

# ENERGIAS RENOVÁVEIS

GESTÃO EFICIENTE DA ENERGIA  
NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO



# GESTÃO EFICIENTE DA ENERGIA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM CONDOMÍNIOS  
OPORTUNIDADES, APLICAÇÕES E BOAS PRÁTICAS

**Câmara Brasileira da Indústria da  
Construção – CBIC**

José Carlos Rodrigues Martins  
**Presidente**

Nilson Sarti  
**Presidente da Comissão de Meio  
Ambiente – CMA/CBIC**

Geórgia Grace Bernardes  
**Coordenadora de Projetos**

Mariana Silveira Nascimento  
**Gestora dos Projetos de Meio  
Ambiente e Sustentabilidade**

**Centro Brasileiro de Energia e  
Mudança do Clima – CBEM**

Oswaldo Livio Soliano Pereira  
Maria das Graças Pimentel de Figueiredo  
Eduardo Filippo Oliveira Allatta

**Apoio**  
Lucas da Costa Corte Imperial

**Projeto gráfico e diagramação**  
[www.boibumbadesign.com.br](http://www.boibumbadesign.com.br)

*Correalização:*



*Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria*

*Realização:*

**CBIC** *Câmara Brasileira  
da Indústria da Construção*

Julho de 2016



Correalização:



Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria

Realização:



# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Sistema de aquecimento solar típico.	<b>18</b>
<b>Figura 2</b> - Ligação série paralelo de células e módulos FV	<b>19</b>
<b>Figura 3</b> - Módulos monocristalinos	<b>20</b>
<b>Figura 4</b> - Módulos policristalinos	<b>20</b>
<b>Figura 5</b> - Módulos amorfo	<b>20</b>
<b>Figura 6</b> - Componentes básicos do SFCR	<b>21</b>
<b>Figura 7</b> - Equipamentos e topologia básica SFCR	<b>21</b>
<b>Figura 8</b> - Sistema elétrico tradicional	<b>23</b>
<b>Figura 9</b> - Sistema elétrico com inserção de geração distribuída	<b>24</b>
<b>Figura 10</b> - Procedimentos e prazos para conexão	<b>26</b>
<b>Figura 11</b> - Sistema de compensação de energia elétrica	<b>29</b>
<b>Figura 12</b> - Ângulos azimute e de inclinação.	<b>36</b>
<b>Figura 13</b> - Efeito de sombra sobre os módulos, módulo esquerdo a-Si ,	<b>40</b>
<b>Figura 14</b> - Configuração que deve ser evitada para módulos de silício cristalino	<b>40</b>
<b>Figura 15</b> - Configuração que deve ser evitada para módulos de filme finos	<b>40</b>
<b>Figura 16</b> - Padrões de sombras e uso de tecnologias de módulos FV	<b>41</b>
<b>Figura 17</b> - Sistema de compensação de energia elétrica	<b>43</b>
<b>Figura 18</b> - Fixação em telhados de eternit	<b>44</b>
<b>Figura 19</b> - Fixação em telhados de eternit	<b>46</b>
<b>Figura 20</b> - Fixação em telha Americana ou portuguesa	<b>46</b>
<b>Figura 21</b> - Fixação em telha Americana ou portuguesa	<b>47</b>
<b>Figura 22</b> - Estruturas em telhados planos	<b>47</b>
<b>Figura 23</b> - Estruturas em telhados planos	<b>47</b>
<b>Figura 24</b> - Estrutura tipo CarPort	<b>48</b>
<b>Figura 25</b> - Estrutura tipo CarPor 36	<b>49</b>
<b>Figura 26</b> - Evolução do watt-pico instalado e módulo	<b>49</b>
<b>Figura 27</b> - Evolução do preço das tarifas de energia elétrica no Brasil	<b>49</b>
<b>Figura 28</b> - Sistema de geração FV instalado no condomínios	<b>53</b>
<b>Figura 29</b> - Inversor e interligação a instalação elétrica da unidade consumidora	<b>54</b>
<b>Figura 30</b> - Painéis fotovoltaicos sobre telhado	<b>60</b>

# LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Documentação necessária ao pedido de conexão com a rede da distribuidora	21
<b>Tabela 2</b> - Comparação do custo pago a concessionário com custo da energia fotovoltaica	47
<b>Tabela 3</b> - Percentual de desconto na conta de energia da classe residencial, subclasse baixa renda	58



# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. USO EFICIENTE DA ENERGIA NAS CONSTRUÇÕES	12
3. ENERGIA FOTOVOLTAICA X AQUECIMENTO SOLAR	16
4. MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA	22
5. SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	28
Empreendimento de múltiplas unidades consumidoras (condomínios)	31
Geração compartilhada	32
Autoconsumo remoto	32

<b>6. APLICAÇÕES DA ENERGIA FOTOVOLTAICA EM CONDOMÍNIOS</b>	<b>34</b>
Definição do local de instalação e premissas de projeto	35
Orientação e inclinação dos painéis fotovoltaicos	36
Relação entre área e energia produzida	38
Sombreamento	39
Infraestrutura elétrica	42
A questão arquitetônica e da integração na construção	45
Condomínio Horizontal	45
Condomínio Vertical	48
<b>7. VIABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>50</b>
Preço do watt-pico	52
Tarifas de energia elétrica	54
Comparação entre Preço do watt pico e tarifas	54
<b>8. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL</b>	<b>56</b>
<b>9. POLÍTICAS DE FOMENTO E FINANCIAMENTO</b>	<b>64</b>
BNDES	65
Banco do Brasil e Caixa Econômica Federal	66
Banco do Nordeste	67
Bancos Privados	67
<b>10. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>68</b>

# 7 INTRODUÇÃO

■ A geração de energia elétrica com a exploração de fontes renováveis é atualmente uma tendência crescente em distintos países, nos quais se verifica também a concessão de incentivos para a geração distribuída de pequeno porte.

Os incentivos à geração distribuída, localizada próxima aos centros de consumo, proporcionam diversas vantagens para o sistema elétrico, quais sejam: adiam investimentos na expansão dos sistemas de transmissão e distribuição e reduzem o carregamento dessas redes e as perdas dos sistemas, têm baixo impacto ambiental, eliminando ou reduzindo emissões de gases do efeito estufa, e permitem a diversificação da matriz energética.

Nos últimos anos tem se ampliando no Brasil o debate sobre a necessidade de incentivar o uso de fontes renováveis alternativas que possibilitem a expansão e diversificação do parque gerador de eletricidade do país, incluindo-se nesse tema a inserção das pequenas unidades geradoras, os micro e pequenos geradores distribuídos. Outra questão igualmente importante que também está inserida nesse debate é a da eficiência no uso da energia.

O uso eficiente da energia significa não somente utilizar apenas a energia necessária e suficiente para o desempenho de determinada atividade, sem desperdício nem comprometimento da qualidade da atividade, mas também minimizar ao máximo o impacto na demanda ao sistema energético e, por consequência, reduzir a emissão de gases de efeito estufa que, globalmente, são majoritariamente oriundos da produção de energia elétrica e usos de energia, tendência também crescente no Brasil. A emissão de gases de efeito estufa e o seu impacto nas mudanças climáticas é, sem sombras de dúvidas, o mais importante problema ambiental que enfrenta hoje a Terra.

Assim, sendo as edificações um espaço onde grande parte da energia produzida é consumida, a eficientização do seu uso, o direcionamento para edificações neutras em consumo de energia ou até exportadoras de energia se constitui não apenas num desafio, mas uma oportunidade para o setor da construção.

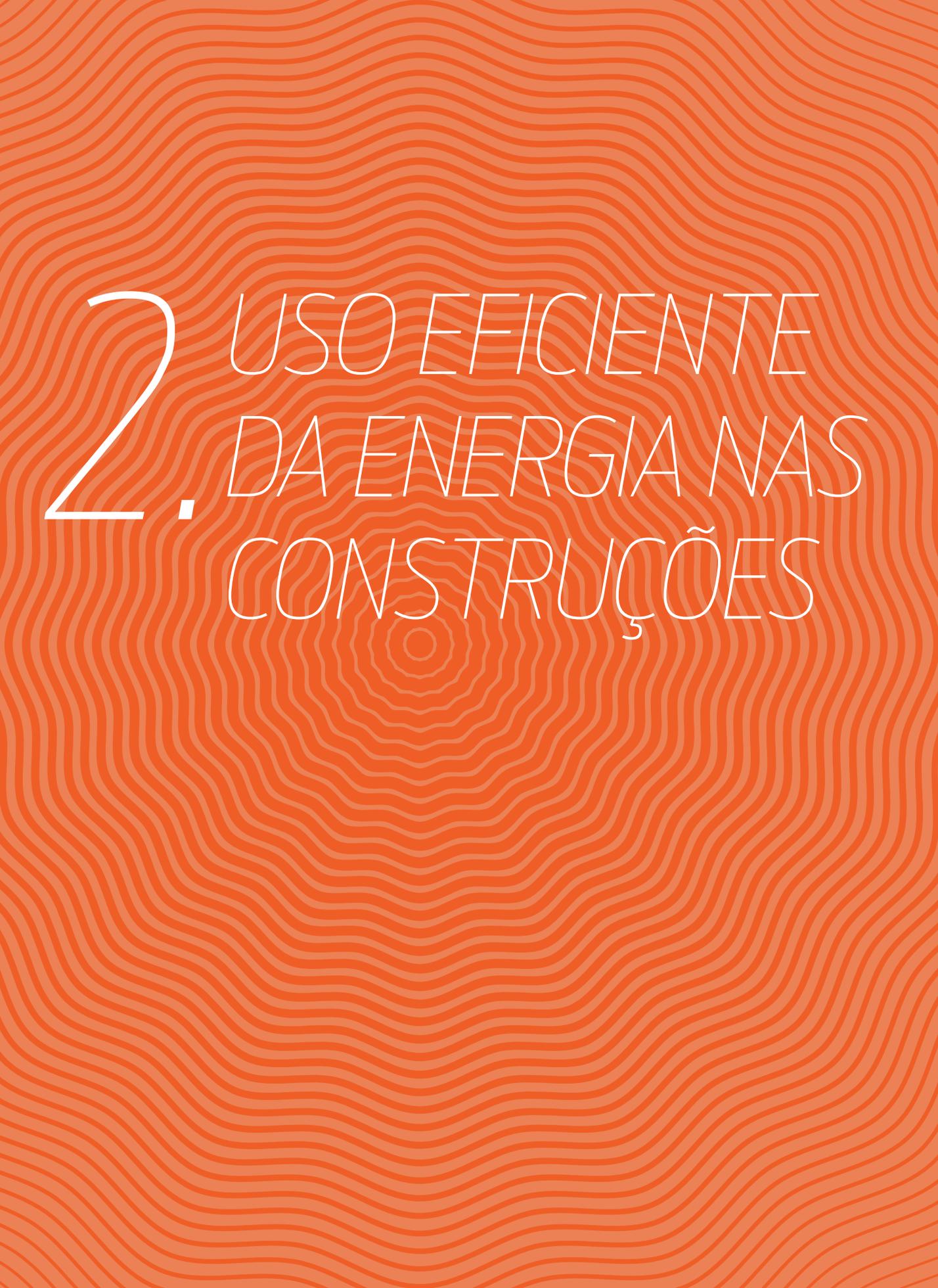
A energia utilizada em uma atividade ou por um equipamento estão relacionadas a questões comportamentais e a questões tecnológicas. Mudanças comportamentais são obtidas através da educação, campanhas de conscientização, procedimentos, capacitação, treinamento; já as questões tecnológicas que promovam o uso eficiente da energia dependem das características e condições do sistema energético na área, das edificações e dos equipamentos utilizados.

Dentre as fontes de energia renováveis a energia solar fotovoltaica apresenta múltiplas vantagens, pois além de exercer um papel complementar às hidrelétricas, principal fonte de geração do País, reduz o aumento do pico da demanda de energia durante o dia, não produz emissões durante a geração de energia elétrica, dispensa o uso de combustíveis, o que reduz o custo de geração. Além disso como a geração pode ser feita junto aos locais de consumo/carga, minimiza a necessidade de novas linhas de transmissão e aumenta a segurança energética.

Graças ao tamanho de seu território e da alta irradiação solar, o Brasil pode ampliar consideravelmente a participação da fonte solar fotovoltaica em sua matriz energética. Segundo o Plano Decenal de Expansão 2024, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética do Ministério de Minas e Energia, os sistemas de pequeno porte devem responder por 1,6 TWh em 2024, devido à penetração de sistemas de geração solar fotovoltaica nas classes residências e comerciais.

O objetivo deste documento é apresentar informações de como o uso de sistemas solares fotovoltaicos em residências para produção de energia elétrica pode reduzir a demanda de energia do sistema elétrico e contribuir para diversificar a matriz energética brasileira.





# 2. USO EFICIENTE DA ENERGIA NAS CONSTRUÇÕES

Segundo dados do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), globalmente as construções foram responsáveis por 32% do consumo total de energia final no mundo, 19% das emissões de gases de efeito estufa relacionadas com a energia e um terço das emissões de carbono negro em 2010.

Todavia, o uso final da energia nas edificações pode ficar constante ou mesmo diminuir em meados do século, em relação aos níveis atuais, se as melhores práticas e tecnologias já efetivas hoje, no que diz respeito a seus custos, forem amplamente difundidas.

Diversas são as barreiras para uma ampla divulgação e incluem: informações imprecisas, incentivos introduzidos sem uma visão conjunta dos resultados, falta de conscientização, custos de transação, acesso inadequado a financiamento e fragmentação da indústria. Nos países em desenvolvimento podem ser adicionados a esta lista, a corrupção, os níveis de serviço inadequados, os preços subsidiados da energia e altas taxas de desconto.

Os códigos de construção e padrões de equipamentos com fortes exigências de eficiência energética, se bem aplicados, aperfeiçoados ao longo do tempo, adequados ao clima local e outras condições, são os instrumentos de política mais efetivos ambiental e economicamente.

Considerando que as edificações têm longos períodos de vida, postergar sua eficiência pode contribuir para travar a redução das emissões no longo prazo e assim é necessário senso de urgência e medidas imediatas.

A nível nacional, segundo dados do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), em 2010 o parque edificado (segmentos residencial, comercial e público) consumiu 15% do total de energia utilizada pelo País e 47,6% da eletricidade. E nesta direção, no sentido de reduzir as emissões de gases de efeito estufa no País, o Brasil se comprometeu, no âmbito do Acordo de Paris, a expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, aumentando a participação de energias renováveis como eólica, biomassa e solar, além da energia hídrica.

