39,7 milhões em 2001 para cerca de 69,7 milhões em 2030. A Figura 8 mostra a projeção da curva de consumo de energia elétrica de chuveiros elétricos para 2030. Considerando que em 2008 o consumo foi de 19,7 TWh/ano e em 2030 esse consumo é projetado para 56,8 TWh/ano, haverá um aumento de 192 % no consumo de energia elétrica. Em 2030 os chuveiros elétricos representarão uma demanda de ordem de 6.500 MW. (MME, 2011)



**Figura 8: Projeção do consumo de energia elétrica residencial e dos chuveiros elétricos de uso doméstico (MWh/ano)**

Fonte: ANEEL, EPE, apud MME, 2011

Ainda, segundo dados do MME, estima-se que em 2030 o Brasil terá aproximadamente 5 milhões de residências utilizando sistemas de aquecimento solar de água no Brasil, totalizando aproximadamente 22,9 milhões de m<sup>2</sup> instalados. Considerando uma fração solar de 50 %, e com base na potência média dos chuveiros elétricos, o potencial de retirada da demanda na ponta com a substituição dos chuveiros elétricos seria da ordem de 1.250 MW. (MME, 2011)

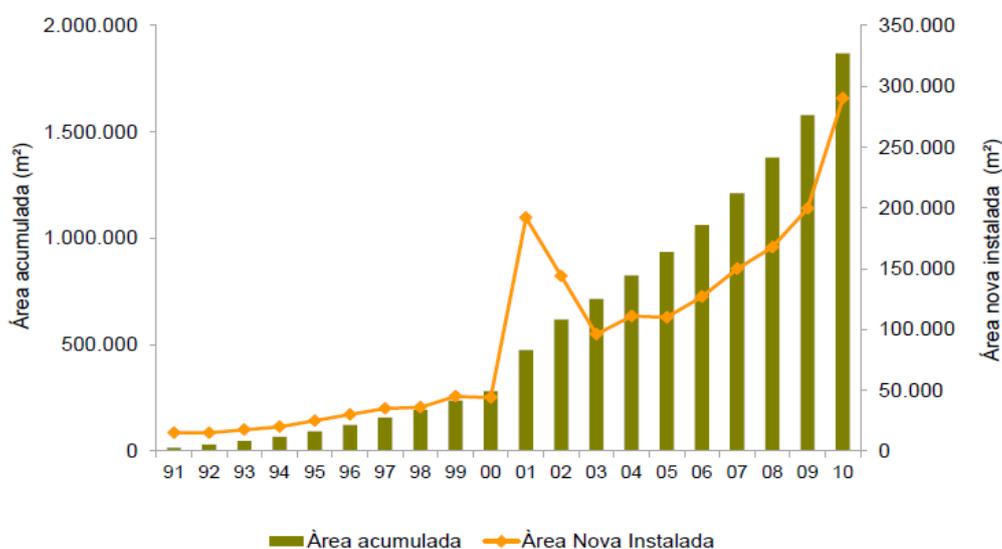
## 4.2 – Cenário Estadual

O 26º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais (BEEMG), ano base 2010, foi elaborado CEMIG, através da Superintendência de Tecnologia e Alternativas Energéticas, no âmbito do Conselho Estadual de Energia (CONER, coordenado pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico – SEDE), e atualiza uma série histórica da matriz energética mineira, incorporando os dados do período de 1978 a 2009. (CEMIG, 2011)

O Beemg aborda a produção e utilização de energia solar térmica no estado, devido ao seu destaque no cenário nacional. Mas é importante ressaltar que o estudo de avaliação da inserção de coletores solares em Minas Gerais tem o objetivo de demonstrar a energia elétrica evitada com a instalação desse tipo de tecnologia, sendo que essa energia não é contabilizada na matriz energética do Beemg. (CEMIG, 2011)

A indústria mineira de aquecimento solar, assim como a brasileira, conta atualmente com 23 empresas fornecedoras de aquecedores solares, basicamente micro e pequenas empresas e possui uma estrutura bastante simples.