Segundo o Acordo de Paris, alcançado em dezembro de 2015 por 195 países que participaram da Conferência das Partes (COP 21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima (UNFCCC), com as Contribuições Pretendidas Nacionalmente Determinadas (INDC), apresentadas por 187 deles, as emissões globais em 2030 chegariam, no agregado dos países, a algo em torno de 55 Gt de CO<sub>2</sub>, podendo resultar num aumento de temperatura média do planeta de 2.7°C fora, portanto, do patamar de 2°C, acordado na COP 15, em 2009, em Copenhague.

Há, portanto, necessidade de aprofundar o nível de emissão global anual para um valor em torno de 40 Gt, caminhando em direção de um aumento da temperatura média global na faixa de 1.5°C acima dos níveis pré-industriais. Para tanto, já em 2018 inicia-se o diálogo para rever os compromissos assumidos em Paris, com uma primeira revisão obrigatória em 2023, quando se deverá mostrar uma progressão na direção de reduções mais significativas, e certamente o setor de construções será compelido a dar sua contribuição.

Ainda na COP 21, no dia dedicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) às construções, o Buildings Day, destacou-se o papel das construções na redução de emissão de CO<sub>2</sub> e promoção da eficiência energética, tendo a entidade Architects 2030 advogado a meta de 0% de aumento no consumo de energia nas construções por volta de 2040, enquanto a International Union of Architects (IUA) trabalha com a possibilidade da eliminação das emissões no ambiente construído por volta de 2050. Foi ainda mencionado o Acordo da China, através do qual arquitetos, empreendedores e governo buscam os instrumentos de definição de metas de redução de emissões no ambiente construído.

No já mencionado relatório do IPCC, são listadas entre outras ações de mitigação de emissões de gases de efeito estufa nas construções:

- I. a incorporação de fontes de energia renovável, em particular a energia solar fotovoltaica, integrada nas construções (BIRES e BIPV);
- II. contadores e redes inteligentes;
- III. padrão de casa passiva (PH);
- IV. edificações com energia quase-zero, zero ou positiva (NZEB);
- V. sistemas distribuídos de energia de alta eficiência;
- VI. e, armazenamento térmico diurno, dentre outros.

Ainda, segundo o IPCC as reduções do uso de energia, com a geração de eletricidade através de instalações fotovoltaicas em tetos, geralmente ficam numa faixa média de 15 a 58% do consumo original.

Nas próximas seções serão discutidas diversas questões ligadas à incorporação da energia solar nas construções.

The background of the image consists of a repeating pattern of thin, wavy, orange lines that create a textured, ripple-like effect across the entire surface. The lines are closely spaced and follow a similar sinusoidal path, giving the background a sense of movement and depth.

# 3. ENERGIA FOTOVOLTAICA VERSUS AQUECIMENTO SOLAR

O sol fornece todos os dias ao planeta uma gigantesca quantidade de energia na forma de ondas eletromagnéticas. Segundo estimativas do Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (Pinho & Galdino, 2014), no intervalo de duas horas, a quantidade de energia solar recebida na superfície terrestre foi superior a todo o consumo da humanidade em 2011. Essa energia há muito tempo já é aproveitada como input energético para as necessidades de sobrevivência e processos produtivos da humanidade, através do uso de tecnologias de conversão de energia solar. Essas tecnologias se distinguem em duas categorias: as que convertem a energia solar em calor e as que a convertem diretamente em eletricidade.

A primeira categoria, que faz uso da chamada energia solar térmica, pode simplesmente usar o calor obtido da conversão para o aquecimento de água, ou usá-lo em processos mais complexos para produção de eletricidade. A outra categoria usa a energia solar fotovoltaica. Esta categoria de tecnologia transforma diretamente a radiação solar em eletricidade, sem que haja a necessidade de mais outra etapa de conversão, diferentemente da primeira.

O sistema de aquecimento solar é a tecnologia termossolar mais difundida no País e usa a radiação solar para obter calor, em coletores solares planos, e assim realizar o aquecimento de água. No setor residencial, geralmente os coletores solares planos reduzem o uso do chuveiro elétrico no processo de aquecimento d'água, dessa forma, a eletricidade é conservada, podendo ser utilizada para fins mais nobres do que a conversão em calor. Os coletores solares são aquecedores de fluídos e classificados em planos ou concentradores.

A Figura 1 exibe o conjunto coletor solar e reservatório térmico típico. Este tipo de sistema já é convencionalmente utilizado no setor da construção, tanto no segmento residencial, como no de comércio e serviço e industrial, tendo crescido também nos programas habitacionais. Segundo dados da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), tinha-se até o final de 2014 mais de 11 milhões de m<sup>2</sup> instalados no Brasil (<http://www.dasolabrava.org.br/informacoes/dados-de-mercado/>).

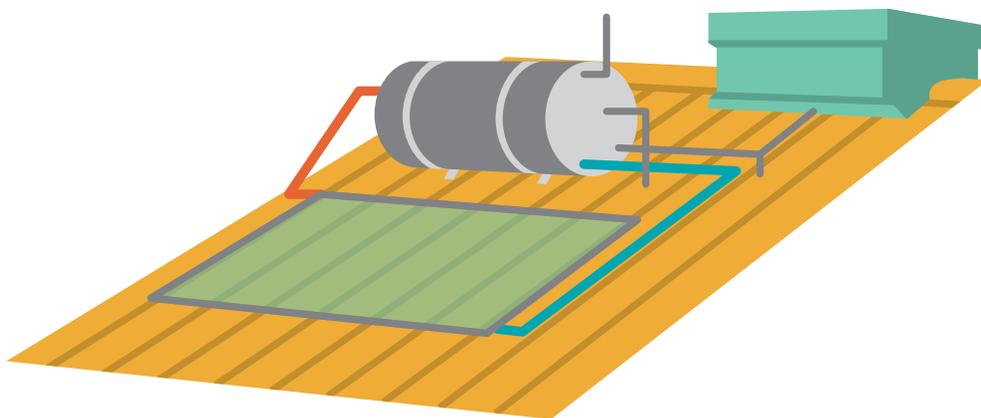


Figura 1 - Sistema de aquecimento solar típico | Fonte: ASPE

O bom funcionamento dos coletores solares planos está condicionado à garantia de exposição dos coletores à luz solar. Para tanto, o local de instalação mais comum desses sistemas são os telhados ou coberturas das edificações. Por ser uma tecnologia conhecida no mercado brasileiro, premissas arquitetônicas como orientação dos telhados das edificações em relação ao percurso do sol, a análise de sombreamento do local de instalação e outras condições técnicas já são sabidas ou estão acessíveis aos projetistas de forma simplificada e organizada.

Já a tecnologia predominante de aproveitamento da energia solar para produção de eletricidade é a fotovoltaica. Esses sistemas podem ser configurados de três formas: isolados, quando se apresentam como a única fonte de energia para carga, podendo apresentar ou não elementos armazenadores de energia; híbridos, quando são associados a outras fontes de geração de energia; e interligados à rede elétrica. Sob esta última forma o sistema disponibiliza para a rede a energia gerada não necessitando de elementos armazenadores.

Os sistemas interligados, também conhecidos como sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCCR), utilizam as células fotovoltaicas para realizar a conversão direta da radiação solar em eletricidade, através do fenômeno físico conhecido como efeito fotovoltaico. Essas células encontram-se conectadas eletricamente em série e em paralelo, condicionada em um invólucro, chamado de módulo fotovoltaico, capaz de protegê-las de intempéries e esforços mecânicos. O conjunto de módulos ligado em série é conhecido como strings e o conjunto de strings é conhecido como painéis ou arranjos fotovoltaicos, vide Figura 2.

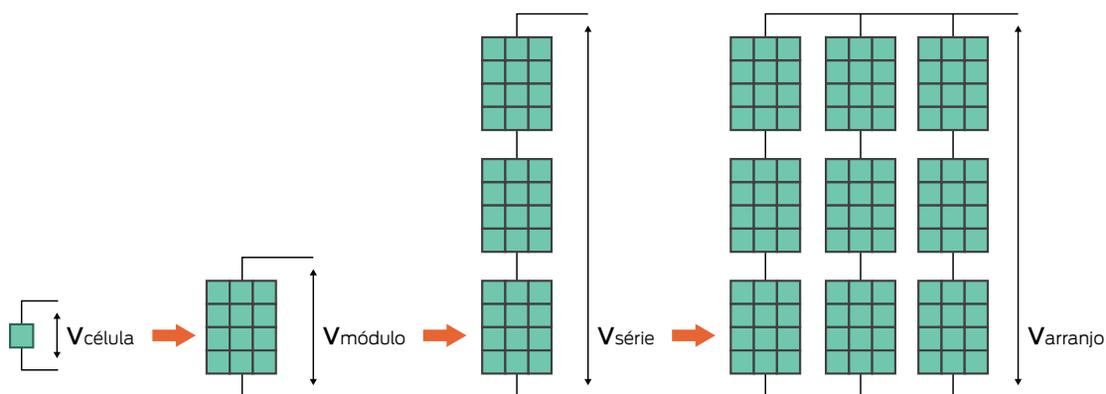


Figura 2 – Ligação série paralelo de células e módulos FV

Atualmente, no mercado as principais tecnologias de módulos fotovoltaicos são: a de silício monocristalino (m-Si), a de silício policristalino (p-Si), a de telureto de cádmio (TeCd), a de disseleneto de cobre índio e gálio (CIGS) e a de silício amorfo (a-Si). Os módulos TeCd, CIGS e a-Si apresentam uma vantagem arquitetônica, pois podem ser confeccionados em substratos flexíveis. O silício cristalino ainda é a tecnologia mais usada globalmente dominando mais de 80% da produção mundial. A Figura 3, a Figura 4 e a Figura 5 apresentam alguns exemplos dos módulos fotovoltaicos citados em edificações.



Figura 3 - Módulos monocristalinos



Figura 4 - Módulos policristalinos



Figura 5 - Módulos amorfo

Todos os sistemas fotovoltaicos interligados à rede apresentam uma topologia básica, tanto para os sistemas de grande porte, quanto para os de médio e pequeno porte. Essa arquitetura básica compreende, como ilustrado na Figura 6:

- a) o sistema conversor de energia solar em elétrica composto de módulos fotovoltaicos;
- b) o sistema condicionador de energia, que envolve principalmente conversores estáticos (inversores de frequência);
- c) e os sistemas de proteção elétrica e de medição de energia.

Assim, enquanto os coletores solares planos são conectados ao sistema hidráulico, o sistema fotovoltaico é conectado ao sistema elétrico da edificação. A Figura 7 exhibe o conjunto painel fotovoltaico e inversor que são conectados ao quadro de distribuição da residência por meio de um circuito elétrico adicional.

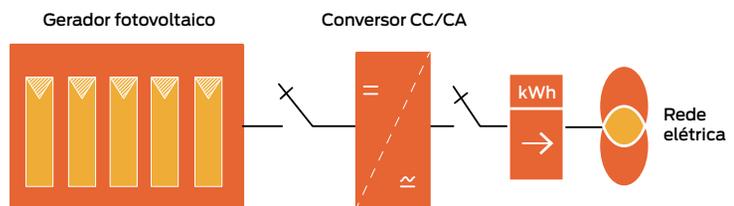


Figura 6 – Principais pontos de utilização de água em apartamentos

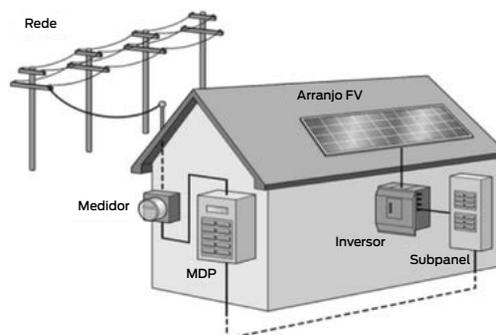


Figura 7 – Equipamentos e topologia básica SFCE



*4. MICRO E  
MINIGERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA*

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é responsável por atender quase toda a demanda de energia elétrica do Brasil, sendo sua característica tradicional a produção de energia a partir de centrais geradoras de grande porte, sobretudo hidrelétricas, conectadas ao sistema de transmissão, e daí ao sistema de distribuição. Nos últimos anos a energia eólica também tem crescido como fonte de energia elétrica e de 2014 em diante usinas solares utilizando a tecnologia fotovoltaica também foram inseridas nos leilões de energia elétrica onde é contratada a energia pelas distribuidoras de energia.

Contraopondo-se à geração centralizada, a geração distribuída é de pequeno porte e conectada próxima às unidades de consumo. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), os estímulos à geração distribuída justificam-se pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico, tais como: a postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão; o baixo impacto ambiental; a redução no carregamento das redes; a redução de perdas e a diversificação da matriz energética, entre outros. A Figura 8 e a Figura 9 exibem ilustrações de modelos de sistemas elétricos com e sem geração distribuída.

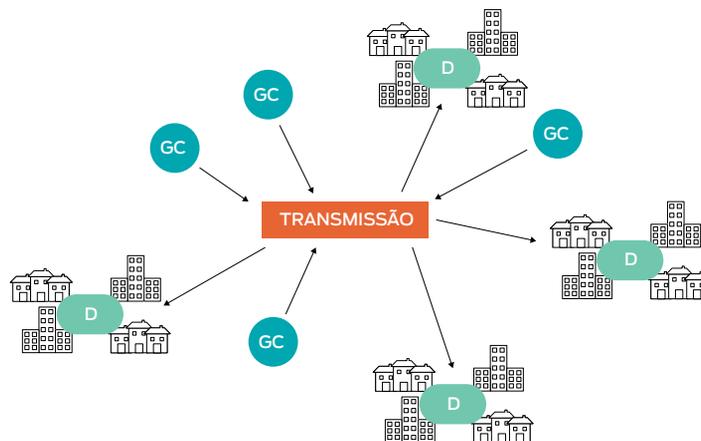


Figura 8- Sistema elétrico tradicional

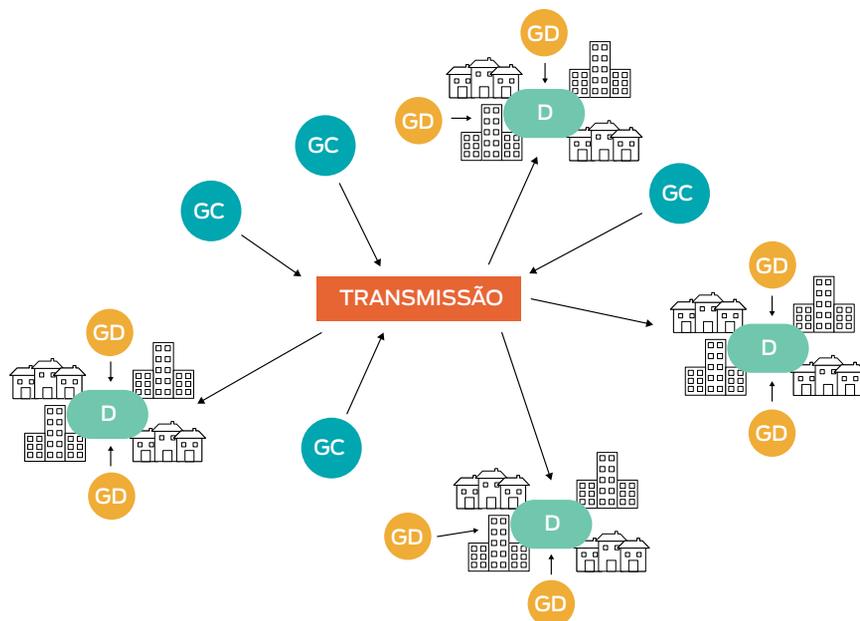


Figura 9- Sistema elétrico com inserção de geração distribuída

A ANEEL regulamentou a micro e minigeração distribuída em 2012 permitindo ao consumidor tornar-se também um produtor de energia. É classificado como microgerador aquele com potência instalada menor ou igual a 75 kW e como minigerador aquele com potência instalada menor ou igual a 5 MW, e maior que 75 kW. Um exemplo que pode ajudar a compreender a ordem de grandeza dessas faixas é considerar que um sistema fotovoltaico com potência de 75 kW seria capaz de fornecer energia para 15 chuveiros elétricos de 5.000 W (ou 5 kW) no momento de pico de geração.

A geração se dá na modalidade conectada à rede, ou seja, opera em conjunto com o fornecimento de energia da distribuidora. Ao funcionar em conjunto com a rede da concessionária, a mini ou micro geração fotovoltaica a todo momento é complementada pela rede elétrica ou em algum momento pode injetar o excedente de energia para a mesma.

O consumidor, ou grupo de consumidores, que tem a pretensão de conectar um gerador à rede da concessionária deve solicitar acesso à distribuidora, mediante um formulário padrão ao qual é anexado o projeto das instalações, além de mais alguns documentos, conforme relação apresentada na Tabela 1. Um novo sistema de medição é fornecido pela concessionária, e tanto pode ser empregado um medidor bidirecional, que afere o fluxo de energia em dois sentidos (da rede para unidade consumidora e dessa última para rede), como dois medidores convencionais cada um medindo em um sentido. Vale ressaltar que na ocorrência de falta de energia da distribuidora o gerador é desligado automaticamente por questões de segurança.

Tabela 1. Documentação necessária ao pedido de conexão com a rede da distribuidora

DOCUMENTOS	MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA IGUAL OU INFERIOR A 10kW	MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA SUPERIOR A 10kw	MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA
ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração	X	X	X
Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo		X	X
Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão			X
Diagrama unifilar contemplando Geração/Proteção (inversor, se for o caso)/Medição e memorial descritivo da instalação	X		
Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção		X	X
Certificação de confirmidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede	X	X	
Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scg">www.aneel.gov.br/scg</a>	X	X	X
Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012	X	X	X
Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver)	X	X	X

Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, revistos com a Resolução Normativa nº 687/2015, vigente a partir de 01/03/2016, estabelecem os procedimentos apresentados na Figura 10, com seus respectivos prazos para que a unidade consumidora solicite a conexão à rede da distribuidora.

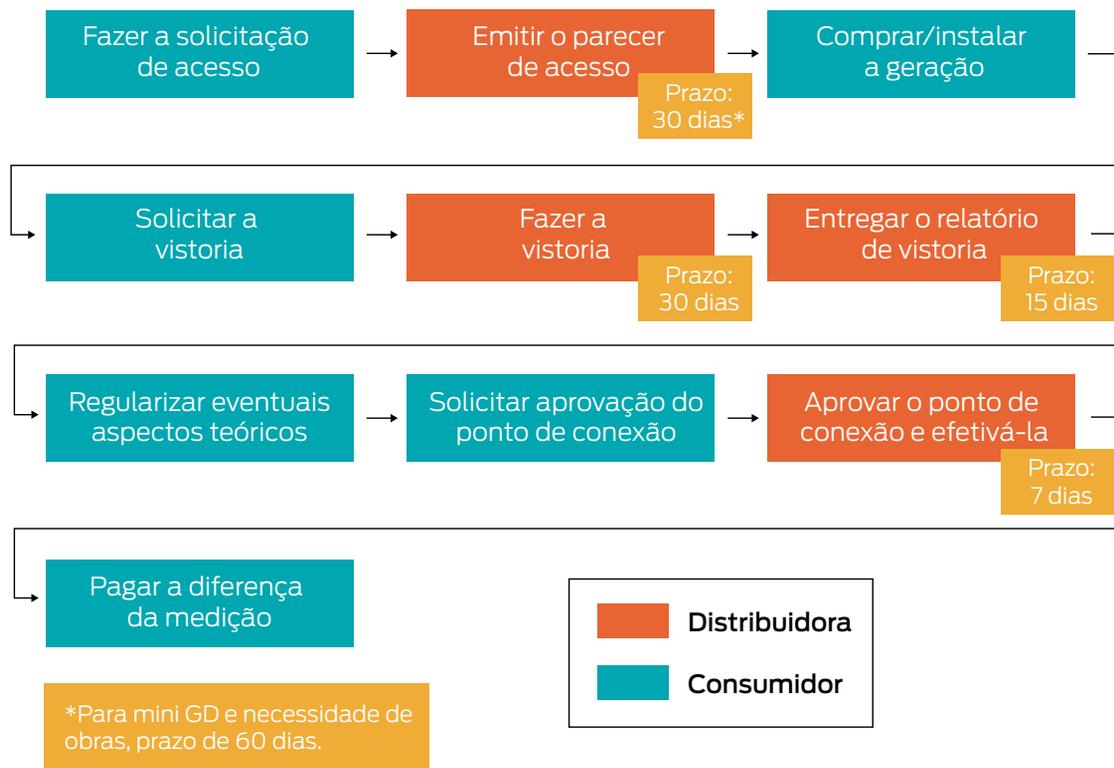


Figura 10 - Procedimentos e prazos para conexão | Fonte: ANEEL (Modulo 6 Revisão 6 (após realização da AP 26/2015) Resolução Normativa nº 687/2015 01/03/2016



The background of the entire page is a vibrant orange color with a complex, repeating pattern of thin, wavy white lines that create a textured, ripple-like effect.

# 5. SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O benefício econômico da micro e minigeração se dá através do sistema de compensação de energia elétrica (SCEE), que está em vigor desde dezembro de 2012, seis meses após a regulamentação pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desse tipo de geração, através da Resolução Normativa 482/2012. Pelo SCEE a energia gerada pela unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída que não é consumida na hora é injetada na rede e cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local. Posteriormente a energia cedida à concessionária pode ser compensada com o consumo de energia elétrica no momento que se fizer necessário, geralmente a noite. A Figura 11 ilustra o funcionamento do sistema de compensação.

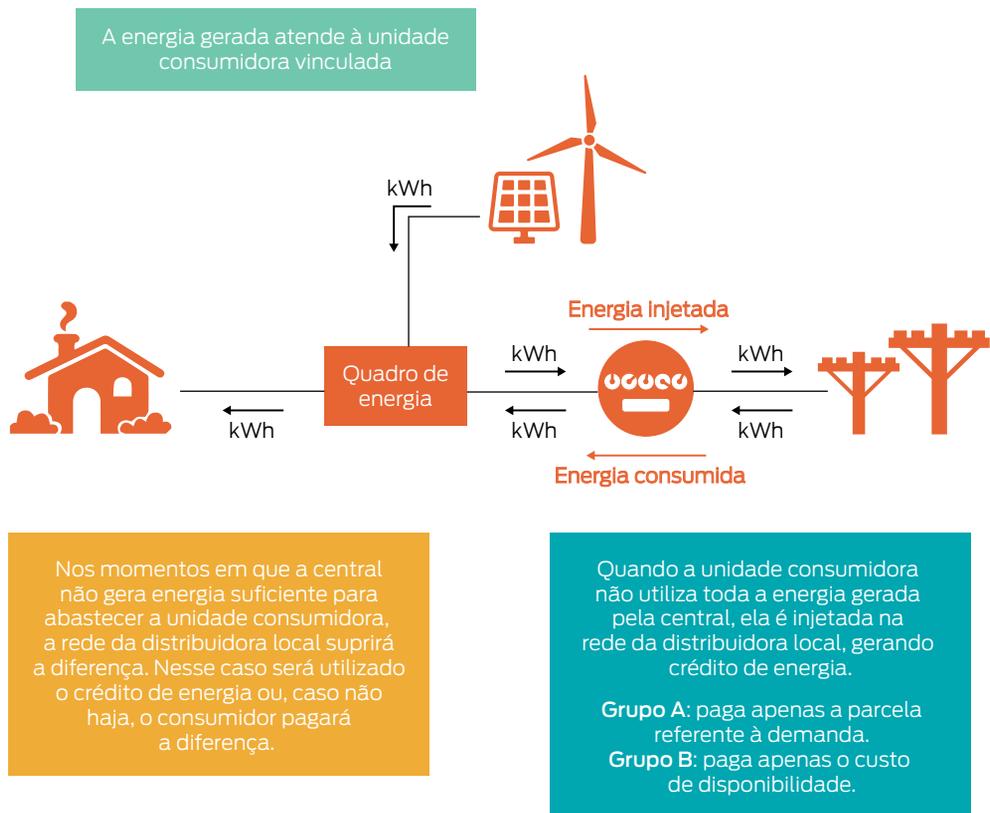


Figura 11- Sistema de compensação de energia elétrica | Fonte: ANEEL

Com a revisão pela ANEEL em dezembro de 2015, a regulamentação que disciplina o sistema de compensação ampliou seu uso. As novas regras, que passaram a vigorar em março de 2016, instituíram novas alternativas para que os consumidores possam gerar a própria energia. As possibilidades trazidas com modificação são elencadas e detalhadas a seguir.

Podem participar do sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora:

Opção A: com microgeração ou minigeração distribuída, de qualquer tipo, em qualquer classe de consumo: residenciais, comerciais, industriais, serviço público, etc.;

Opção B: integrantes de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras - condomínios;

Opção C: caracterizados como geração compartilhada;

Opção D: caracterizados como autoconsumo remoto.

Por definição uma unidade consumidora (UC) compreende o conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação, quando do fornecimento em tensão primária, caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em apenas um ponto de entrega, com medição individualizada, correspondente a um único consumidor e localizado em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas.

A primeira possibilidade, opção A, diz respeito a instalação de gerador no mesmo ponto de consumo da UC, ou seja, o gerador está conectado à instalação elétrica da própria UC que está sendo beneficiada com a compensação. As demais alternativas se referem a situação onde o gerador não está conectado às instalações da UC beneficiada.

## Empreendimento de múltiplas unidades consumidoras (condomínios)

Em um condomínio residencial, seja ele horizontal ou vertical, é possível instalar painéis fotovoltaicos em uma área comum, como o telhado da edificação da área de conveniência, e repartir a energia gerada entre os condôminos participantes do sistema de compensação através dos créditos obtidos. De forma análoga, num shopping comercial, o teto pode ser usado para instalação de um sistema de geração, e a energia compartilhada de acordo com a participação de cada consumidor no investimento. Assim, esses créditos podem ser divididos em porcentagens previamente acordadas e serão descontados na conta de luz dos moradores correspondentes.

Encaixam-se neste conceito os consumidores localizados em condomínios residenciais, comerciais e industriais, desde que estejam em áreas contíguas, não se confundindo com vizinhos que estejam fora dos referidos empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras, os quais não se enquadram no referido conceito.

Quando da audiência pública promovida pela ANEEL para propor a revisão da regulamentação a contribuição do CBIC versou especificamente sobre esse aspecto pleiteando a alteração do limite de potência que poderia ser instalada com vistas ao compartilhamento.

Resumidamente, a formação de condomínios para instalação de usinas comunitárias requer o cumprimento dos seguintes passos:

- Consumidores e/ou investidores formam um grupo/ entidade (empresa, cooperativa, ONGs ) para construir uma usina;
- Cotas são vendidas aos participantes em função de suas necessidades ou interesse;
- Empresa responde pelo desenvolvimento do projeto, compra de equipamentos, instalação e operação das usinas comunitárias.

---

## Geração compartilhada

Essa alternativa caracteriza-se pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio da criação de uma pessoa jurídica (consórcio ou cooperativa), composto por pessoa física ou jurídica que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada.

É possível instalar painéis fotovoltaico, por exemplo, em uma propriedade rural com uma grande área disponível, e obter créditos com a geração da energia para descontar na conta de luz dos consumidores participantes do consórcio ou cooperativa instituído com esta finalidade, de acordo com os percentuais pré-acordados.

O gerador deve estar localizado na mesma área de concessão dos participantes e a área de concessão de cada distribuidora pode ser consultada no site das mesmas.

---

## Autoconsumo remoto

Caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.



The background of the entire page is a vibrant orange color with a complex, wavy pattern of thin, white lines that create a sense of depth and movement, resembling a topographical map or a wood grain texture.

# 6. APLICAÇÕES DA ENERGIA FOTOVOLTAICA EM CONDOMÍNIOS

A revisão da regulamentação permitiu a aplicação da energia solar em condomínios de forma comunitária. Nesta modalidade há ganhos de escala, que promovem redução do capital inicial necessário para realização de um empreendimento de geração renovável, e oferecem melhor operação e manutenção dos ativos. Para que esse benefício seja real faz-se necessário considerar a previsão do emprego de energia fotovoltaica desde a fase de projeto das construções.

Os seguintes aspectos técnicos que devem ser observados no projeto de condomínios de forma geral, detalhando-se em seguida aspectos relacionados especificamente para condomínios verticais e horizontais.