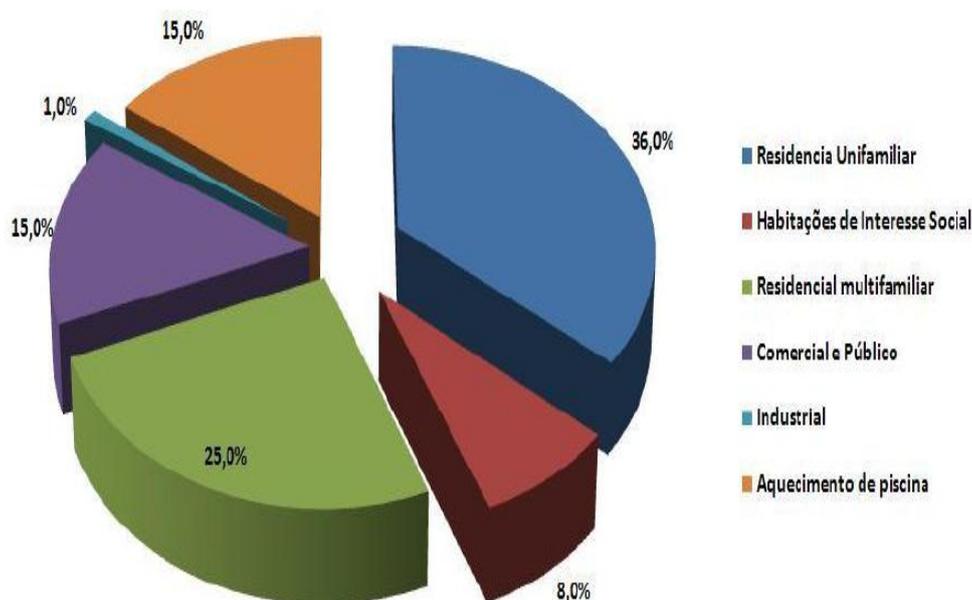
Segundo a BH Solar, cerca de 30% de toda a área de coletores solares instalados no Brasil estão em Minas Gerais. Destaca-se que os valores apresentados para o país baseiam-se em pesquisas anuais, realizadas e publicadas pelo Dasol/Abrava.



**Figura 9: Estimativa revisada para o mercado mineiro de aquecimento solar**  
Fonte: CEMIG, 2011

Os valores estão mostrados na Figura 9, totalizando uma área de aproximadamente 1,58 milhões de m<sup>2</sup> de coletores solares no estado em 2009, e 1,87 milhões de m<sup>2</sup> de coletores solares em 2010. Deve-se observar que em 2001 houve um pico na área nova instalada, o que pode ser atribuído à crise de oferta de energia elétrica ocorrida no período. (CEMIG, 2011)

Segundo dados disponibilizados pelo BH Solar, o uso do aquecimento solar no estado pode ser desagregado, conforme mostra a Figura 10, sendo o setor residencial subdividido ainda em residências uni e multifamiliares e habitações de interesse social. (CEMIG, 2011)



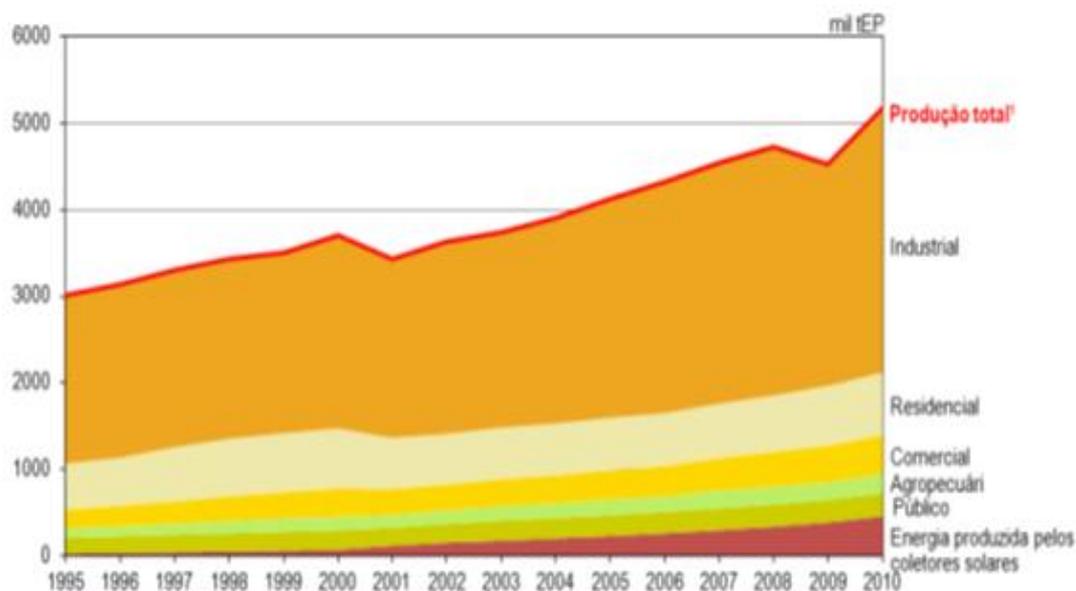
**Figura 10: Participação dos coletores solares em diferentes setores do Estado**  
Fonte: BH Solar

Em termos energéticos, a instalação de 1,87 milhões de m<sup>2</sup> de coletores em Minas Gerais representa uma capacidade instalada, em 2010, de 1.309 MW<sub>th</sub>, montante que corresponde, comparativamente, a cerca de três vezes a capacidade instalada de geração da usina hidrelétrica de Três Marias (396 MW), ou quatro vezes e meia a energia assegurada desse empreendimento (239 MW). (CEMIG, 2011)

Quanto à economia de energia, ou seja, energia elétrica evitada, a área de coletores acumulada entre 1991 a 2010 totalizou uma economia de

10.013 GWh, o que representa 861 mil tep. Em 2010, a economia representou 1.570 GWh proveniente do aproveitamento solar, o que significa 2,7% de energia evitada em relação ao consumo total de energia elétrica, valor que se torna mais significativo quando comparado ao consumo total de eletricidade nos setores comercial, público e residencial, que mais foram afetados pela inserção da tecnologia solar de aquecimento. Nesse caso o percentual de economia é de 9,4% no ano de 2010. (CEMIG, 2011)

A Figura 11 mostra a evolução da energia produzida acumulada por coletores solares, em mil tep, em relação aos demais setores, consumo final, em um intervalo de tempo de 14 anos.



**Figura 11: Evolução da energia produzida por coletores solares, em mil tep, em relação ao consumo final de energia elétrica de cada setor produtivo mineiro (industrial, comercial, residencial, público, agropecuário e transportes) entre 1995-2010**

Fonte: CEMIG, 2011

Estudos recentes quantificaram o impacto do envelhecimento na produção de energia dos coletores ao longo de sua vida útil estimada em 20 anos. Foram elaborados dois modelos de envelhecimento: No primeiro utilizou-se um fator de redução constante na ordem de 10%, a ser aplicado ao valor da produção média mensal de energia de um coletor solar novo. (CEMIG, 2011)

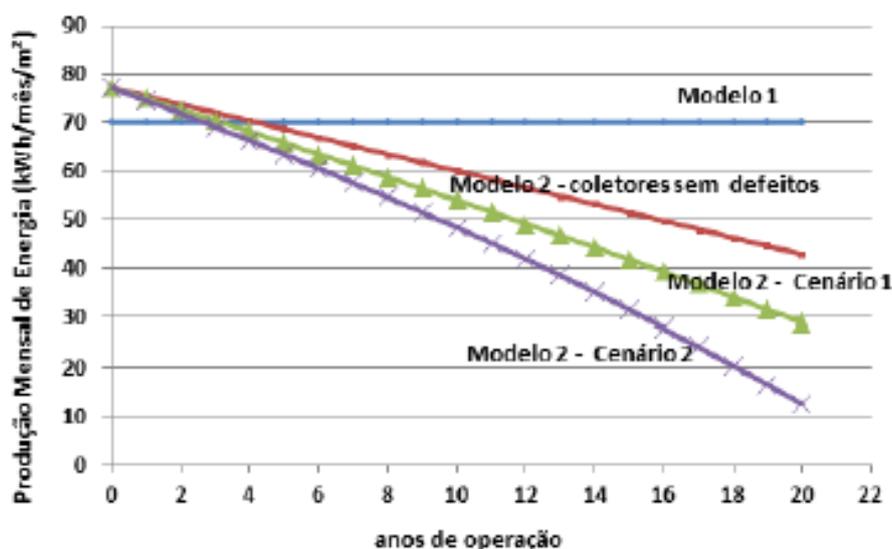
No segundo modelo, a Eletrobrás para a realização de um diagnóstico nacional da avaliação de instalações de aquecimento solar, realizou uma pesquisa de campo, entre 2007 e 2009, onde foram