---

### **Definição do local de instalação e premissas de projeto**

O primeiro item a ser considerado quando se pretende instalar geração fotovoltaica em sistema de compensação é definir a capacidade que pode ser instalada em função dos limites estabelecido pela ANEEL de acordo com a carga da UC, uma vez que não se pode instalar mais do que se consome, pois a energia não pode ser vendida ou cedida para terceiros, e, subsequentemente, calcular a capacidade de geração em função dos índices de radiação da região onde será implantado o sistema de geração FV.

A ANEEL estabelece que a potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída é limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada, sendo esta potência aquela que o sistema elétrico da distribuidora deve dispor para atender aos equipamentos elétricos da unidade consumidora, configurada com base nos seguintes parâmetros: a) unidade consumidora do grupo A (unidades consumidoras com fornecimento

em tensão igual ou superior a 2,3 kV): a demanda contratada, expressa em quilowatts (kW); e b) unidade consumidora do grupo B (unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV): a resultante da multiplicação da capacidade nominal de condução de corrente elétrica do dispositivo de proteção geral da unidade consumidora pela tensão nominal, observado o fator específico referente ao número de fases, expressa em quilovolt-ampere (kVA).

## Orientação e inclinação dos painéis fotovoltaicos

Nos projetos de sistemas fotovoltaicos existem dois ângulos importantes que devem ser criteriosamente adotados: o ângulo azimutal ( $\alpha$ ) que é a medida angular entre o norte verdadeiro e a normal à face ativa do módulo fotovoltaico e o ângulo de inclinação ( $\beta$ ) que é o ângulo formado entre o plano horizontal e o plano da face do módulo, vide Figura 12.

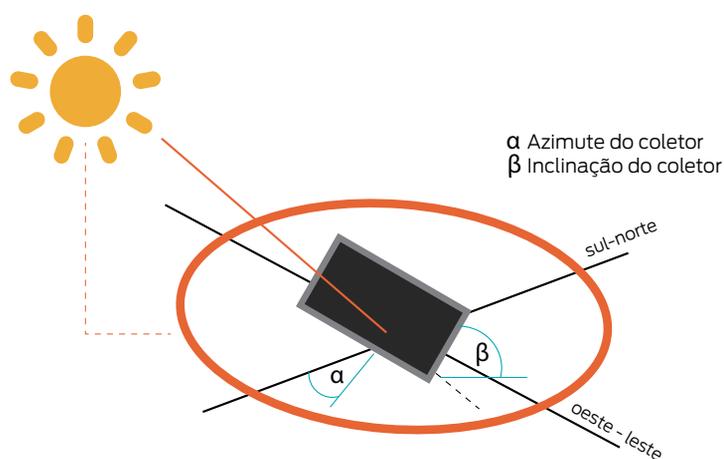


Figura 12- Ângulos azimute e de inclinação

Os painéis fotovoltaicos podem ser instalados na cobertura ou fachadas das edificações, em coberturas de estacionamento ou diretamente no solo. Em qualquer situação deve se observar a orientação da disposição da parte ativa (frontal) dos módulos, que na instalação devem estar voltadas o mais próximo possível para o norte verdadeiro, ou seja  $\alpha = 0$ . Cálculos indicam que instalações com desvios de mais ou menos  $20^\circ$  em relação ao norte verdadeiro, as perdas na produção de energia ficam em torno de 0.5%.

Com relação a inclinação dos módulos existe uma regra prática que indica que o ângulo  $\beta$  deve ser igual ao ângulo da latitude do local de instalação, com a finalidade de maximizar a produção de energia anual. Ademais, os fabricantes de módulos, em sua maioria, limitam o valor mínimo do ângulo de inclinação de  $10^\circ$ . Esse ângulo mínimo ainda permite que chuvas possam limpar o módulo, e desta forma reduzir o excesso de sujeira na face ativa, o que evita a perda de produção de energia. Embora pequenas variações na orientação e na inclinação não sejam prejudiciais, recomenda-se o auxílio de um especialista, quando não se tem as condições ideais ou próximas, tendo em vista mitigar o risco de reduzir a viabilidade econômica devido a menor geração causada pela posição/inclinação dos painéis.

Os dados do recurso solar é o ponto de partida para se calcular a energia final produzida por um sistema fotovoltaico. Essas informações podem ser encontradas na rede internet, a exemplos de sites gratuitos como o do CRESESB (<http://www.cresesb.cepel.br/>) onde rapidamente é possível consultar a radiação solar mensal, média anual, a máxima e mínima de um município brasileiro através das suas coordenadas geográficas. O meteonorm (<http://www.meteonorm.com/>) é outro site onde estão disponíveis também informações gratuitas e pagas de recurso solar de diversas regiões do mundo, incluindo as do Brasil.

É importante observar qual tratamento foi dado aos dados solarimétricos desses sites, pois para muitas regiões o que se tem é uma extrapolação, pois nem para todas as localidades se tem uma estação solarimétrica instalada coletando os dados verdadeiros de irradiância solar. Alguns sites tratam as informações extrapoladas utilizando algoritmos com referência de dados observados de satélites. Essas bases de dados geralmente são pagas, pois apresentam melhores estimativas, a exemplo o site da 3 Tier (<http://www.3tier.com/>).

Existem diversas formas de se estimar a energia final produzida por uma usina fotovoltaica. As duas mais simples são as que utilizam os índices Performance Ratio (PR) e o fator de capacidade.

O PR indica a eficiência de conversão total do sistema fotovoltaico, ou seja, é a relação entre energia de entrada e a de saída, e é muito utilizado como benchmarking na indústria fotovoltaica.

Tendo em mãos os dados de radiação solar anual ou mensal, o índice PR mensal ou anual e a potência instalada total fotovoltaica (em Wp) utiliza-se a fórmula abaixo para calcular a produção de energia mensal ou anual.

$$PR = \frac{E_{AC} [Wh]}{P_{FV} [Wp] \times \frac{G [Wh/m^2]}{1000 [Wh/m^2]}}$$

Sendo,

PR – performance ratio

EAC – energia produzida mensal ou anual [Wh]

PFV – potência instalada total [Wp]

G – radiação solar mensal ou anual [Wh/m<sup>2</sup>]

A segunda forma é utilizando o fator de capacidade do local e a potência total instalada em kWp conforme a seguinte fórmula matemática:

$$E_{AC} = FC \times 8760 [h] \times P_{FV} [kWp]$$

Sendo,

EAC – energia produzida anual [kWh]

PFV – potência instalada total [kWp]

FC – fator de capacidade local

---

## Relação entre área e energia produzida

A definição do tamanho da área reservada para instalação dos painéis deve considerar a produção de energia elétrica requisitada pelo beneficiário, ainda que estimada.

De forma geral, a depender da radiação solar da região onde se pretende fazer a instalação, sempre dentro da mesma área de

concessão da UC, cada módulo produz entre 25 e 34 kWh por mês, considerando o módulo mais comum comercializado (de silício mono ou policristalino com potência de 250 Wp) e que ocupa uma área de aproximadamente 1,7 m<sup>2</sup>, o que resulta numa produção média entre 14,7 e 20 kWh/m<sup>2</sup>.

Deve-se, todavia, ressaltar que esses valores são médios e têm o objetivo apenas de permitir uma estimativa preliminar do volume de energia que pode ser produzido por área.

Ainda que não seja possível, em função da área, instalar sistemas que atendam a toda a carga da UC, podem ser instalados painéis que produzam apenas uma parcela da energia a ser consumida. Essa é uma situação comum aos condomínios verticais que poderão atender a uma parte muito limitada do consumo, ainda mais se for considerada a possibilidade de se fazer uso do sistema de aquecimento de solar para água.

---

## Sombreamento

O efeito de sombras na produção de energia de um módulo ou de um arranjo fotovoltaico depende do tempo de exposição à sombra e como a ela evolui na superfície ativa do mesmo.

Para se ter noção de como as sombras podem afetar a produção de energia, a Figura 13 expõem dois módulos à mesma condição de sombreamento, sendo que um é da tecnologia m-Si e outro da tecnologia filme fino a-Si. Neste caso a perda maior na produção de energia se dá no módulo m-Si, pois nele a sombra consegue obscurecer totalmente uma célula fotovoltaica (unidade básica de conversão de energia), e como elas estão arranjadas eletricamente em série para formar o módulo, isso termina por restringir a corrente elétrica do mesmo, e por conseguinte reduz a potência de geração. No módulo a-Si a sombra está sobre várias células (para este módulo as células são pequenas listras verticais), no entanto não cobre totalmente nenhuma delas. Neste caso é como se o módulo estivesse perdido uma fração da sua área ativa de conversão.

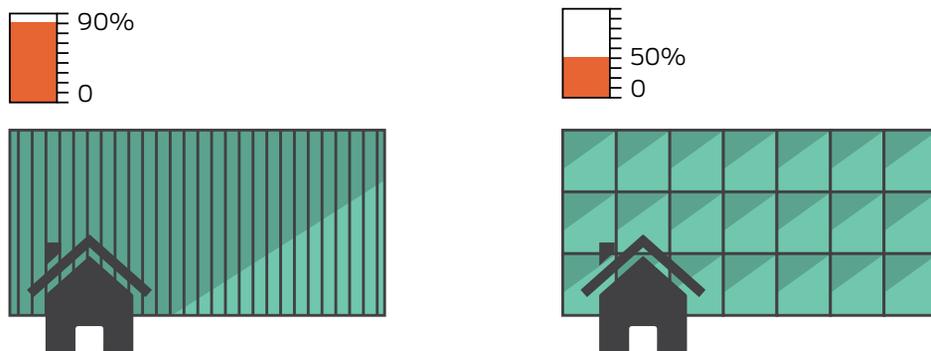


Figura 13 – Efeito de sombra sobre os módulos, módulo esquerdo a-Si, módulo direito m-Si

Certas configurações de arranjos devem ser evitadas de acordo com a tecnologia de módulos empregadas. A Figura 14 e a Figura 15 dão exemplos para módulos de silício cristalino (m-Si e p-Si) e módulos de filme finos (TeCd, CIGS e a-Si), respectivamente.

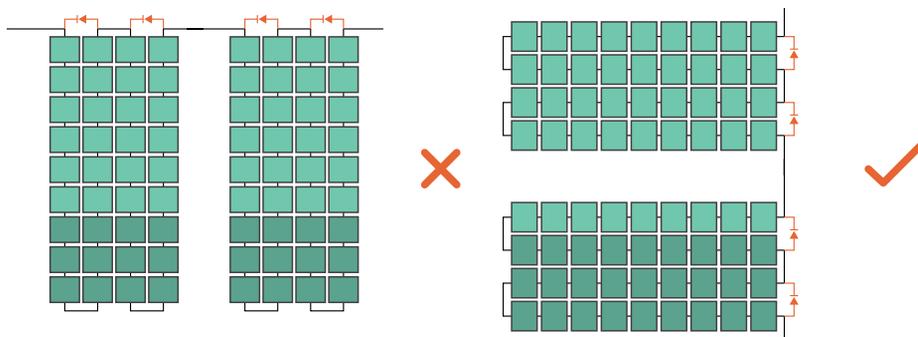


Figura 14 - Configuração que deve ser evitada para módulos de silício cristalino

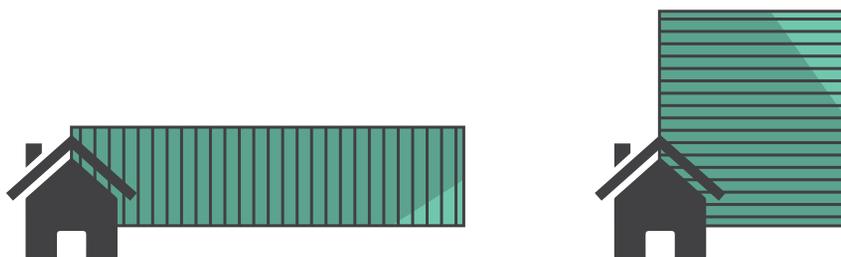


Figura 15 - Configuração que deve ser evitada para módulos de filme finos

Da análise anterior, observa-se que a depender da restrição do local de instalação, onde sombras possam existir com formas e padrão de evolução diferentes, é preferível adotar uma tecnologia de módulo em detrimento de outra. A Figura 16 exemplifica tal situação, onde no caso da instalação superior a sombra do coqueiro abrange um boa parte do arranjo, no entanto a sua forma bastante recortada sugere o uso de módulos de filme finos, pois as células são maiores e delgadas diminuindo assim a probabilidade de que sejam sombreadas totalmente.

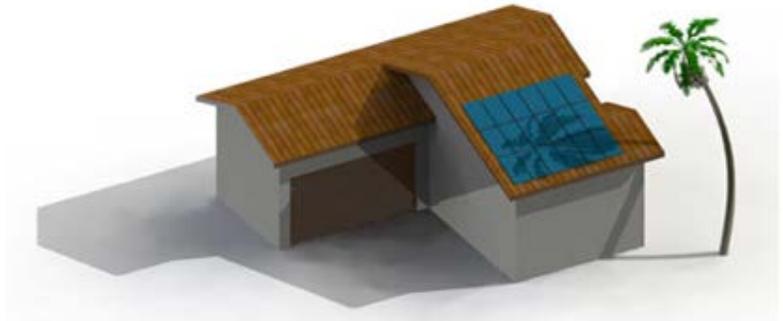


Figura 16 – Padrões de sombras e uso de tecnologias de módulos FV

Além da escolha da tecnologia dos módulos, a configuração das strings também é um fator importante do projeto fotovoltaico para reduzir os efeitos negativos do sombreamento. Como também, o uso de inversores de múltiplos seguidores do ponto de máxima potência, ou mais conhecido do inglês Multiple Power Point Tracking (MPPT). Esses são exemplos que envolvem análises detalhadas e por isso requerem seja consultado um profissional da área fotovoltaica.

Como mencionado anteriormente, são vários os locais em que se pode instalar painéis nos condomínios, incluindo a cobertura dos edifícios, as áreas de conveniência, de estacionamentos, entre outros, ou em uma área no solo destinada para esse fim. Na fase de projeto devem ser compatibilizados os painéis fotovoltaicos com os demais elementos construtivos. Por exemplo, é natural a construção dos reservatórios de água no topo

de edifícios, inclusive mais elevados que a cobertura, condição essa que aumenta a probabilidade de sombreamento dos painéis fotovoltaicos que estejam instalados sobre ela. Sempre que possível, deve-se garantir que o local de instalação dos painéis não esteja sujeito a sombreamento, pois sempre haverá a perda de uma parte da geração por sombreamento e isso pode inviabilizar o projeto.