contemplados habitações populares, condomínios verticais, piscinas, hotéis, pousadas, hospitais e residências de média e alta renda.

Nesse estudo realizado na capital mineira foram visitados 96 edifícios em um universo amostral de cerca de 2.000 edificações com aquecimento solar, totalizando 7.622 m<sup>2</sup> de área coletora com 3.610 coletores solares e 518.297 litros de água quente armazenada. Para aqueles coletores sem alterações verificou-se, que quando novo esse receberia classificação A, mas ao final de 20 anos de operação, sua produção de energia mensal seria igual a 42,9 kWh/mês/m<sup>2</sup>, correspondente à classificação E, segundo a tabela do INMETRO.(CEMIG, 2011)

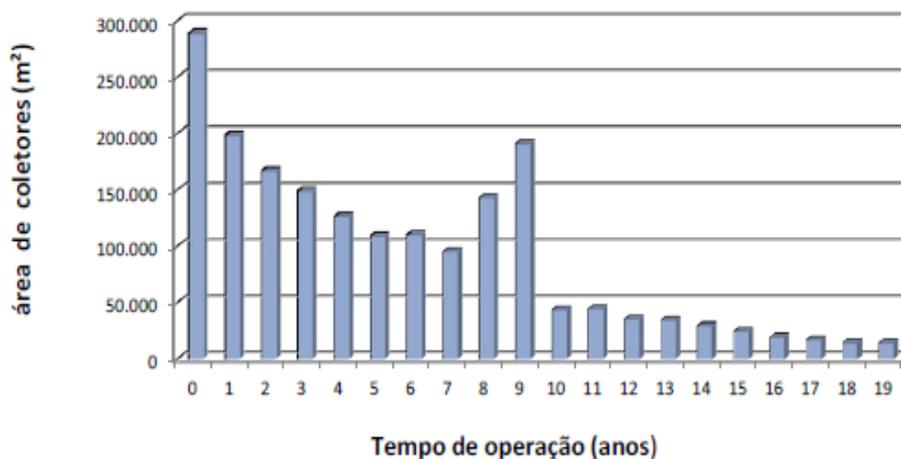
O envelhecimento dos coletores foi dividido em dois cenários (1 e 2) onde se pode notar uma redução na produção de energia de 62% e 84%, respectivamente, ao final da vida útil dos coletores solares.

A Figura 12 mostra a comparação entre os modelos propostos para avaliar o impacto do envelhecimento dos equipamentos na produção de energia dos coletores solares em operação, e a Figura 13 ilustra a composição do mercado mineiro atual em função do tempo de operação. Para todos os modelos foi calculada a contribuição total do aquecimento solar nos últimos 20 anos, sendo que os números obtidos mostram que os modelos analisados fornecem valores muito próximos no período entre 1992-2010 com diferenças da ordem de 1%. (CEMIG, 2011)



**Figura 12: Comparação entre os modelos propostos para avaliar o impacto do envelhecimento da produção de energia dos coletores solares em operação**