---

## Infraestrutura elétrica

O sistema fotovoltaico é integrado ao sistema elétrico da edificação através de um circuito adicional em corrente alternada (CA), que deve conectar o inversor de frequência ao barramento do quadro elétrico de distribuição ou o geral. O inversor de frequência, como um equipamento elétrico, tem algumas características de saída, como potência nominal e máxima, tensão elétrica de operação, corrente elétrica nominal e máxima, além de frequência e distorção total harmônica. Com essas informações deve-se dimensionar o circuito e as proteções elétricas de acordo com as normas brasileiras NBR5410 e a NBR5419, a norma IEC 62446/2009 e a norma alemã de proteção contra surtos de tensão em sistemas fotovoltaicos DIN EN 61173/1996-10. O circuito em corrente contínua (CC) de conexão dos painéis fotovoltaicos ao(s) inversor(es) deve ser dimensionado com base também nas normas supracitadas. Em geral, se o sistema foi dimensionado para produzir a energia necessária para edificação onde está sendo conectado não há necessidade de modificação da infraestrutura elétrica (o que ocorre geralmente na opção A do SCEE) devendo o projeto elétrico contemplar a especificação dos circuitos adicionais CA e CC e suas proteções elétricas.

Para o caso do sistema fotovoltaico comunitário (opção B do SCEE), em geral o local de instalação possui uma infraestrutura elétrica aquém daquela necessária para a corrente elétrica que será injetada pelo gerador. Em consequência, o projeto elétrico deverá ser reformulado de modo que os circuitos alimentadores e demais dispositivos desse sistema sejam capazes de absorver a potência disponibilizada pelo gerador. Estes também devem

seguir as normas referenciadas acima e caso o sistema tenha que ser ligado em média tensão observar a NBRI4039.

Para os dois casos deve-se prever também o atendimento às normas das concessionárias de distribuição quanto às instalações de micro e minigeração.

Algumas observações são importantes quando do dimensionamento dos circuitos elétricos, são elas:

- Para o critério de queda de tensão deve-se atentar ao fato de que quanto maior a queda de tensão maior serão as perdas técnicas da geração fotovoltaica. Uma boa prática é manter as perdas no circuito CC e CA próximo a 2%.
- Devido a necessidade de exposição dos módulos FV ao sol, e que geralmente ficam nas áreas superiores (sem interferência de sombras), faz-se necessário usar proteções contra surtos nos circuitos CC. Os dispositivos contra surtos, podendo ser do Tipo I ou Tipo II, dependendo do seu grau de exposição aos raios, são postos nos polos positivos e negativos de cada string fotovoltaica. Um exemplo pode ser visto na Figura 17, no caso de inversores com um rastreador MPP, as strings fotovoltaicas são reunidas antes do inversor e o(s) SPD são ligados ao ponto de conexão. Em caso de inversores com vários rastreadores MPP, cada entrada deve ser equipada com SPD ou uma combinação de SPD. Isto aplica-se por ex. aos inversores multistring.

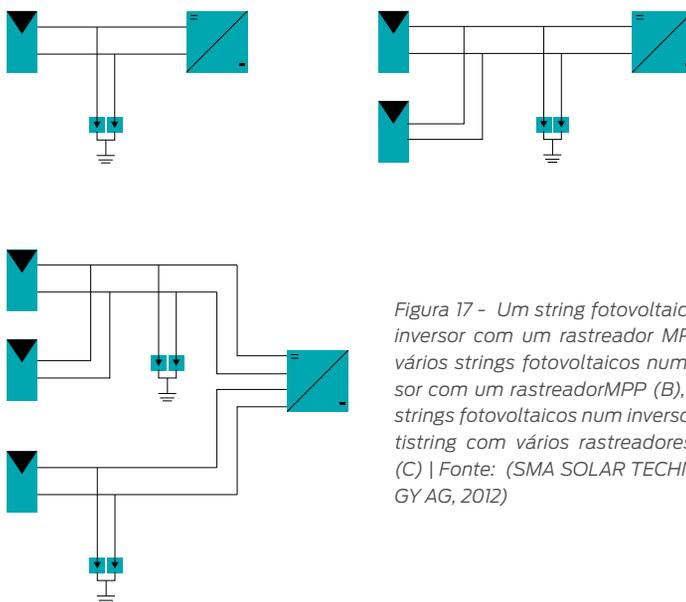


Figura 17 - Um string fotovoltaico num inversor com um rastreador MPP (A), vários strings fotovoltaicos num inversor com um rastreador MPP (B), vários strings fotovoltaicos num inversor multistring com vários rastreadores MPP (C) | Fonte: (SMA SOLAR TECHNOLOGY AG, 2012)

Quando for necessário conectar mais de duas strings em paralelo, deve-se utilizar em cada polo das strings FV um fusível fotovoltaico com o valor igual ao da máxima corrente permitida para o módulo (dados de fabricante). Isso se deve em princípio ao surgimento de uma corrente inversa, que só pode ser gerada se houver módulos conectados em paralelo. Por exemplo: caso se, por um erro no gerador fotovoltaico (por ex. curto-circuito de um ou vários módulos), a tensão aberta nos bornes de um string do módulo for significativamente inferior à tensão aberta nos bornes dos outros strings paralelos, irá fluir uma corrente inversa pelo string do gerador que apresenta a anomalia. Dependendo da intensidade da corrente, esta pode causar um forte aquecimento ou até a destruição dos módulos do respectivo string, vide Figura 18.

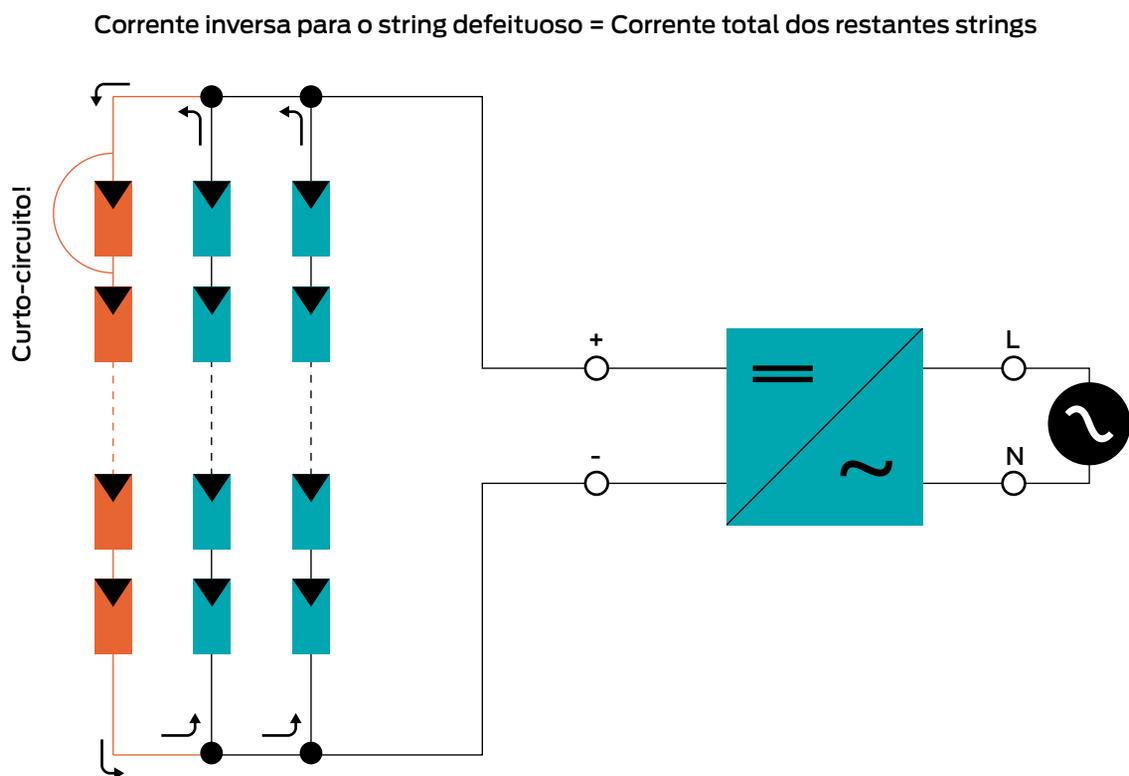


Figura 18 – Fixação em telhados de eternit

Boas fontes de informação sobre dimensionamento das partes elétricas de uma usina fotovoltaica e boas práticas de mercado, podem ser encontradas nos principais sites de fabricantes de inversores de frequência, como exemplo SMA (<http://www.sma-south-america.com/>), Ingeteam (<http://www.ingeteam.com/br/pt-br/home.aspx>) e Santerno (<http://www.santerno.com/br/home.html>).

O manual de boas práticas intitulado “Manual para melhorar a qualidade e reduzir o custo dos sistemas fotovoltaicos”, pode ser acessado no site: [http://www.pvcrops.eu/sites/default/files/u10/Good\\_and\\_Bad\\_Practices\\_PT.pdf](http://www.pvcrops.eu/sites/default/files/u10/Good_and_Bad_Practices_PT.pdf)

Este manual foi possível graças ao projeto PVCROPS (PhotoVoltaic Cost reducton, Reliability, Operational rendimento, Prediction and Simulation”), cofinanciado pela Comissão Europeia no âmbito do Sétimo Programa Quadro (Seventh Framework Programme) (Grant Agreement no:308468). O projeto foi proposto pelo Instituto de Energia Solar (IES-UPM, Universidad Politécnica de Madrid, Espanha) e é um consórcio formado por 12 parceiros.

Outra fonte de informações é o Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos, que pode ser acessado pelo site: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf).

---

## A questão arquitetônica e da integração na construção

### Condomínio Horizontal

Em condomínios residenciais há duas possibilidades: prever a instalação de painéis fotovoltaicos em cada casa individualmente, caracterizando o proprietário como um microgerador (opção A do SCEE), ou destinar uma área comum para uma instalação fotovoltaica comunitária.

Em se tratando da opção A, no projeto arquitetônico deve ser previsto um local de referência para disposição dos módulos (respeitando as condições de orientação, inclinação, sombreamento, etc.) ainda que não se tenha a definição da quantidade de módulos. A partir do local de referência recomendado, o projetista deve definir um local para a fixação do inversor em parede, equipamento de cor vermelha, exibido na Figura 19, de preferência não muito distante do local dos painéis. O equipamento deve ser protegido de intempéries e estar fora do alcance de crianças.



Figura 19 – Sistema de compensação de energia elétrica

Assim, como já é corriqueiro a adição de circuito elétrico ao quadro de distribuição da residência quando é disponibilizado ponto (tomada) elétrico para uma eventual instalação de aparelho de ar-condicionado ou chuveiro elétrico, deve-se deixar um ponto a espera deste equipamento, o inversor. Além disso, pode-se prever a instalação do inversor em locais abertos, tendo em conta a aquisição desse equipamento com o grau de proteção adequado. De qualquer forma é necessário prevê a passagem do circuito CC que liga o painel fotovoltaico ao inversor de frequência. As Figuras 20 a 23 apresentam exemplos de equipamentos específicos já disponíveis no mercado nacional para compor a estrutura de fixação dos módulos em determinadas condições.



Figura 20 – Fixação em telhados de eternit / Fonte: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH, 2009)



Figura 21 – Fixação em telhados de eternit / Fonte: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH,2009)

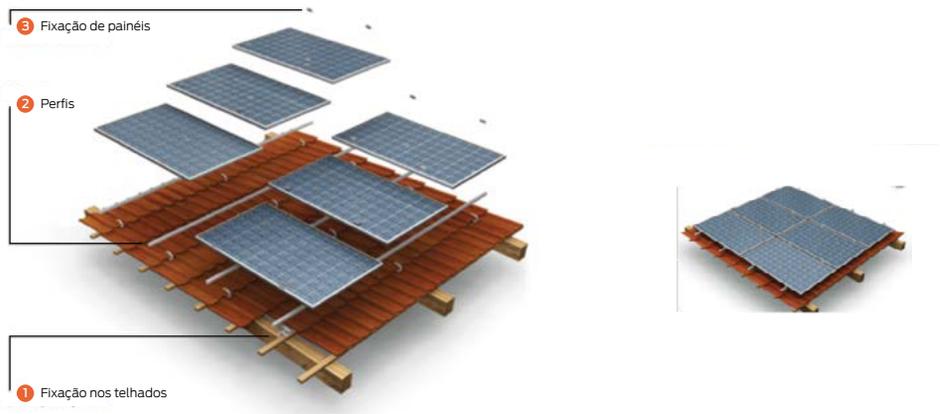


Figura 22 – Fixação em telha Americana ou portuguesa / Fonte: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH,2009)



Figura 23 - Fixação em telha Americana ou portuguesa / Fonte: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH,2009)

## Condomínio Vertical

Geralmente a área disponível na cobertura de um condomínio vertical não é suficiente para instalação de sistema fotovoltaico comunitário que permita atendimento à demanda energética de todos os condôminos. Se houver área comum externa disponível para emprego de painéis fotovoltaicos devem ser observadas as premissas já mencionadas.

Os cuidados referentes às instalações elétricas são os mesmos necessários para uma instalação comum, onde devem ser usados os critérios de queda de tensão, ampacidade do circuito, redes distintas para os circuitos CC e CA e as proteções elétricas conforme a norma NBR 5410 para baixa tensão, ou a NBR 14039 para média tensão.

Nos condomínios verticais o sistema fotovoltaico pode atender as cargas individuais (demanda de cada apartamento) e/ou as cargas coletivas. Neste último caso, os SFCR poderiam reduzir os custos associados ao consumo de energia elétrica, e consequentemente reduzir as taxas condominiais.

As Figuras 24, 25, 26 e Figura 27 apresentam exemplos de instalações em telhados planos ou compondo a estrutura de estacionamentos.

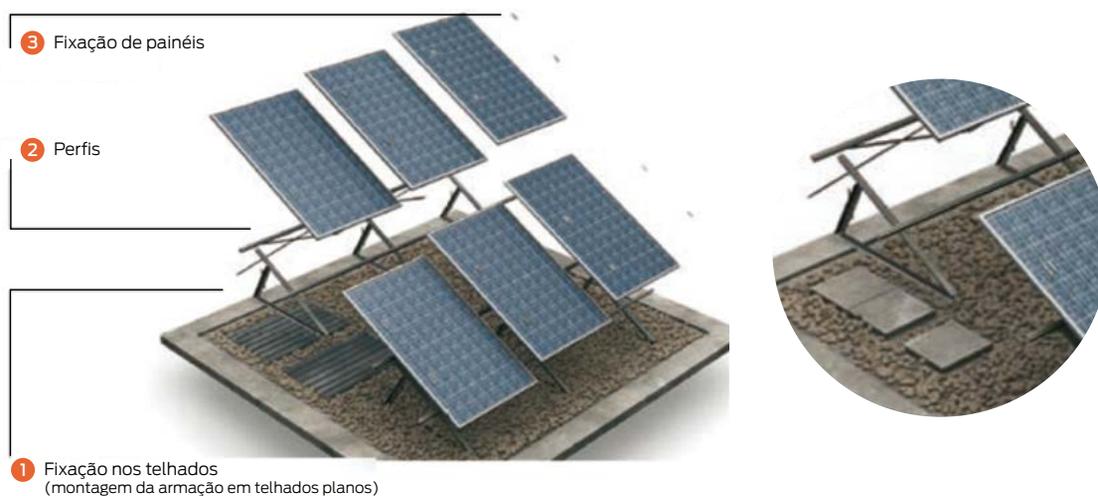


Figura 24 – Estruturas em telhados planos / Fonte: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH, 2009)



Figura 25 - Estruturas em telhados planos / Fonte: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH,2009)



Figura 26 – Estrutura tipo CarPort / Fonte: Google Imagens

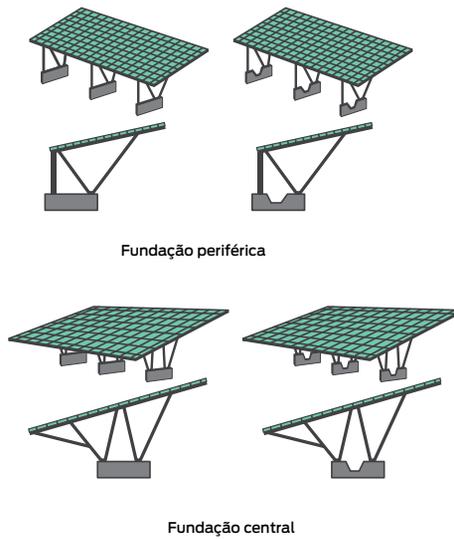


Figura 27 - Estrutura tipo CarPort / Fonte: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH,2009)



# 7 VIABILIDADE ECONÔMICA

A microgeração fotovoltaica já se mostra uma alternativa viável para o consumidor de energia elétrica no Brasil, desde que ele não seja classificado como baixa renda, já que os reajustes das tarifas de energia elétrica, não seguem trajetórias bem definidas e as perspectivas futuras sinalizam reajustes sempre superiores à inflação. Com a microgeração, o consumidor não fica exposto às variações e reajustes expressivos, além de ter um retorno financeiro competitivo frente aos produtos financeiros disponíveis no mercado.

Apesar de existir limitações devidas, principalmente, à intermitência da fonte solar, intermitência esta que não se constitui num problema para o caso das residências, o custo de operação de um sistema fotovoltaico é muito baixo e o recurso solar pode ser considerado como infinito. Além disso, na atual conjuntura do setor elétrico brasileiro, de escassez e de tarifas crescentes, a microgeração mostra-se uma modalidade de muito potencial e com retorno financeiro atrativo para os consumidores de energia elétrica, com uma Taxa Interna de Retorno (TIR) positiva na grande maioria das cidades brasileiras.

O custo de um projeto pode ser avaliado, em função de seu tamanho e características por distintos métodos de avaliação, definido de acordo com os interesses e objetivos do investidor, seja ele público ou privado. Em geral, adota-se a metodologia do fluxo de caixa descontado, utilizando as ferramentas do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR), do Payback Descontado (PD) e do custo nivelado da geração (GNG), ou LCOE na sigla em inglês, para definirem a viabilidade do projeto e/ou as condições que devem ser atendidas para que o projeto seja viabilizado. O que é comum é a especificidade associada às variáveis relevantes, a exemplo da localização, custo do investimento, preço de fornecimento local, taxa de desconto, sobre as medidas da viabilidade dos projetos.

Quando o custo nivelado da geração (CNG) atinge o preço de fornecimento da rede elétrica, diz-se que foi atingida a paridade tarifária, isto significa que o consumidor pode escolher entre comprar a energia que necessita da distribuidora ou gerar a sua própria eletricidade, utilizando as tecnologias de geração distribuídas disponíveis e que melhor se adequem ao seu perfil de consumo. Para calcular o CNG leva-se em conta: o investimento inicial para a aquisição de materiais, equipamentos e instalação do sistema gerador (preço do watt pico); o custo de operação e manutenção, incluindo a substituição dos inversores<sup>1</sup> e outros equipamentos ao longo da vida útil do projeto; seguro e aluguel da área de instalação, se for o caso; o custo de oportunidade do capital (taxa de desconto); a vida útil da planta e a energia gerada (EG), expressa em MWh/ano.

A atratividade do investimento será constatada se o valor do custo nivelado de geração, expresso em R\$/MWh, é menor ou igual ao valor da tarifa praticada para a unidade consumidora, o VPL é positivo, a TIR é igual ou superior ao custo de oportunidade de capital ou taxa de desconto adotada.

Duas variáveis comentadas a seguir são fundamentais na análise de viabilidade: o preço do watt-pico instalado (R\$/kWp) e as tarifas de energia (R\$/kWh) da área de concessão onde se instalará o equipamento de geração.

---

## Preço do watt-pico (Wp)<sup>2</sup>

De maneira análoga ao setor da construção civil que utiliza o Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB) como unidade de referência para construções, o setor fotovoltaico emprega o \$/Wp (Watt-pico) como preço de referência em suas instalações. Na composição do \$/Wp instalado estão incluídos todos os requisitos para funcionamento do sistema, como projeto, equipamentos, eventuais licenças e instalação, assim, o \$/Wp multiplicado pela potência instalada representa o custo de investimento (capex) a ser feito pelo consumidor.

<sup>1</sup> Em função da previsão de 10 anos para vida útil dos inversores, o reinvestimento desses equipamentos está previsto de ocorrer no fluxo de caixa no 11º ano de operação da usina.

<sup>2</sup> Wp é a unidade de potência de saída de uma célula, módulo ou gerador fotovoltaico considerando as condições padrão de teste.

Num estudo de 2012, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) mostrou que, em média, a cada vez que se dobra a produção acumulada dos módulos fotovoltaicos, seus preços sofrem uma diminuição de aproximadamente 20%. Nos últimos anos, houve um crescimento expressivo da capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos, uma evolução de quase 500% no período de 2009 a 2013, o que contribuiu significativamente para a diminuição dos preços de módulos fotovoltaicos.

A Figura 28 mostra a evolução do watt-pico produzido em comparação ao preço dos módulos. Segundo o REN21, a capacidade instalada acumulada global em 2014 atingiu em 177 GW, sendo 40 GW adicionados naquele ano, para uma produção de módulos na faixa de 50 a 70 GW, resultando num preço médio na faixa de US\$ 0,6/W.

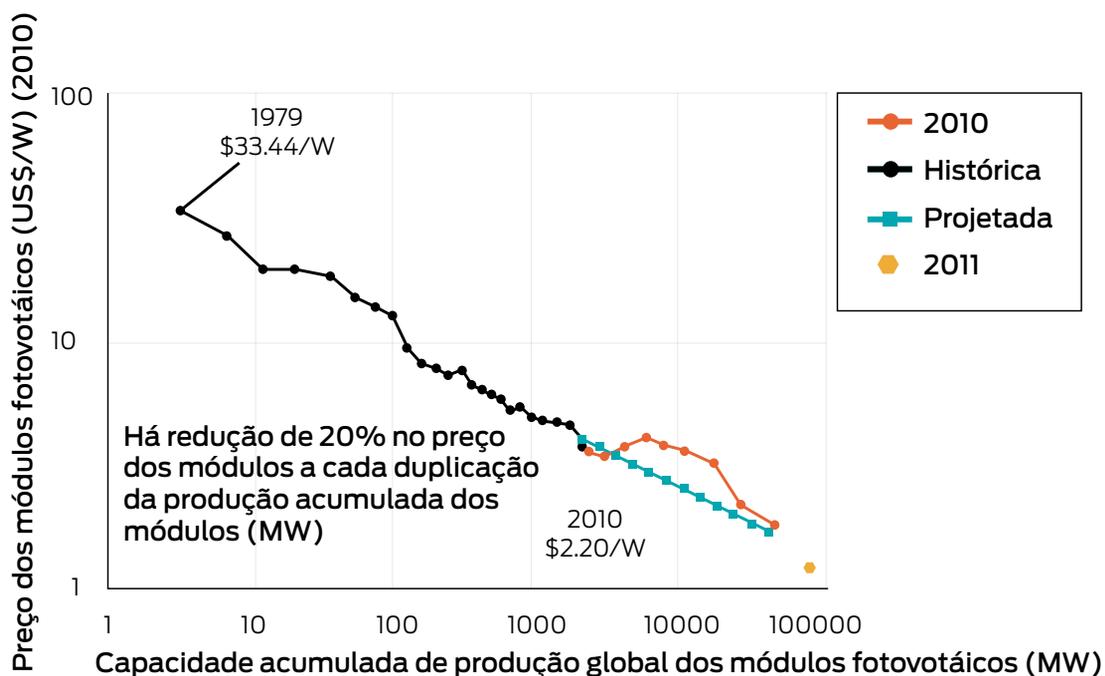


Figura 28: Curva de aprendizado tecnológico para módulos fotovoltaicos / Fonte: ABINEE 2012

## Tarifas de energia elétrica

A atratividade econômica da micro e minigeração está intrinsecamente relacionada às tarifas de energia elétrica convencional, já que o benefício, do ponto de vista financeiro, para o micro/minigerador é o custo evitado com a compra de energia elétrica convencional. Quanto maior o preço que o consumidor paga pela energia elétrica mais atrativo se torna gerar a própria energia. A Figura 29 mostra a evolução do preço da energia elétrica no Brasil.

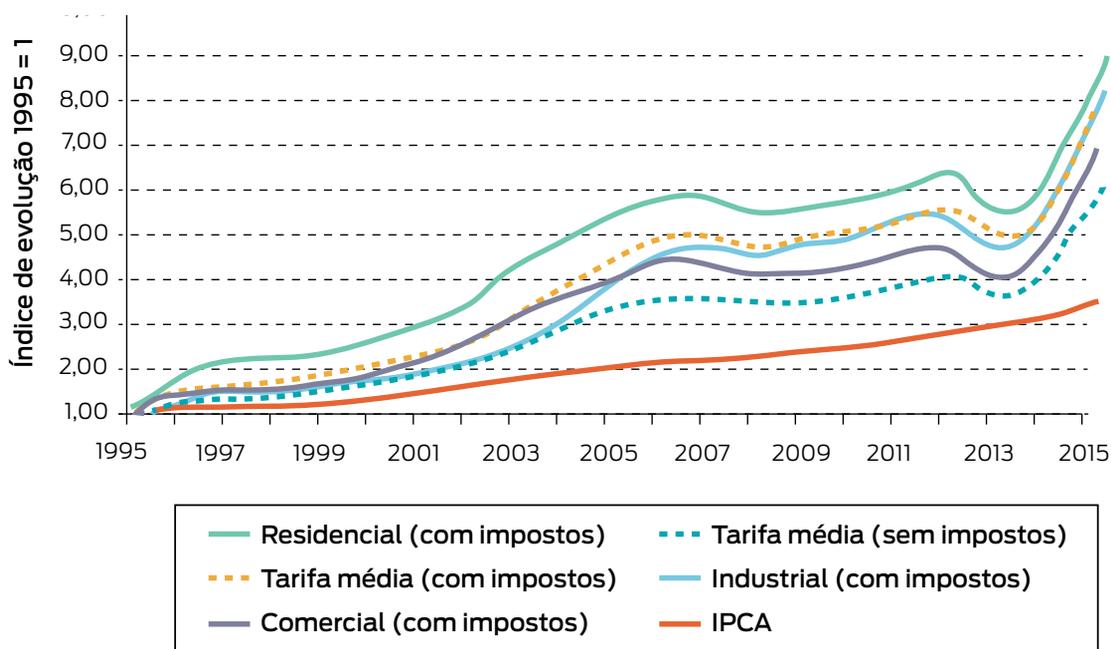


Figura 29- Evolução do preço das tarifas de energia elétrica no Brasil /  
Fonte: Nakabayashi<sup>3</sup>