Fonte: CEMIG, 2011



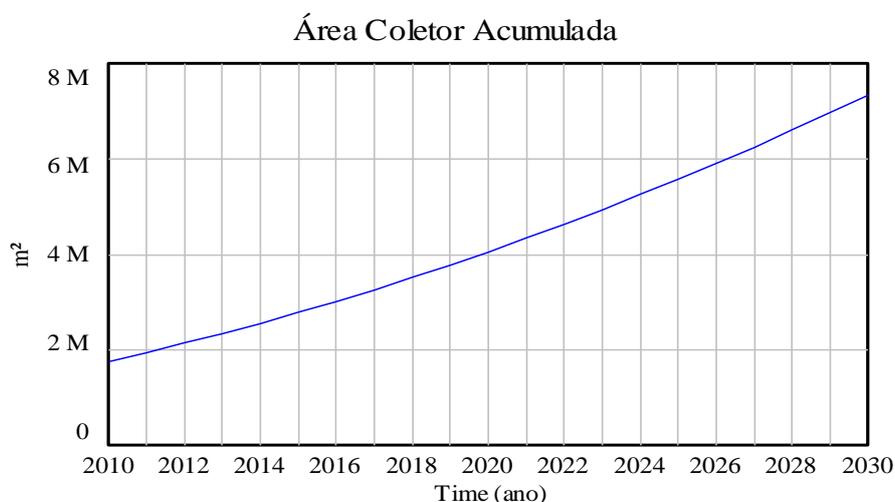
**Figura 13: Composição do mercado mineiro atual em função do tempo de operação entre 1992-2010**

Fonte: CEMIG, 2011

### 4.3 – Cenário de Redução da Intensidade de Carbono

Em Minas Gerais, nos últimos anos houve um crescimento acentuado do uso da tecnologia de coletores solares, principalmente pelo fato de já está comprovado o retorno financeiro para o consumidor. Cada coletor de área produz em média 70 MWh/m<sup>2</sup>/mês (BEEMG, 2010).

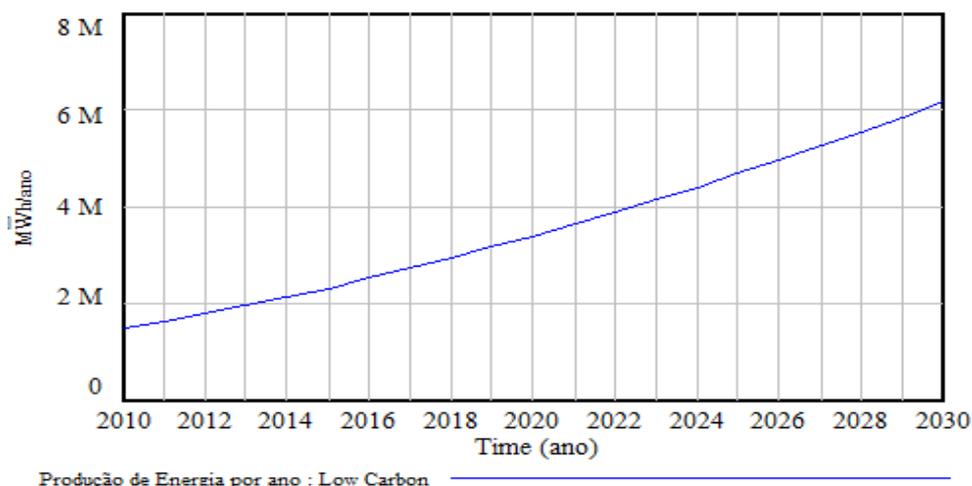
Conforme projeções baseadas em um cenário de redução de intensidade de carbono elaborado pela FEAM, utilizando-se uma metodologia de modelagem de sistemas dinâmicos, a área de coletores acumulada no estado alcançará em 2030, cerca de 7,5 milhões de m<sup>2</sup> conforme mostra a Figura 14. (FEAM, 2012 – em elaboração)