## Comparação entre Preço do waat pico e tarifas

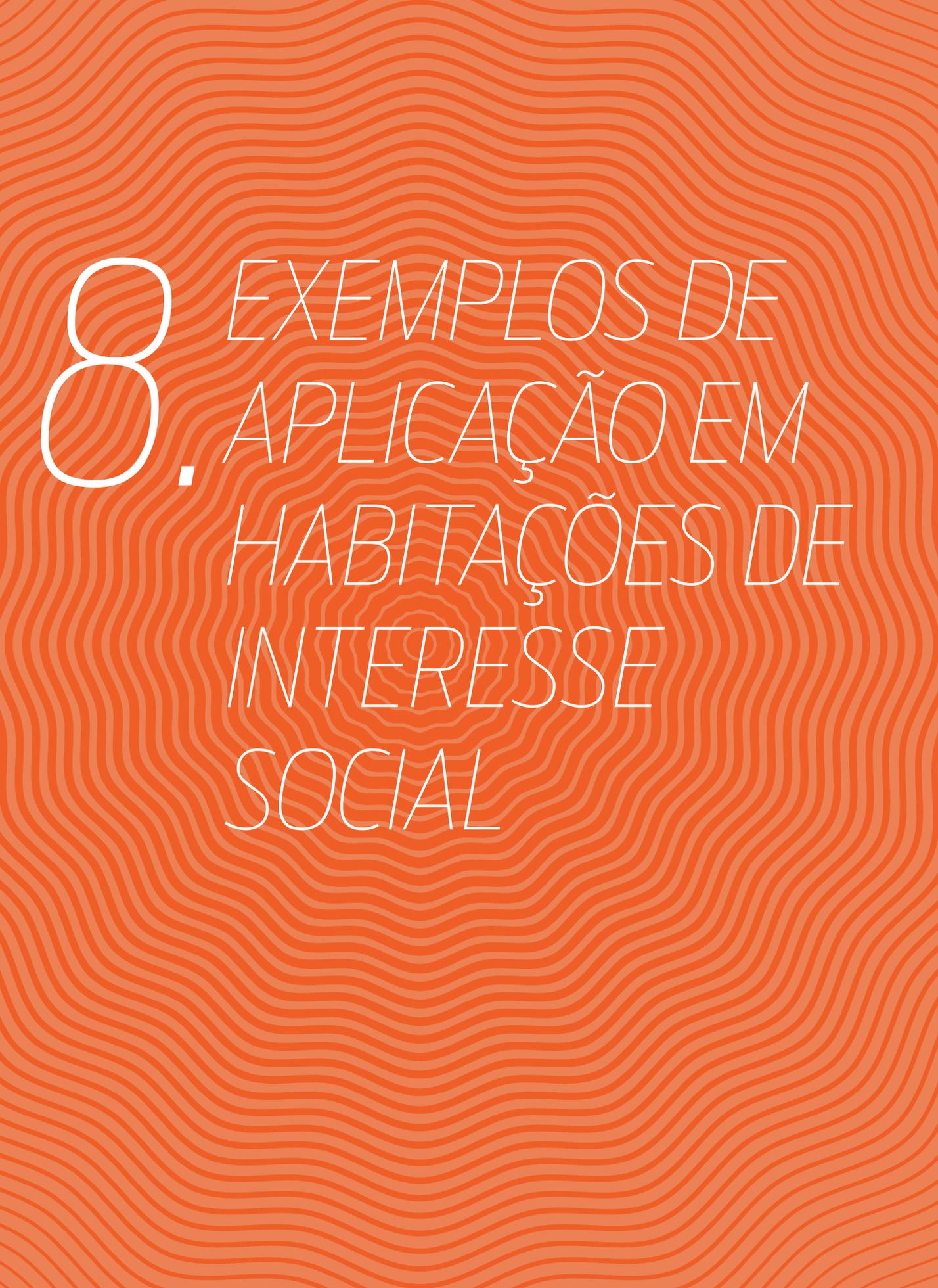
Comparando-se os valores das duas variáveis comentadas anteriormente - preço da energia pago à concessionária de distribuição nas capitais brasileiras e custo da energia fotovoltaica - conforme ilustrado na Tabela 2, observa-se que a microgeração fotovoltaica já possui custo mais atrativo do que aquele pago a concessionária de energia em várias capitais brasileiras. Os valores das tarifas consideram a isenção do imposto estadual (ICMS) sob a energia injetada na rede, prática que já é adotada pela maioria dos estados no País.

3 Nakabayashi, Renny (2014). Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras 2014. Dissertação (Mestrado em Energia) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-26012015-141237/>>.

Tabela 2. Comparação do custo pago a concessionário com custo da energia fotovoltaica

CIDADE	TARIFA COM IMPOSTOS (RS/MWh)	LCOE FOTOVOTAICO (RS/MWh)
Macapá	398,67	497,60
Boa Vista	398,85	443,97
Recife	584,27	559,66
Manaus	454,06	456,06
São Paulo	555,89	518,12
Fortaleza	629,81	532,39
Salvador	605,18	490,79
João Pessoa	624,34	510,74
Vitória	734,13	606,97
Rio Branco	679,00	557,18
Belém	807,20	649,32
Natal	538,06	440,08
Brasília	552,64	448,73
Porto Velho	654,94	509,71
Aracajú	611,35	455,23
Florianópolis	648,31	489,84
Curitiba	765,32	543,91
São Luiz	653,20	483,24
Maceió	673,29	480,47
Teresina	647,44	466,21
Rio de Janeiro	772,51	495,63
Palmas	698,96	451,14
Goiânia	766,21	480,47
Campo Grande	714,32	461,08
Porto Alegre	773,56	489,84
Cuiabá	726,76	456,06
Belo Horizonte	848,65	465,35
<b>MÉDIA</b>	<b>648,78</b>	<b>497,77</b>

Fonte: Nakabayashi



8. EXEMPLOS DE  
APLICAÇÃO EM  
HABITAÇÕES DE  
INTERESSE  
SOCIAL

A CBIC tem se inserido diretamente na questão das Habitações de Interesse Social, devido a uma gama de preocupações ligadas às questões energéticas, sociais e ambientais do País, destacando-se dentre elas:

- O alto déficit habitacional estimado em 6,1 milhões de habitações (Dados CBIC/FGV 2016): grande parte para famílias com rendas até 3 salários mínimos;
- As reduções de emissões de gases de efeito estufa do setor, seguindo compromissos que Brasil assumiu em Paris;
- A necessidade do aumento da eficiência energética no setor e a tendência das construções com consumo zero;
- A contribuição à produção de energia elétrica dentro do conceito de que cada construção pode representar uma usina de energia;
- O incentivo à indústria nacional com aceleração da produção no País de equipamentos para energia solar;
- A criação de empregos especializados num segmento intensivo em mão de obra.
- A realização de ações motivacionais junto às Universidades e Empresas que atuam no setor da Indústria da Construção, como o Solar Decathlon<sup>4</sup>, descrito no Box 1.

As três milhões de novas residências que são previstas, número tomado como base para os próximos anos, a serem contratadas no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida representarão um incremento anual no consumo de energia elétrica do País da ordem de 1,8 TWh, levando em conta um consumo médio mensal da cada residência na faixa de 156 kWh.

Por outro lado, uma parte não desprezível deste consumo será subsidiado através do mecanismo de Tarifa Social de Energia Elétrica, com recursos da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), que ao longo de 2015 tinha um volume estimado de R\$ 2,16 bilhões para cobrir a componente subsidiada de 8,12 milhões de famílias, o que representa, segundo dados da ANEEL, em torno de R\$ 266,00 por família. A subclasse residencial de baixa renda tem uma parcela de sua conta mensal subsidiada conforme a Tabela 3.

Na dimensão ambiental, o setor de construção tem trabalhado para aumentar a eficiência no uso da água, da energia e na redução dos resíduos e das emissões. Para o segmento energético as ações de eficiência passam, dentre outras, pela disseminação dos sistemas de aquecimento de água, em substituição ao chuveiro elétrico.

Desde 2010 está consolidada a utilização de sistemas de aquecimento solar nas habitações de interesse social financiadas no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV). A Portaria do Ministério das Cidades no.325, de 07 de julho de 2011, definiu que todos os projetos de empreendimentos compostos por unidades unifamiliares do MCMV deverão contemplar sistema de aquecimento solar, sendo que os novos valores máximos estabelecidos para essas habitações já devem incluir os custos do sistema de aquecimento solar.

**Tabela 3. Percentual de desconto na conta de energia da classe residencial, subclasse baixa renda**

<b>Parcela de Consumo Mensal (PCM)</b>	<b>Desconto</b>	<b>Número de consumidores (milhões)</b>	<b>%</b>
<b>PCM ≤ 30 kWh</b>	65%	1,13	6,7%
<b>30 kWh &lt; PCM ≤ 100 kWh</b>	40%	5,06	30,3%
<b>100 kWh &lt; PCM ≤ 220 kWh</b>	10%	7,01	41,9%
<b>220 kWh &lt; PCM</b>	0%	3,53	21,1%

Até julho de 2014, 214 mil unidades do Programa MCMV já contavam com sistemas de aquecimento solar instalados, num investimento estimado de R\$ 434 milhões, dos quais R\$ 101 milhões oriundos do Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL, representando 50.745 unidades). A meta era até o fim da 2ª. fase do Programa MCMV instalar 340 mil sistemas solares. O custo de instalação por sistema, nesta fase 2 deveria ser limitado a R\$ 2.000,00 para os domicílios incluído na faixa 1. Já para as demais faixas do Programa, estavam previstos até R\$ 680 milhões, para o financiamento individual dos sistemas

solares, com condições que incluíam a isenção de IOF, prazo de 240 meses e taxa de juros de 1,5% ao mês.

Numa possibilidade de reprodução desse modelo para, alternativamente ou complementarmente, produzir uma parte da energia elétrica nos tetos das residências do MCMV, a CBIC levou em consideração vários aspectos, dentre os quais se destacam:

- Instalações individuais para consumo próprio e compensação com a energia da concessionária;
- Regulamentação da figura do microgerador pela Resolução Normativa 482/2012, da Aneel);
- Microgerador responsável pela operação dos sistemas;
- Instalações coletivas com comercialização da energia explorada por terceiros
- Possibilidade de sistema de leasing ou aluguel dos telhados;
- Participação em leilões de geração distribuída por eventuais empreendedores locatários dos telhados do Programa MCMV;
- Casos pilotos acompanhados pela CBIC, em particular o de Juazeiro.

Duas experiências recentes ilustram a viabilidade da utilização de sistemas solares fotovoltaicos na geração de energia elétrica em residências de baixa renda do Programa MCMV. Os projetos foram instalados nos municípios de Juazeiro, na Bahia e e João Pessoa, na Paraíba.

O projeto de Juazeiro, uma iniciativa da Brasil Solair Energias Renováveis Comércio e Indústria S/A – Brasil Solair, desenvolvido em parceria com o Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal – FSA CAIXA, instalou um projeto-piloto composto de 9.144 módulos solares fotovoltaicos, de 230 Wp cada, sobre o telhado dos prédios de dois pavimentos que compõem os empreendimentos Morada do Rodeadouro e Praia do Salitre, ambos financiados pelo Programa MCMV. O projeto totalizou 2.103 kWp, nos dois empreendimentos, que são contíguos e com 500 unidades habitacionais cada, contemplando moradores com renda de até três salários mínimos, mediante a propriedade comunitária de ativos de geração de energia. Uma visão do projeto é apresentada na Figura 30.



Figura 30 - Sistema de geração FV instalado no condomínios Morada do Rodeadouro e Praia do Salitre / Fonte: Própria, 2014

Destacam-se nesse projeto seu pioneirismo, pela escala e os aspectos de organização social agregado, uma vez que os moradores dos condomínios poderão obter renda pela geração de energia, primeiro, para o condomínio habitacional, permitindo sua estruturação e sustentabilidade e, segundo, para cada um dos condôminos na forma de renda condominial. Pode ser um modelo a ser replicado em outras políticas pública, particularmente no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida.

Os sistemas de geração foram conectados ao sistema de distribuição da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba) por meio de ramais de ligação das unidades consumidoras participantes do Projeto-piloto, com derivação à montante dos medidores dessas unidades. Os painéis solares possuem instalações elétricas independentes e, para cada conjunto, foram instalados inversores CC/CA de 4 kW. Há um medidor próprio para cada inversor, que se comunica remotamente com o concentrador, que totaliza as medições. Os dados de medição são disponibilizados para a coleta pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, via Sistema de Coleta de Dados de Energia – SCDE.

A energia produzida está sendo comercializada no Ambiente de Contratação Livre – ACL e consumida pela Caixa Econômica Federal, em seu edifício sede, em Salvador, na condição de consumidor parcialmente livre. A geração média anual é da ordem de 3,9 GWh.

A segunda experiência foi implementada em João Pessoa, na Paraíba, e constituiu-se na construção de oito unidades

habitacionais, tipo casas térreas, para famílias remanejadas de áreas de risco e que recebiam o benefício do “aluguel social” O projeto permitiu à Companhia Estadual de Habitação Popular da Paraíba (CEHAP) experimentar o uso de painéis fotovoltaicos.

No total, foram instalados oito microgeradores (opção A do SCEE), cada um deles acoplados a três painéis fotovoltaicos de 200 Wp, totalizando uma capacidade instalada de 600 Wp por sistema. A interface de conexão com a rede é realizada por meio de inversor com potência de saída de 600 W. Todas as residências receberam sistemas de configuração idêntica. A produção mensal média de energia elétrica varia de 60 a 70 kWh.

Os sistemas fotovoltaicos foram adquiridos com recursos próprios do governo do estado sendo fornecidos e instalados mediante a contratação de terceiros. O custo de cada sistema fotovoltaico foi de R\$ 6.000,00 e a operação e manutenção dos sistemas é de responsabilidade do morador, sendo previsto o acompanhamento da Cehap durante o período de um ano. Nos oito meses de operação do projeto houve apenas uma intervenção por conta de um inversor que apresentou defeito sendo substituído pela empresa instaladora em função da garantia do equipamento. Uma aplicação em maior escala está sendo implementada no município de Souza, também na Paraíba, com a contratação de 140 casas no âmbito do MCMV (faixa II).

Levando em conta todos os aspectos acima mencionados e os modelos testados, a CBIC passou a trabalhar em duas grandes frentes de apoio à disseminação da energia solar fotovoltaica. A primeira diz respeito a um esforço de capacitação nacional e conscientização da importância do uso eficiente de energia no ambiente construído, através da reprodução no País de uma competição internacional para montagem de casas eficientes e produtoras de energia de fonte solar – SolarDecatlon, que é apresentado e sumariado no Box 1.

## Box 1: Solar Decathlon

- O que é: Competição internacional
- Quem participa: Estudantes de universidades ao redor do mundo
- Objetivo: Projetar, construir e operar habitações sustentáveis com foco em uso de energia solar, energeticamente eficientes e arquitetonicamente atrativas, além da relação ao custo-benefício positiva
- Áreas de especialização: Engenharia, Arquitetura, Design Urbano Sustentável, Energias Sustentáveis e Áreas relacionadas
- Criado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (USDoE);
- Inovação direcionada à mitigação dos efeitos da Mudança do Clima através do uso de energias renováveis e a preservação dos recursos naturais;
- Estratégia educacional, de conscientização e de cultura cívica da importância das fontes de energia renováveis e eficiência energética;
- Maior Olimpíada Global de Habitação Sustentável: 10 provas;
- Itens da competição: Arquitetura, Engenharia, Eficiência energética, Sustentabilidade, Marketing, comunicação e consciência social, Desenho urbano e viabilidade, Inovação, Consumo energético, Conforto, Funcionamento, Balanço Energético (produção vs consumo de energia);

Outra frente da CBIC é a construção de uma proposta de inserção da utilização de sistemas solares fotovoltaicos em habitações de interesse social, em particular no âmbito do Programa MCMV. As principais características da proposta em elaboração são:

- Inserção de microgeração solar nos moldes do praticado para projeto piloto em Juazeiro;
- Investimento realizado pelo comercializador responsável pela instalação, manutenção e comercialização;
- Energia comercializada no ACL ou em leilões de energia;

- O proprietário da unidade habitacional recebe o equivalente ao aluguel do telhado correspondente a um consumo mensal de 70 kWh (tarifa social).