Área Coletor Acumulada : Low Carbon

**Figura 14: Área acumulada no estado de Minas Gerais até 2030**

Fonte: FEAM, 2012

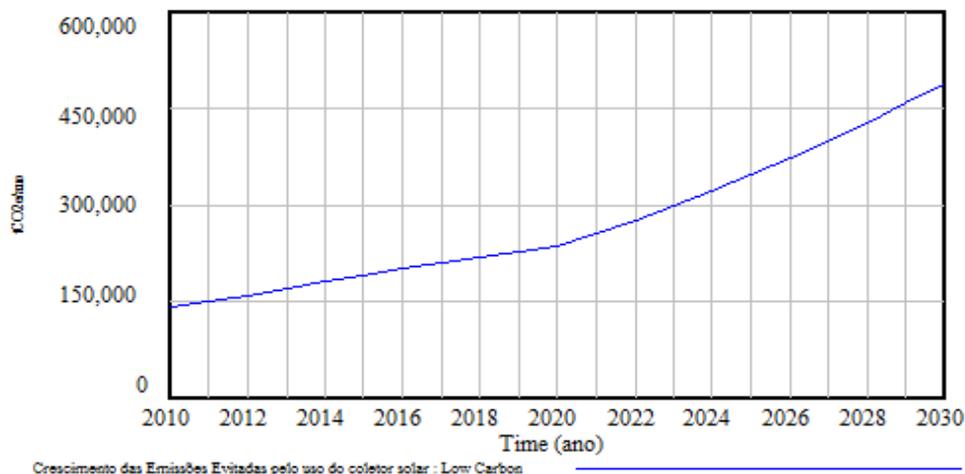


Produção de Energia por ano : Low Carbon

**Figura 15: Produção de energia estimada ao ano, por coletores solares em MG até 2030**

Fonte: FEAM, 2012

A produção de energia com esta área acumulada, exposto no Figura 15, tende a alcançar o patamar de 6 milhões de  $MWh_{th}/ano$ . Essa ordem de grandeza equipara-se a produção de energia atual de todas as PCH instaladas no Estado. A Figura 16 trata do crescimento das emissões evitadas pelo uso de coletores solares no Estado de Minas Gerais, que irão alcançar cerca de 500 mil toneladas de  $CO_2e$  ao ano. (FEAM, 2012)



Crescimento das Emissões Evitadas pelo uso do coletor solar : Low Carbon

**Figura 16: Emissões evitadas estimada pelo uso de coletores solares em MG até 2030**

Fonte: FEAM, 2012

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostra que apesar do Estado de Minas Gerais figurar nos últimos anos, como destaque no cenário nacional de aproveitamento da energia solar para aquecimento de água, esforços devem ser direcionados para a continuidade do crescimento da utilização dessa fonte de energia e consecução do cenário de redução de intensidade de carbono projetado.

O estado que era responsável por cerca de 40% de toda a área de coletores solares instalados no Brasil em 2010, atualmente conta com 30% (BEEMG, 2012). Isso decorre principalmente do fato de que os outros estados federados estejam implantando políticas públicas de incentivos fiscais e promulgando leis que instituem a obrigatoriedade de uso de coletores solares em novas edificações de uso público e privado.

Para dar continuidade ao cenário de crescimento do setor de aquecimento solar em Minas Gerais, faz-se necessário o incremento efetivo de iniciativas de políticas públicas, como a aprovação do PL nº 1.260 de 2010, de âmbito geral para a obrigatoriedade de instalação de sistemas de coletores solares em prédios públicos e privados, hospitais e piscinas. Essa diretiva devem servir de referência para os municípios mineiros visando criar um alinhamento normativo para o setor.

Destaca-se também o diagnóstico realizado pela Eletrobrás e o Procel, sobre o estado de conservação dos coletores já instalados em âmbito nacional, que demonstram queda de eficiência dos equipamentos devido a uma manutenção inadequada e prescrição do tempo de vida útil (aproximadamente 20 anos). Para o Estado de Minas Gerais, a implantação de coletores solares iniciou-se em 1991, ou seja há cerca de 21 anos, o que indica a necessidade de troca e ou manutenção de alguns equipamentos, que já não atendem ao uso, ou que perderam a sua eficiência de serviço.

Para se atingir as taxas de geração de energia estimadas no cenário de redução de intensidade de carbono elaborado pela FEAM, há, portanto, a necessidade de promoção de medidas que viabilizem ou facilitem a manutenção da infraestrutura já existente, principalmente no que tange às obras públicas e habitações populares que foram alvo de projetos do governo nos últimos anos.

Considera-se importante a necessidade de alinhamento entre os atores envolvidos no setor de energia solar térmico, tanto público quanto privado, visando o aprimoramento e a divulgação do conhecimento, através da elaboração de documentos informativos como cartilhas e guias de orientações.

Uma excelente oportunidade a ser explorada refere-se às leis de uso e ocupação do solo dos municípios que poderiam contemplar a obrigatoriedade, de na concepção dos projetos das edificações, a adequação ao norte verdadeiro e ao plano horizontal, para que haja a possibilidade de instalação, presente ou futura, de sistema de coletores solares.

Ainda sob aspecto ambiental, o aumento do índice de coletores solares a serem instalados, diminuiria o consumo de energia elétrica e consequentemente os impactos ambientais derivados da expansão da geração de energia por outras fontes.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. Disponível em: <http://www.abrava.com.br/?Canal=150&Channel=QSByZXZpc3Rh&Uid=549713346>. Acesso em: 12 set. 2012.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas da Energia Elétrica do Brasil – Energia Solar**. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf). Acesso em 8 set. 2012.

BHSOLAR. BHSLAR Soluções Aquecidas. Disponível em: <http://www.bhsolar.com.br/>. Acesso em: 20 set. 2012.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **25º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais – BEEMG**: ano base 2009. Belo Horizonte, Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/Inovacao/AlternativasEnergeticas/Documents/25BalançoEnergeticoRev.pdf>. Acesso em: 18 set. 2012.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **26º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais – BEEMG**: ano base 2010. Belo Horizonte, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/Inovacao/AlternativasEnergeticas/Documents/26BEE MGcc.pdf>. Acesso em: 20 set. 2012.

COHAB-MG. Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais. **Aquecedor Solar**. Disponível em: <http://www.cohab.mg.gov.br/show.php?idnoticia=96>. Acesso em: 5 set. 2012.

COHAB-MG. Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais. **Galeria de fotos**. Disponível em: <http://www.cohab.mg.gov.br/n/galeria.php?galeria=100> . Acesso em: 5 set. 2012.

CIDADES SOLARES. Legislação e Incentivos. Disponível em: [http://www.cidadessolares.org.br/conteudo\\_view.php?sec\\_id=10](http://www.cidadessolares.org.br/conteudo_view.php?sec_id=10). Acesso em: 20 set. 2012.

CRESESB. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas\\_Solarimetrico\\_do\\_Brasil\\_2000.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf). Acesso em 15 set. 2012.

DASOL. Departamento Nacional de Aquecimento Solar. Disponível em: <http://www.dasolabrava.org.br/2012/10/moradores-do-sul-de-minas-podem-economizar-ate-50-na-conta-de-luz/>. Acesso em: 20 set. 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2011**: ano base 2010. Rio de Janeiro, Brasil, 2011. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2011.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf).. Acesso em: 10 set. 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro, Brasil, 2012. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados\\_Pre\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2012.pdf). Acesso em: 10 set. 2012.

ICLEI. ICLEI Governos Locais pela Sustentabilidade. Disponível em: <http://www.iclei.org/index.php?id=9708>. Acesso em 12 de setembro de 2012.

LABSOLAR. Laboratório de Energia Solar EMC/UFSC. **Atlas de Irradiação Solar do Brasil**. Disponível em: [http://www.lepten.ufsc.br/pesquisa/solar/atlas\\_de\\_irradiacao.pdf](http://www.lepten.ufsc.br/pesquisa/solar/atlas_de_irradiacao.pdf) Acesso em: 15 set. 2012.

MACIEL, A. A.; WIEDMAN, G. A. (ORG.). **Tecnologias Sustentáveis em Sistemas Urbanos**. Brasília: MCT, 2010.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência energética: Premissas e Diretrizes Básicas**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf>  
Acesso em: 12 set. 2012.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Coletor Solar**. Disponível em: <http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/coletorsolar.html>  
Acesso em: 10 set. 2012.

VASCONCELLOS, L. E.M.; LIMBERGER, M. A. C. (ORG.). **Energia Solar para aquecimento de água no Brasil**. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2012.