Dentre os incentivos elegíveis para realização da proposta foram considerados:

- Possibilidade da existência de leilões com valor de referência diferenciado para a geração distribuída;
- Flexibilização do valor de referência para fonte solar para contratação de energia proveniente de Geração Distribuída pelas distribuidoras;
- Poder de compra do Estado: energia limpa;
- Acesso ao Fundo Clima para financiamento da participação do setor privado;
- Fontes de recursos realocados para subsídio
  - ✓ CDE: Redução da conta do baixa renda em R\$ 266/cons.ano;
  - ✓ PEE ANEEL a exemplo do aquecimento solar;
- Financiamento
  - ✓ BID, Fundo CLIMA, IFC, Crédito de Carbono (após Paris), outros.

Algumas questões ainda em discussão no modelo de utilização da geração distribuída no teto das HIS estão ligadas à securitização de receita futura, a uma solução para questão da propriedade legal dos telhados, e a valoração de externalidades positivas como a redução de emissões de gases de efeito estufa, o desenvolvimento da indústria nacional da energia solar e a redução de perdas em distribuição e transmissão.



# 9. POLÍTICAS DE FOMENTO E FINANCIAMENTO

Como forma de acelerar a disseminação da energia solar fotovoltaica, diversas políticas de fomento têm sido adotadas pelo mundo, sendo as mais comuns o estabelecimento de tarifas diferenciadas – prêmio – para a energia produzida pelo consumidor, o estabelecimento de percentuais obrigatórios de energia renovável – quotas – e a compensação de energia elétrica – net-metering – como adotada no Brasil.

Outras políticas incluem o estabelecimento de empréstimos em condições favoráveis para tecnologias renováveis, códigos energéticos para as construções, isenções fiscais, como a recente retirada da incidência do PIS-COFINS e ICMS sobre a energia injetada na rede pelos micro e minigeradores, mas de uma forma geral o que se ressalta e a importância dos pacotes de políticas, em vez de instrumentos individuais, como ainda é o caso da compensação de energia elétrica no Brasil que ainda carece de incentivos adicionais.

Existem algumas linhas de financiamento já definidas, outras em estudo para atender ao mercado da micro e minigeração distribuída usando o sistemas de compensação.

---

## **BNDES**

Para equacionar a questão do financiamento, frente ao custo do investimento considerado elevado pelas distintas classes de consumidor, o MME está trabalhando junto ao BNDES para a definição de modelos de negócios financiáveis via empresas, (prestadoras de serviços de integração, por exemplo) haja vista que o banco não pode financiar diretamente pessoas físicas.

## Banco do Brasil e Caixa Econômica Federal

Segundo divulgado no seu site, o Banco do Brasil começou a oferecer consórcio para a aquisição de bens e serviços sustentáveis, financiando famílias, empresas e propriedades rurais na aquisição e instalação de equipamentos de eficiência energética, capacitação e reuso de água.

Com relação à área de eficiência energética o banco comercializa a compra de equipamentos como placas fotovoltaicas, luminária solar, sistema de bomba solar e para energia solar térmica. As cartas de crédito sustentáveis variam de R\$1,5 a R\$7 mil, com planos de até 36 meses e taxas de administração a partir de 0,55% ao mês. Também são oferecidas cartas de crédito para o pagamento de serviços para a instalação e funcionamento dos equipamentos, cujo valor varia de R\$1,5 a R\$ 15 mil, com planos de até 30 meses e taxas de administração a partir de 0,56% ao mês.

Para os que aderirem aos consórcios a contemplação é por sorteio, com base nos resultados da Loteria Federal ou por meio de lance. Não são cobradas taxa de adesão, nem há incidência de juros ou Imposto sobre Operações de Crédito, Câmbio e Seguros (IOF). As cartas de crédito são extensivas aos não correntistas e podem ser adquiridas nas agências da instituição, no site do banco na internet, na Central de Atendimento ou pelos terminais de autoatendimento.

No segundo semestre de 2014 aerogeradores e equipamentos de energia fotovoltaica foram incluídos como itens financiáveis através do Construcard, da Caixa Econômica Federal. Com o cartão, é oferecida à pessoa física a possibilidade de adquirir os equipamentos de microgeração e quitar o financiamento em até 240 meses, a uma taxa de juros mensal que varia de 1,4% + TR a 2,33% + TR. Ressalta-se que esta linha de crédito não tem nenhum tipo de incentivo ou subsídio do Governo Federal.

---

## Banco do Nordeste

Através do Programa de Financiamento à Conservação e Controle do Meio Ambiente -FNE VERDE o Banco disponibiliza linhas de crédito para promover o desenvolvimento de empreendimentos e atividades econômicas que propiciem a preservação, a conservação, o controle e/ou a recuperação do meio ambiente. Financia, também, a micro e a minigeração de energia elétrica a partir de fontes renováveis.

---

## Bancos Privados

Desde 2013 o Banco Santander, através de uma linha denominada Santander Financiamentos, vem oferecendo ao consumidor uma linha de crédito para quem pretende instalar os sistemas de conversão de energia solar em elétrica.

Para viabilizar o financiamento de sistemas de placas fotovoltaicas, o Santander Financiamentos identificou fornecedores desse tipo de equipamento e formalizou parcerias para que o crédito fosse liberado diretamente nas lojas. Clientes e não clientes do Santander podem solicitar o recurso e a aprovação é feita no momento da venda, e sem grande burocracia.

Os fornecedores e instaladores dos painéis credenciados no Santander Financiamentos possuem sede em diversos estados brasileiros e atendem em todo o território nacional. O site da AB-Solar disponibiliza a relação de fornecedores.



*10. CONSIDERAÇÕES  
FINAIS*

A geração de energia elétrica com a exploração de fontes renováveis é atualmente uma tendência crescente em distintos países, nos quais se verifica também a concessão de incentivos para a geração distribuída de pequeno porte. Outra tendência importante é a preocupação crescente com o uso eficiente de energia,

Como as edificações são um espaço onde grande parte da energia produzida é consumida, a efficientização do seu uso, se constitui não apenas num desafio, mas uma oportunidade para o setor da construção.

Dentre as fontes de energia renováveis a energia solar fotovoltaica apresenta múltiplas vantagens, pois além de não produzir emissões durante a geração de energia elétrica, pode ser feita de forma bastante descentralizada, junto aos locais de consumo/carga, o que minimiza investimentos em linhas de transmissão e distribuição, além de aumentar a segurança energética.

A nível nacional, segundo dados do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), em 2010 o parque edificado (segmentos residencial, comercial e público) consumiu 15% do total de energia utilizada pelo País e 47,6% da eletricidade. Para reduzir as emissões de gases de efeito estufa no País, o Brasil se comprometeu, no âmbito do Acordo de Paris, a expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, aumentando a participação de energias renováveis como eólica, biomassa e solar, além da energia hídrica.

A tecnologia predominante de aproveitamento da energia solar para produção de eletricidade é a fotovoltaica. Esses sistemas podem ser configurados de três formas: isolados, quando se apresentam como a única fonte de energia para carga, podendo apresentar ou não elementos armazenadores de energia; híbridos, quando são associados a outras fontes de geração de energia; e interligados à rede elétrica. Sob esta última forma o sistema disponibiliza para a rede a energia gerada não necessitando de elementos armazenadores.

Todos os sistemas fotovoltaicos interligados à rede apresentam uma topologia básica, tanto para os sistemas de grande porte, quanto para os de médio e pequeno porte. Essa arquitetura básica compreende, o sistema conversor de energia solar em elétrica composto de módulos fotovoltaicos; o sistema condicionador de energia, que envolve princi-

palmente conversores estáticos (inversores de frequência); e os sistemas de proteção elétrica e de medição de energia.

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é responsável por atender quase toda a demanda de energia elétrica do Brasil, sendo sua característica tradicional a produção de energia a partir de centrais geradoras de grande porte, sobretudo hidrelétricas, conectadas ao sistema de transmissão, e daí ao sistema de distribuição. Contrapondo-se à geração centralizada, a geração distribuída é de pequeno porte e conectada próxima às unidades de consumo.

A ANEEL regulamentou a micro e minigeração distribuída em 2012 permitindo ao consumidor tornar-se também um produtor de energia. É classificado como microgerador aquele com potência instalada menor ou igual a 75 kW e como minigerador aquele com potência instalada menor ou igual a 5 MW, e maior que 75 kW. A geração se dá na modalidade conectada à rede, ou seja, opera em conjunto com o fornecimento de energia da distribuidora. Ao funcionar em conjunto com a rede da concessionária, a mini ou micro geração fotovoltaica a todo momento é complementada pela rede elétrica ou em algum momento pode injetar o excedente de energia para a mesma.

Podem participar do sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora em qualquer classe de consumo: residenciais, comerciais, industriais, serviço público, etc.; integrantes de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras (condomínios); os caracterizados como geração compartilhada; e, caracterizados como autoconsumo remoto.

Em um condomínio residencial, seja ele horizontal ou vertical, é possível instalar painéis fotovoltaicos em uma área comum, como o telhado da edificação da área de conveniência, e repartir a energia gerada entre os condôminos participantes do sistema de compensação através dos créditos obtidos.

A geração compartilhada caracteriza-se pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio da criação de uma pessoa jurídica (consórcio ou cooperativa), composto por pessoa física ou jurídica que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada.

Já o auto consumo remoto é caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

O primeiro item a ser considerado quando se pretende instalar geração fotovoltaica em sistema de compensação é definir a capacidade que pode ser instalada em função dos limites estabelecido pela ANEEL de acordo com a carga da UC, uma vez que não se pode instalar mais do que se consome, pois a energia não pode ser vendida ou cedida para terceiros, e, subsequentemente, calcular a capacidade de geração em função dos índices de radiação da região onde será implantado o sistema de geração FV.

Os painéis fotovoltaicos podem ser instalados na cobertura ou fachadas das edificações, em coberturas de estacionamento ou diretamente no solo. Em qualquer situação deve se observar a orientação da disposição da parte ativa (frontal) dos módulos, que na instalação devem estar voltadas o mais próximo possível para o norte verdadeiro. Em geral deve-se evitar o sobreamento dos módulos para não comprometer sua eficiência.

Ainda que não seja possível, em função da área, instalar sistemas que atendam a toda a carga da UC, podem ser instalados painéis que produzam apenas uma parcela da energia a ser consumida. Essa é uma situação comum aos condomínios verticais que poderão atender a uma parte muito limitada do consumo, ainda mais se for considerada a possibilidade de se fazer uso do sistema de aquecimento de solar para água.

Em condomínios residenciais há duas possibilidades: prever a instalação de painéis fotovoltaicos em cada casa individualmente, caracterizando o proprietário como um microgerador ou destinar uma área comum para uma instalação fotovoltaica comunitária.

Geralmente a área disponível na cobertura de um condomínio vertical não é suficiente para instalação de sistema fotovoltaico comunitário que permita atendimento à demanda energética de todos os condôminos. Se houver área comum externa disponível para emprego de painéis fotovoltaicos devem ser observadas as premissas já mencionadas

A microgeração fotovoltaica já se mostra uma alternativa vantajosa para o consumidor de energia elétrica na classe residencial no Brasil, a depender da área onde esteja localizado.

O custo de um projeto pode ser avaliado, em função de seu tamanho e características por distintos métodos de avaliação, definido de acordo com os interesses e objetivos do investidor, seja ele público ou privado. Em geral, adota-se a metodologia do fluxo de caixa descontado, utilizando as ferramentas do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR), do Payback Descontado (PD) e do custo nivelado da geração (GNG), ou LCOE na sigla em inglês, para definirem a viabilidade do projeto e/ou as condições que devem ser atendidas para que o projeto seja viabilizado. O que é comum é a especificidade associada às variáveis relevantes, a exemplo da localização, custo do investimento, preço de fornecimento local, taxa de desconto, sobre as medidas da viabilidade dos projetos.

A atratividade do investimento será constatada se o valor do custo nivelado de geração, expresso em R\$/MWh, é menor ou igual ao valor da tarifa praticada para a unidade consumidora, o VPL é positivo, a TIR é igual ou superior ao custo de oportunidade de capital ou taxa de desconto adotada.

Duas variáveis são fundamentais na análise de viabilidade: o preço do watt-pico instalado (R\$/kWp) e as tarifas de energia (R\$/kWh) da área de concessão onde se instalará o equipamento de geração. Wp é a unidade de potência de saída de uma célula, módulo ou gerador fotovoltaico considerando as condições padrão de teste.

De maneira análoga ao setor da construção civil que utiliza o Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB) como unidade de referência para construções, o setor fotovoltaico emprega o \$/Wp (Watt-pico) como preço de referência em suas instalações. Na composição do \$/Wp instalado estão incluídos todos os requisitos para funcionamento do sistema, como projeto, equipamentos, eventuais licenças e instalação, assim, o \$/Wp multiplicado pela potência instalada representa o custo de investimento (capex) a ser feito pelo consumidor.

A atratividade econômica da micro e minigeração está intrinsecamente relacionada às tarifas de energia elétrica convencional, já que o benefício, do ponto de vista financeiro, para o micro/minigerador é o custo evitado com a compra de energia elétrica convencional. Quanto maior o preço que o consumidor paga pela energia elétrica mais atrativo se torna gerar a própria energia.

Atualmente no Brasil a microgeração fotovoltaica já possui custo mais atrativo do que aquele pago a concessionária de energia em várias ca-

pitais brasileiras. Os valores das tarifas consideram a isenção do imposto estadual (ICMS) sob a energia injetada na rede, prática que já é adotada pela maioria dos estados no País.

Como forma de acelerar a disseminação da energia solar fotovoltaica, diversas políticas de fomento têm sido adotadas pelo mundo, sendo as mais comuns o estabelecimento de tarifas diferenciadas (prêmio) para a energia produzida pelo consumidor, o estabelecimento de percentuais obrigatórios de energia renovável (quotas) e a compensação de energia elétrica – net-metering – como adotada no Brasil.

Outras políticas incluem o estabelecimento de empréstimos em condições favoráveis para tecnologias renováveis, códigos energéticos para as construções, isenções fiscais, como a recente retirada da incidência do PIS-COFINS e ICMS sobre a energia injetada na rede pelos micro e minigeradores. Existem algumas linhas de financiamento já definidas, outras em estudo para atender ao mercado da micro e minigeração distribuída usando o sistemas de compensação.





Correalização:



Realização:



Correalização:



Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria

Realização:

