

**FACULDADE DOCTUM DE JUIZ DE FORA**

**BIANCA GUIZALBERTE MOREIRA DO NASCIMENTO**

**VIABILIDADE DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**JUIZ DE FORA**

**2018**

**BIANCA GUIZALBERTE MOREIRA DO NASCIMENTO**

**VIABILIDADE DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Luis Gustavo Schröder e Braga

**JUIZ DE FORA**

**2018**

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF**

NASCIMENTO, Bianca Guizalberte Moreira do.  
Viabilidade de Sistema Fotovoltaico em Construção Civil.  
56 folhas.

Monografia (Curso de Engenharia Civil) – Faculdade  
Doctum de Juiz de Fora.

1. Construção Civil. 2. Energia Fotovoltaica. 3. Energia  
Solar.

I. Viabilidade de Sistema Fotovoltaico em Construção  
Civil. II Faculdade Doctum de Juiz de Fora.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

O trabalho de conclusão de curso intitulado ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS elaborado pela aluna BIANCA GUIZALBERTE MOREIRA DO NASCIMENTO foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Civil da Faculdade Doctum de Juiz de Fora como requisito parcial na obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Juiz de Fora, \_\_\_\_\_, de dezembro, de 2018.

Banca Examinadora

---

Prof. Me. Luis Gustavo Schröder e Braga  
Orientador e Docente da Faculdade Doctum – Unidade Juiz de Fora

---

Profa. Me Daniele Pires Magalhães  
Docente da Faculdade Doctum – Unidade Juiz de Fora

---

Prof. Me. Isabela Canônico Lopes  
Docente da Faculdade Doctum – Unidade Juiz de Fora

Dedico a todos que me incentivaram a chegar até aqui. Primeiramente a Deus por sempre me abençoar e por permitir mais essa conquista em minha vida, aos meus pais e meu irmão, que em nenhum momento mediram esforços para que esse dia chegasse, aos meus tios(a), padrinhos e amigos por me apoiarem sempre, a minha vovozinha que não está mais entre nós, mas que continuou me dando forças lá do céu, dedico também a todos que de alguma forma contribuíram para a minha vitória, e hoje a comemoram como se fosse sua.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus em primeiro lugar, porque sem ele nada seria possível, por sempre me abençoar e por permitir mais essa conquista. Agradeço a meus pais sempre, por sempre acreditarem em mim.

Agradeço ao meu Orientador, Gustavo Schröder pela orientação, pela ajuda e dedicação.

Agradeço aos professores da DOCTUM pela oportunidade de agregar ensinamentos, por sua paciência e dedicação a tirar minhas dúvidas, assim ajudando em meu crescimento profissional.

Agradeço também a todos que de alguma forma me ajudaram e me apoiaram nessa jornada.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Interação entre os aspectos social, econômico e ecológico.....	18
Figura 2-	Hidrelétrica de Itaipu.....	22
Figura 3-	Fonte de biomassa.....	28
Figura 4-	Aerogeradores num dia de vento.....	29
Figura 5-	Energia fotovoltaica.....	32
Figura 6-	Casa Inteligente.....	35
Figura 7-	Esquema de instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência.....	36
Figura 8-	Sistema Interligado Nacional do Brasil, ONS.....	39
Figura 9-	Mapa do Brasil conforme condições climáticas.....	41
Figura 10-	Casa Eficiente.....	48
Figura 11-	Sistema fotovoltaico em comunidades isoladas e carentes.....	51
Figura 12-	Sistemas de etiquetagem de edificações projetadas...	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Inclinação ideal dos painéis em algumas Cidades.....	50
-----------	--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-	Consumo de energia elétrica per capita em 2016.....	20
Gráfico 2-	Crescimento da oferta e da demanda 1981-2002.....	25
Gráfico 3-	Crise da energia a partir de 2008.....	26

## RESUMO

Devido ao crescimento populacional nas grandes cidades, houve um aumento também no consumo de energia. Por este motivo, existe a necessidade de maiores investimentos na malha energética composta por usinas hidroelétricas, onde surgiram novas opções ou métodos de geração de energia alternativos. A energia elétrica entrou em crise, e para mantê-la, o Brasil precisou e precisa continuamente rever alguns conceitos sobre o consumo da mesma. O país começou a investir em novos conceitos de energia, como Biomassa, Eólica e Fotovoltaica. A energia fotovoltaica possui vantagens e desvantagens. A energia solar pode ser utilizada como fonte geradora de outras energias e em diversos setores como na construção civil. O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo sobre o sistema fotovoltaico apresentando aplicações do referido sistema na construção civil. A justificativa deste trabalho está em demonstrar a importância da energia solar para minimizar o gasto com energia elétrica nas residências, contribuindo com uma construção equilibrada com o meio ambiente. A sociedade tem buscado novas alternativas para a geração de energia elétrica, entre elas a energia solar, que, além de reduzir os custos das residências, não provoca transformações no meio ambiente. As fontes de energia mais conhecidas para a geração de energia elétrica são: Energia Hidrelétrica; Biomassa; Energia Eólica e Energia Solar, contudo todas estas fontes derivam da energia solar.

**Palavras-chave:** Construção Civil. Energia Fotovoltaica. Energia Solar.

## **Abstract**

Due to the population growth in the big cities there was also an increase in energy consumption, which is why the need for greater investments in the energy grid composed of hydroelectric power plants, where new options or alternative energy generation methods have emerged. The electric energy entered into crisis, and to maintain it, Brazil needed and must continually review some concepts about its consumption. The country began to invest in new concepts of energy, such as biomass, wind and photovoltaic. Photovoltaic energy has disadvantage advantages. Solar energy can be used as a source of other energy sources and in several sectors such as construction. The objective of this work is to present a study on the photovoltaic system presenting applications of the referred system in civil construction. The justification of this work is to demonstrate the importance of solar energy to minimize the expense with electric energy in the homes, contributing with a balanced construction with the environment. The company has sought new alternatives for electric power generation, among them solar energy, which in addition to reducing the costs of residences does not cause changes in the environment. The most well-known sources of energy for the generation of electric energy are: Hydroelectric Power; Biomass; Wind Energy and Solar Energy, however all these sources are derived from solar energy.

**Keywords:** Solar Energy. Photovoltaics. Construction.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Objetivos</b> .....	14
1.1.1 Objetivo Geral .....	15
1.1.1 Objetivos específicos.....	15
<b>1.2 Justificativa</b> .....	16
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	17
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
<b>3.1. Energia hidráulica</b> .....	19
3.1.1. Crise energética .....	23
<b>3.2. Biomassa</b> .....	27
<b>3.3. Eólica</b> .....	28
<b>3.4. Energia fotovoltaica</b> .....	30
<b>3.5. Vantagens e desvantagens da energia fotovoltaica</b> .....	37
3.5.1. Vantagens .....	37
3.6.2. Desvantagem .....	41
<b>4. A ENERGIA FOTOVOLTAICA RELACIONADA À CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	44
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	53
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	55



## 1. INTRODUÇÃO

A humanidade, para que pudesse se desenvolver, buscou ao longo do tempo recursos que lhe concedessem conforto e longevidade. Para tanto, foram necessários investimentos em estudos e avanços em diversas áreas como a medicina, agricultura, tecnologia, entre outros. Um dos recursos mais utilizados para conseguir tais avanços são os recursos energéticos (NASCIMENTO, 2018).

Um dos itens que não faltam nas residências, indústrias, escritórios, entre outros é a energia elétrica. Por isso, é considerada como fator essencial para a sociedade como um todo, pois faz funcionar setores importantes para a comunidade como, hospitais, indústrias, escolas, o sistema de comunicação, *etc.*. Contudo, nem sempre a humanidade dispôs desse bem, e ainda existe uma parcela da população que não tem acesso à energia (SIMABUKULO *et al*, 2018).

Desde o século XIX, a energia passou a fazer parte do cotidiano das pessoas, contudo, para que essa chegue até o consumidor, são necessários diversos fatores, relacionados à transformação da energia disponível na natureza para a energia necessária. Surgem então diversos conceitos de energia, com várias fontes e formas como a cinética, gravitacional, elétrica, elástica, térmica, radiante, química e nuclear. (SIMABUKULO *et al*, 2018)

Três fatores são fundamentais para a vida humana: a energia, o ar e a água. Mas nem sempre a sociedade disponibilizou da energia como atualmente. Nas sociedades primitivas, a energia era obtida da lenha das florestas para aquecimento e atividades domésticas, como cozinhar. Devido ao crescimento em seu consumo, foram necessárias algumas mudanças, e outras fontes se tornaram necessárias. Na Idade Média, as energias de cursos d'água e dos ventos foram utilizadas no intuito de suprir as necessidades da população crescente. Com a Revolução Industrial, houve a necessidade do uso de carvão em abundância, além do petróleo e gás, que têm um custo elevado para a produção e transporte até os centros consumidores (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Os recursos energéticos são na verdade as reservas ou fluxos de energia que estão disponíveis na natureza, podendo ser utilizados para atender às necessidades humanas. São classificados essencialmente como recursos fósseis ou como recursos renováveis. Os recursos fósseis são os estoques de materiais que

armazenam energia química a partir da radiação solar em épocas geológicas - como é o caso do petróleo, carvão mineral, turfa, gás natural, xisto betuminoso -, bem como podem acumular energia atômica na forma de material fóssil. A energia fóssil é finita e diminui conforme consumida. Os recursos energéticos renováveis são dados por fluxos naturais, como ocorre na energia solar (VIANA, 2012).

Com o aumento da população nas cidades e o consumo maior de energia, houve a necessidade de investimento na malha energética composta por usinas hidroelétricas. Surgiram no Brasil diversos métodos de geração de energia alternativos. A energia elétrica entrou em crise, e para mantê-la, o Brasil precisou rever alguns conceitos sobre o consumo da mesma. O país começou a investir em novos conceitos de energia, como Biomassa, Eólica e Fotovoltaica.

A energia fotovoltaica possui vantagens e desvantagens. Como vantagens, tem-se que ela é inesgotável e econômica, não agride o meio ambiente e pode ser instalada em qualquer região. As desvantagens estão relacionadas ao seu custo alto de instalação, ao rendimento real de conversão de módulo reduzido, e seu rendimento atrelado ao índice de radiação.

A energia solar pode ser utilizada como fonte geradora de outras energias e em diversos setores como na construção civil.

As mudanças ocorridas no Brasil e no mundo em relação à fonte geradora de energia têm sido alvo de pesquisas por diversos estudiosos, seja da área econômica, financeira, engenharia, entre outros. Com o excesso de utilização da energia elétrica, têm-se as opções de novos recursos para a geração de energia, como no caso da energia solar.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é apresentar um estudo sobre o sistema fotovoltaico.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

O objetivo específico desse estudo é apresentar aplicações do sistema fotovoltaico na construção civil, além das vantagens, desvantagens e aplicações.

### 1.2 Justificativa

A justificativa deste trabalho está em demonstrar a importância da energia solar para minimizar o gasto com energia elétrica nas residências, contribuindo com uma construção equilibrada com o meio ambiente. A sociedade tem buscado novas alternativas para geração de energia elétrica, entre elas a energia solar, que, além de reduzir os custos das residências, não provoca transformações no meio ambiente. As fontes de energia mais conhecidas para a geração de energia elétrica são: Energia Hidrelétrica, Biomassa, Energia Eólica e Energia Solar. Contudo, todas essas fontes derivam da energia solar.

## **2 METODOLOGIA**

Para a elaboração deste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com autores que já discutiram e analisaram sobre a energia fotovoltaica. Buscou-se informação em livros, artigos, teses, leis e sítios especializados no assunto, voltados para a construção civil.

Para tanto, foram analisados fatos históricos e progressivos da energia elétrica e verificou-se a geração de eletricidade através da energia fotovoltaica.

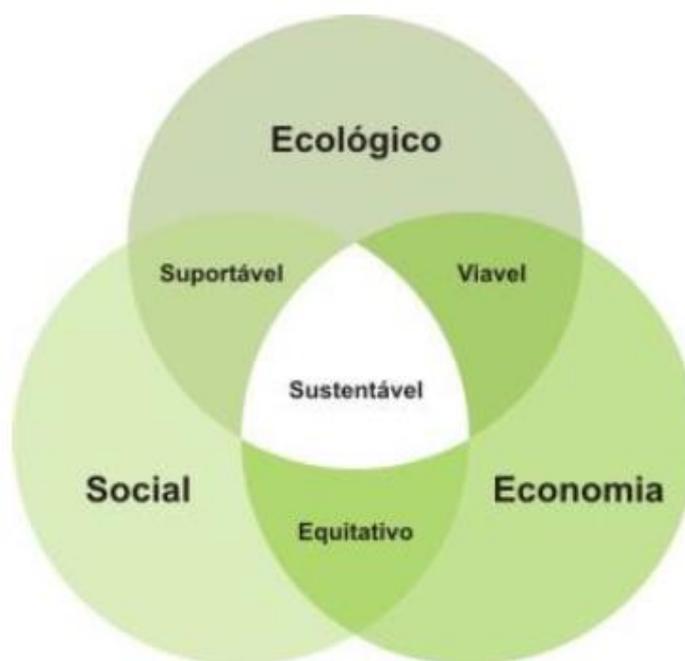
Além disso, são apresentados três estudos de casos onde foram implementados sistemas fotovoltaicos em empreendimentos da construção civil: uma casa eficiente que está aberta a visitação do público, uma indústria de sistema de etiquetagem de edificações projetadas, e em uma comunidade carente e isolada onde não há energia elétrica convencional.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Vichi e Mansor (2009, p. 754) informam que “o panorama mundial está mudando rapidamente, por motivos ligados a três das grandes preocupações da humanidade nesse início de século: meio ambiente, energia e economia global”. Mesmo que pareçam distintas, estão interligadas entre si. O meio ambiente e a energia já são de conhecimento da população devido ao efeito estufa e ao aquecimento global associados ao uso de combustíveis fósseis. Contudo, a economia também fará parte desse processo, pois a crise no sistema financeiro internacional afetará o setor energético, que atingirá o meio ambiente. A seguir, será demonstrada a oferta de energia no Brasil.

Nas últimas cinco décadas, tem crescido a preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade em diversos setores, bem como na construção civil. É preciso entender que a sustentabilidade não está voltada somente à preservação dos recursos naturais, mas também ela depende das ações do dia a dia, do consumo e da produção. O desenvolvimento sustentável busca atender às necessidades do homem sem esgotar os recursos naturais, associando a esse os aspectos sociais, econômicos e ecológicos (SIQUEIRA, 2013). (FIGURA 1).

Figura 1: Interação entre os aspectos social, econômico e ecológico



Fonte: Siqueira (2013, p. 12)

### 3.1. Energia hidráulica

A energia elétrica é um dos principais fatores para o andamento da sociedade como todo, estando nas residências e nas empresas em geral. Devido ao seu consumo exacerbado, a energia tem se tornado um dos itens mais preciosos e caros para a sociedade. “Entre as fontes de energia mais utilizadas podemos destacar: hidroelétricas e o petróleo como fontes esgotáveis e energia eólica e solar como fontes renováveis” (GASTALDI, SOUZA e MESQUITA, 2006, p. 03).

A média de consumo de energia hidráulica anual na Terra é de aproximadamente 200 mil TWh por ano, o que equivale ao dobro do consumo da energia primária praticada no mundo. Tal afirmativa não pode ser considerada como sendo realista, pois, na prática, é impossível o aproveitamento de todo esse volume de água (BRASIL, 2002).

Estima-se, assim, que apenas um quarto do referido volume de água precipitada esteja efetivamente disponível para aproveitamento hidráulico. Desse modo, a energia hidráulica disponível na Terra é de aproximadamente 50.000 TWh por ano; o que corresponde, ainda assim, a cerca de quatro vezes a quantidade de energia elétrica gerada no mundo atualmente. Essa quantia supostamente disponível de energia hidráulica, também denominada recurso total, é ainda irrealística do ponto de vista técnico (BRASIL, 2002)

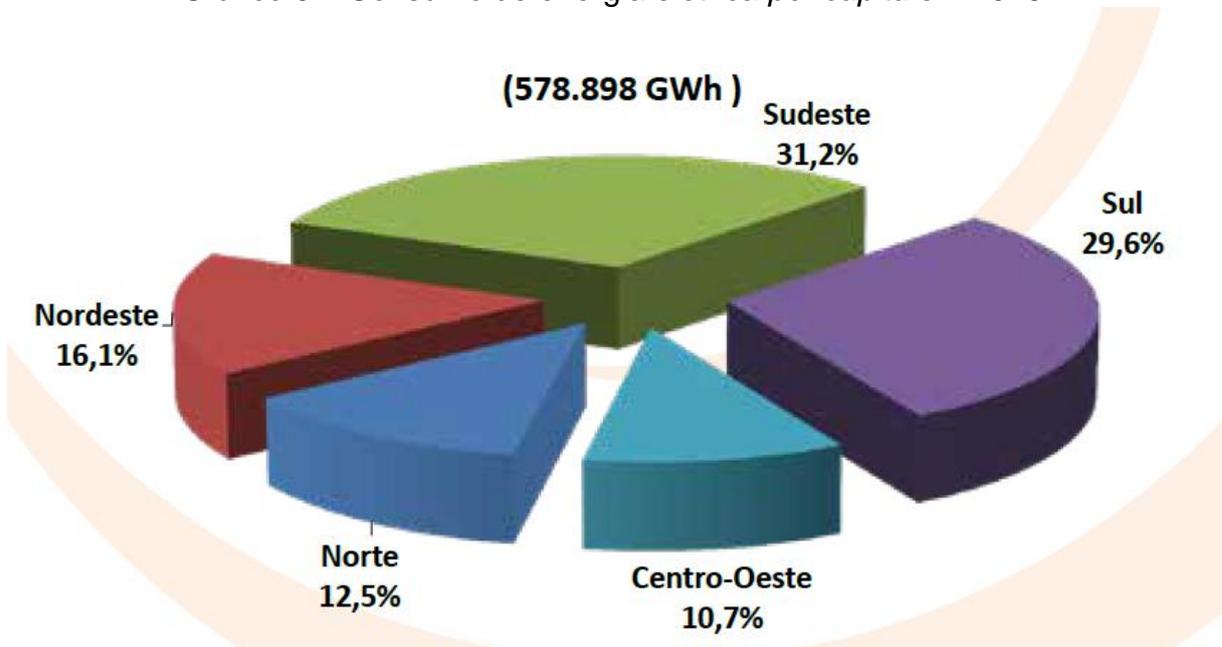
Shayani, Oliveira e Camargo (2006, p. 02) informam que “o Brasil é um país com grande potencial para crescimento energético, uma vez que a relação entre energia primária e população é menor do que a média mundial”. Os autores observam que há uma grande disponibilidade de energia no Brasil. Contudo, o crescimento populacional também tem sido grande, impactando assim tanto o aspecto social como o ambiental.

Os trinta países desenvolvidos que compõem a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) são considerados como os maiores consumidores mundiais de energia. Os países em desenvolvimento, por sua vez, possuem uma participação relativa, pouco expressiva.

No Brasil, também há um consumo significativo, principalmente na região Sudeste, com 31,2% do consumo geral. Em seguida, tem-se a região Sul com 29,6%, a região Nordeste em terceiro lugar com consumo de 16,1%, finalizando com

as regiões Norte e Centro-Oeste com 12,5% e 10,7% respectivamente, conforme o Gráfico 01.

Gráfico 01: Consumo de energia elétrica *per capita* em 2016.



Fonte: BRASIL. Anuário estatístico de energia elétrica 2017 com base em 2016. (2017, p 61)

Jannuzzi (2007) faz um relato histórico sobre a energia no Brasil desde 1879, ainda com Dom Pedro II, até 2001, considerando suas evoluções e o aumento do consumo da mesma. Buscando ressaltar as observações do autor, a seguir serão constatadas algumas dessas fases.

Em 1879, tem-se o primeiro investimento em iluminação pública no Brasil, sendo uma concessão de D. Pedro II a Thomas Edson. Na ocasião, também foi inaugurada a primeira iluminação pública na cidade do Rio de Janeiro. Talvez ela não fosse hoje considerada como iluminação pública por não ser externa. Em 1881, houve a instalação da primeira iluminação pública externa, também na cidade do Rio de Janeiro, sendo esta obra uma promoção da Diretoria Geral dos Correios (JANNUZZI, 2007).

No ano de 1883, inicia-se a construção da primeira usina hidroelétrica do Brasil, no Vale do Jequitinhonha, utilizada como força motriz nos serviços de mineração na cidade de Diamantina, em Minas Gerais. No mesmo ano, tem-se a inauguração do primeiro serviço de iluminação pública municipal, no Rio de Janeiro, na cidade de Campos, com 39 lâmpadas alimentadas pela usina termelétrica (CASTILHO, 2011).

Completando as informações anteriores, Castilho (2011) ensina que, no ano de 1892, ocorreram inúmeros investimentos que só foram possíveis devido à energia elétrica, como a inauguração da linha de bondes elétricos no Rio de Janeiro, construção das novas usinas como a termelétrica Velha Porto Alegre, no Rio Grande do Sul.

No ano de 1887 cria-se a hidrelétrica Marmelos Zero, no rio Paraibuna, em Juiz de Fora; em 1889; a usina térmica, no estado do Paraná, em 1890, em 1901; a hidrelétrica Monjolinho, no ribeirão homônimo em São Carlos, em 1893; a hidrelétrica Itamarati, no município de Petrópolis, em 1896 - nesse mesmo ano, também foram inauguradas termelétricas em Manaus e Belém, no Norte do país (CASTILHO, 2011).

Em 1899 tem-se a construção e a implantação da primeira linha paulistana de bondes elétricos alimentados pela própria Companhia. Dá-se então o primeiro investimento estrangeiro no Brasil, no caso, com os capitais canadenses (JANNUZZI, 2007).

Em 1920, criou-se o primeiro órgão oficial relacionado à política setorial, denominado de Comissão Federal de Forças Hidráulicas, do Ministério da Agricultura. Na década de 1930, houve a criação do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), envolvendo diversos fatores como as questões tributárias até planos de interligação de usinas geradoras, tornando-se o principal órgão do governo federal para a política setorial até a criação do Ministério de Minas e Energia (MME) e das Centrais Elétricas Brasileiras S.A.. Em 1945, tem-se mais um investimento na área, a criação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), com o principal objetivo de aproveitar o potencial hidráulico da Cachoeira de Paulo Afonso (JANNUZZI, 2007).

Em 1957, tem-se a criação da Central Elétrica de Furnas S.A., cujo foco estava em aproveitar o potencial hidrelétrico do Rio Grande para solucionar a crise de energia na Região Sudeste. Em 1961, criam-se as Centrais Elétricas Brasileiras S. A., que só foram organizadas efetivamente em 1964 (JANNUZZI, 2007).

Observa-se que o modelo setorial regulado pela ELETROBRÁS possibilitou a expansão dos segmentos de geração e transmissão de energia elétrica ao longo de dez anos, entre 1960 e 1970, que seria revertida, na década de 1980, devido a

mudanças nas regras dos mercados financeiros internacionais, como dos obstáculos à continuidade da captação interna de recursos (JANNUZZI, 2007).

Em 1974, foi criada a maior usina hidroelétrica do Brasil, a de Itaipu, mediante acordos políticos entre Brasil e Paraguai. “Devido ao seu grande porte, o Brasil encontra-se entre os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica do mundo, junto com o Canadá, China, Estados Unidos e Rússia.”, tornando-se também a principal geradora de energia e um complexo turístico que atrai visitantes de todo o mundo (Figura 2) (PASSAMINI, 2015, p. 03).

Figura 2: Hidrelétrica de Itaipu



Fonte: Energia Hidráulica 3 (2015, p. 55).

No decorrer de 1980 até o século XXI, mudanças ocorreram em relação à preservação e manutenção da natureza, pois os recursos existentes já não suportavam mais devido ao aumento de consumo da eletricidade. Surgem alternativas como a energia solar fotovoltaica.

Ocorreram no Brasil, durante a década de 1960, um crescimento e fortalecimento do setor elétrico, principalmente após a criação da Eletricidade Brasileira (Eletrobrás) em 1962, o que tornou possível a instalação de um grande número de hidrelétricas sem que se pensasse na amplitude de seus impactos no longo prazo, mas apenas nos curto e médio prazos. Não havia, no entanto, uma preocupação com os recursos oriundos para a manutenção das mesmas geradas por elas, que iriam gerar pontos negativos ao longo do tempo (BORTOLETO, 2001).

### 3.1.1 Crise energética

O Brasil tem enfrentado dois problemas socioambientais. O primeiro está direcionado ao setor de segurança energética, e o segundo, ao déficit habitacional. “Embora o setor energético suscite a busca pelo aumento da participação de energias limpas e renováveis na matriz energética brasileira, ainda são poucas as ações que atrelem essa necessidade da população com baixa renda” (SANTOS, 2015, p. 02).

O atual cenário energético mundial apresenta indicações de esgotamento dos recursos naturais voltados para a geração de energia. O crescente uso de diversos equipamentos que demandam eletricidade acarreta dois efeitos, o aumento do consumo de eletricidade e o aumento do processo de produção industrial. Esse ciclo de desenvolvimento, conseqüentemente, aumenta a emissão dos gases poluentes desencadeadores do chamado efeito estufa (ROSA e GASPARIN, 2016, p. 140)

Devido ao aumento na demanda de uso de energia elétrica e ao pouco investimento na malha energética composta por usinas hidroelétricas, surgiram no Brasil diversos métodos de geração de energia alternativos. Outro fator que contribui para a crise energética está no custo elevado, se tornando raro e praticamente inviável queimar combustíveis como petróleo e carvão. Por esse motivo, o uso de métodos de energia renováveis tem se tornado uma alternativa. Entre as energias alternativas, tem-se a energia solar fotovoltaica, onde a radiação solar passa a ser uma opção de sustentabilidade e prática; além disso, a tecnologia de armazenamento de energia poderá resolver o problema das regiões que têm menos dias ensolarados (GASTALDI, SOUZA e MESQUITA, 2006, p.03).

Observa-se que os “reservatórios construídos para a geração de energia elétrica, são grandes estruturas, construídas pelo homem, as quais apresentam uma imensa acumulação de água” (QUEIROZ, *et al*, 2013, p. 2783). Para a construção desses reservatórios, são necessárias obras de grande porte, que provocam impactos econômicos, sociais, ambientais e culturais, podendo alterar comunidades inteiras nos locais onde se instalam.

Um dos problemas ocorridos foram as crises de energia elétrica, a primeira ocorrida em 2001 e outra iniciada em 2008, com aumento constante até 2017. Filho *et al* (2001) observa que, durante aproximadamente 40 anos, houve uma expansão

em regime de monopólio estatal na energia, contudo a indústria de suprimentos de eletricidade (ISE) entrou em declínio a partir do final dos anos 70.

O movimento de reforma do setor elétrico fez com que se iniciasse a concorrência na geração e prestação de serviços elétricos, e, para atender a esse objetivo, foram necessários cinco tipos de ações descritos por Filho *et al* (2001). O primeiro são os capitais privados que substituíram o Estado na produção da ISE. O segundo é que as empresas elétricas foram desverticalizadas de modo a viabilizar a concorrência no suprimento de seus serviços. O terceiro é que o órgão regulador deve atuar como uma interface entre o governo e os agentes do mercado de energia elétrica e também como responsável pela arbitragem de eventuais conflitos de interesses entre esses agentes. O quarto é que deve ser introduzido um novo regime tarifário, orientado para a busca da eficiência econômica. O quinto é que deve ser estruturado um regime contratual que repasse para o mercado a gestão da maior parte dos riscos assumidos pelos agentes econômicos.

Srouf (2005) fez um levantamento e concluiu que, no ano de 2001, o governo brasileiro anunciou que o nível dos reservatórios não atendia mais às expectativas, estando abaixo do esperado, não havendo oferta de energia suficiente em algumas regiões como Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Na ocasião, houve uma redução de consumo por parte da população em aproximadamente 20% e arcando com um forte aumento das tarifas. Houve uma mobilização por parte do governo, empresas e a sociedade, pois todos foram atingidos pelas novas tarifas. Foi criada a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE) no intuito de solucionar o problema em caráter emergencial, além da Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica (CASHEE) para averiguar as causas da crise e a política energética.

As principais instituições do setor também participaram dos trabalhos da câmara, como o Ministério de Minas e Energia (MME), o Operador Nacional do Sistema (ONS), a Agência Nacional de Águas (ANA), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Eletrobrás, além de representantes de empresas (SROUR, 2005, p.10).

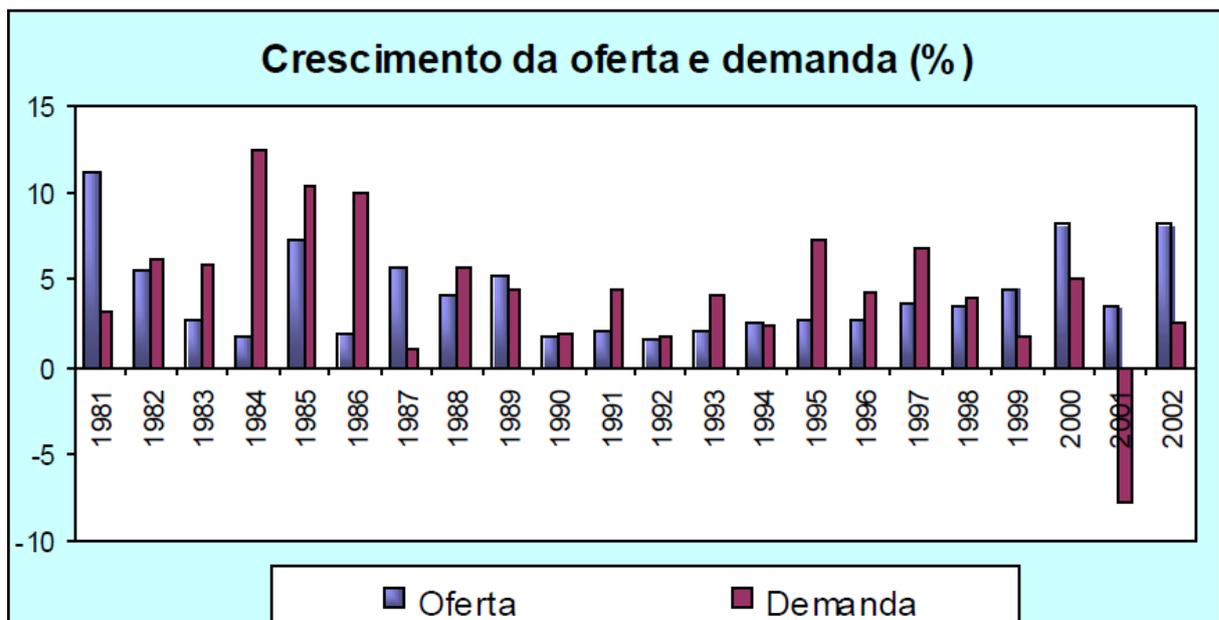
As mudanças no setor energético iniciaram em 1990 no governo de Fernando Henrique Cardoso, ao transitar de um sistema público, planejado e cooperativo para um sistema privado, mercantil e concorrencial. Após a tomada de decisão, as vantagens do sistema brasileiro passaram a ser consideradas como empecilhos, pois não se ajustavam à lógica de operação do capital privado. Ao findar as

negociações, foram necessários ajustes e acomodações, que permanecem até a atualidade. “O sistema foi se tornando cada vez mais híbrido e complexo, com inúmeras portarias e resoluções baixadas e crescentes custos de transação” (CASAGRANDE, 2015, p. 05).

Perdeu também a capacidade de planejamento, tornando-se um empecilho para os engenheiros e um paraíso para os advogados. Foi geradora de lucros especulativos, pois quem vende energia não precisa mais, necessariamente, gerá-la (CASAGRANDE, 2015).

Na visão de Srour (2005), o que ocorreu realmente foi um aumento no consumo de energia elétrica no país, sendo superior a da capacidade instalada do parque gerador nacional (a oferta), conforme mostra o gráfico 02.

Gráfico 02: Crescimento da oferta e da demanda 1981-2002

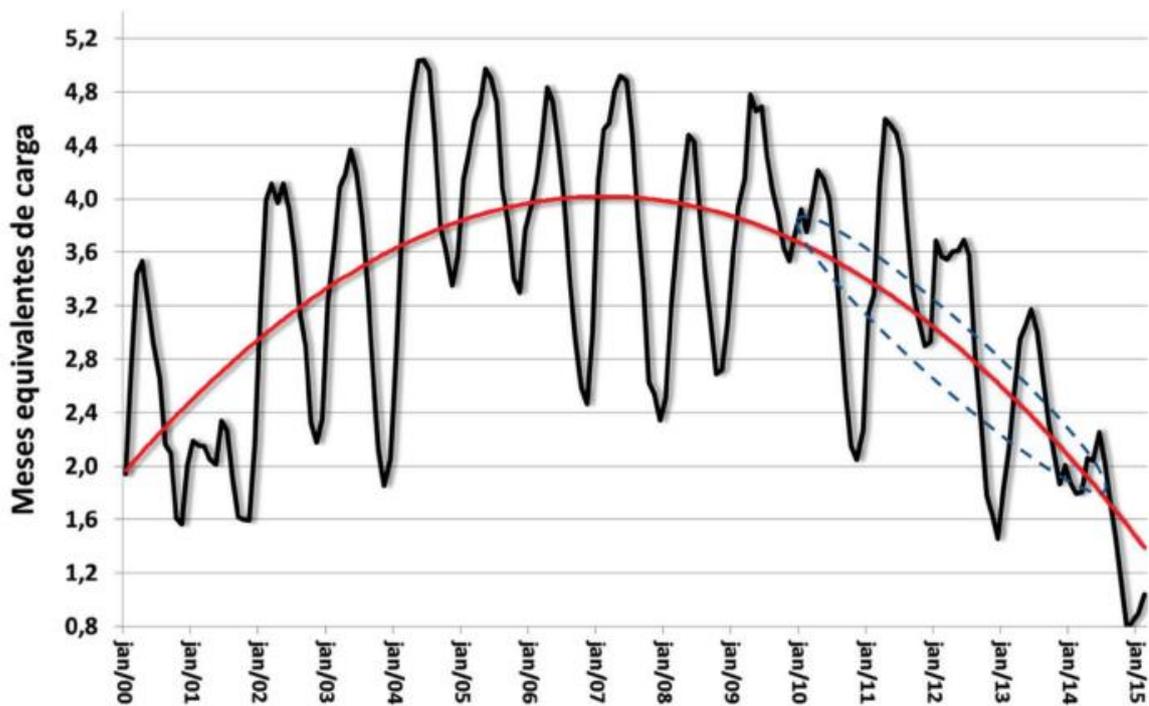


Fonte: Srour (2005 p. 10)

Pode-se verificar no gráfico 03 que de 1982 a 1998 a demanda ficava acima ou equiparada com a oferta. No entanto, de 1999 em diante tem-se o oposto: a oferta supera a demanda, e, em 2001, a demanda caiu devido ao racionamento. No início da história do setor elétrico no Brasil, verifica-se que essa chegou ao país através do capital privado. Contudo, a industrialização e a urbanização necessitaram de um maior volume de recursos para os grandes projetos de usinas geradoras. Dessa forma, o Estado passa a ser o principal investidor (SROUR, 2005).

A segunda e atual crise teve seu início em 2008 sem nenhuma relação com a hidrologia e sem resposta do governo. O Gráfico 03 apresenta a reserva total dos reservatórios brasileiros dividida pela carga total do sistema, mês a mês, entre 2000 e 2014. A curva de tendência mostra a evolução da economia energética, que vem reduzindo aceleradamente no período demarcado pela elipse pontilhada demonstrada no Gráfico 04 nas cores azul e vermelho. A cor vermelha está relacionada à curva de tendência, e a azul, aos reservatórios brasileiros (CASAGRANDE, 2015).

Gráfico 03: Crise da energia a partir de 2008



Fonte: Casagrande (2015, p. 07)

### 3.2 Biomassa

A biomassa possui sua origem nos resíduos sólidos urbanos, ou seja, animais, vegetais, industriais e florestais; é voltada para fins energéticos, abrangendo a utilização desses diversos resíduos para a geração de fontes alternativas de energia. Possui diferentes formas de tecnologias em seu processamento e transformação de energia, contudo possui dois problemas: o custo da biomassa e a eficiência energética de sua cadeia produtiva (CORTEZ, LORA, GÓMEZ, 2008).

Nascimento (2018) relata que a

biomassa é todo insumo renovável proveniente de matéria orgânica produzida em um ecossistema (animal ou vegetal), que pode ser utilizada na produção de energia elétrica, sendo apenas uma parte dessa matéria utilizada como biomassa, pois o ecossistema absorve para sua própria manutenção.

É Considerada como uma fonte indireta da energia solar. Assim, para definir a biomassa para geração de energia elétrica, é preciso excluir os combustíveis fósseis.

Dados estatísticos da Agência Internacional de Energia (AIE) demonstram que, dentro de aproximadamente 20 anos, cerca de 30% do total da energia consumida pela humanidade será proveniente das fontes renováveis, o que representa 14% da energia produzida no mundo, onde a biomassa possui 11,4% de participação (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

A biomassa é uma das fontes que tem crescido muito no Brasil. Informa Nascimento (2018) que seu sistema de cogeração tanto no setor industrial como no de serviços tende a um crescimento acelerado ao longo dos anos. Os fatores que contribuem para este crescimento são: a capacidade e o aumento do potencial da produção de cana-de-açúcar, motivado pelo consumo crescente do etanol.

Cardoso (2012) traz uma descrição das principais biomassas do Brasil, como a biomassa de origem florestal, biomassa de origem agrícola e biomassa oriunda de rejeitos urbanos e industriais. A biomassa de origem florestal é composta por lenha, carvão vegetal, resíduos de madeira e licor negro. A biomassa energética agrícola é

definida por produtos derivados das plantações não florestais, cuja colheita é anual e as culturas selecionadas conforme as propriedades de teores de amido, celulose, carboidratos, soja e lipídios, contidos na matéria, em função da rota tecnológica a que se destina (FIGURA 03).

Figura 3: Fonte de biomassa



Fonte: Cardoso (2012)

As culturas agroenergéticas utilizam principalmente rotas tecnológicas de transformações biológicas e físico-químicas, como fermentação, hidrólise e esterificação, empregadas para a produção de combustíveis líquidos, como o etanol, o biodiesel e óleos vegetais diversos. Integram estas culturas a cana de açúcar, o milho, o trigo, a beterraba, a soja, o amendoim, o girassol, a mamona e o dendê, existindo uma grande variedade de oleaginosas a serem exploradas (CARDOSO, 2012 p. 19).

A biomassa contida em resíduos sólidos e líquidos urbanos tem suas origens no lixo e no esgoto, sendo que o lixo urbano é uma mistura de metais, plásticos, vidro, resíduos celulósicos e vegetais, e matéria orgânica (CARDOSO, 2012).

### 3.3. Eólica

Nascimento (2018) ensina que a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento) tem sido usada pela humanidade há mais de 3.000 anos. A geração de energia eólica, ou seja, por parte dos ventos, teve início no século XIX, quando eram usados os moinhos para moer grãos, transportar mercadorias em barcos à vela e bombear água, sendo o mesmo método utilizado até os dias de hoje, no qual o vento atinge a hélice na qual gira um eixo impulsionando o gerador (FIGURA 4).

Figura 4: Aerogeradores num dia de vento



Fonte: Rocha (2016, p. 14)

As tecnologias de aproveitamento para a geração de energia eólica, se dá através dos aerogeradores eólicos que têm por objetivo principal maximizar o aproveitamento do vento para geração de eletricidade, obedecendo aos seguintes aspectos como locais com muito ou pouco vento, conexão aos sistemas elétricos locais, desempenho aerodinâmico, desempenho acústico, situações climáticas extremas, integração com o meio ambiente e impacto visual. As turbinas são classificadas como pequenas, médias e grandes (NASCIMENTO, 2018, p. 02).

O potencial eólico do planeta é grande, e se somente 1% da área terrestre fosse utilizada na geração de energia eólica, a capacidade mundial de geração seria equivalente ao total gerado através de todas as outras fontes (VICHÍ e MANSOR, 2009). A energia eólica é a fonte renovável que cresce mais rapidamente no mundo, sendo que a previsão da capacidade global para 2009 é de 128.046 MW (cenário de referência), com uma geração anual de 280 TWh, correspondendo a um crescimento de 12% em relação a 2008 (VICHÍ e MANSOR, 2009).

Castro *et al.* (2018), ressalta que “o aproveitamento da energia eólica para geração elétrica tem crescido exponencialmente no mundo nos últimos anos”. Esse fato ocorre devido a três *drivers*: segurança energética, cadeia produtiva e mitigação do impacto ambiental.

A capacidade instalada mundial era de 23,9 GW, em 2001, passando, em 2016, para 486,7 GW, o que representa um crescimento de quase 2.000% no período (GWEC, 2017). A maior parte dos parques eólicos está instalada em terra (onshore), porém vários parques têm sido implantados no mar (offshore), devido à redução de locais apropriados e disponíveis em terra para novos empreendimentos (notadamente na Europa, com destaque para Alemanha) e pela possibilidade de serem utilizadas torres mais altas e com maior capacidade produtiva, impossível de serem instaladas onshore (CASTRO *et al.*, 2018, p. 03).

Do total da capacidade instalada mundial em 2017, 84,62% está localizada em apenas dez países, sendo os três maiores a China (34,88%), os EUA (16,51%) e a Alemanha (10,40%) (GWEC, 2017).

O Brasil ocupa o oitavo lugar da lista, com 2,37% do total da capacidade instalada mundial, colocando o país em uma posição de destaque no cenário global, e com grande potencial de crescimento pela dimensão continental e pela qualidade dos ventos” (CASTRO *et al.*, p. 18)

### **3.4. Energia fotovoltaica**

A geração de energia por meio de recursos fósseis é considerada prejudicial ao meio ambiente, com a elevada emissão de gases para a atmosfera. Como consequência, há o aquecimento global. A busca por uma energia que substitua o combustível fóssil que venha diminuir a atual da degradação do meio ambiente não é recente. Shayani, Oliveira e Camargo (2006, p. 03) observam que

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Sob este ângulo, a utilização de fontes de energia renováveis merece atenção especial. A pesquisa e o desenvolvimento científico, entretanto, também devem caminhar em busca do desenvolvimento sustentável (SHAYANI, OLIVEIRA e CAMARGO, 2006, p. 03).

Devido à possibilidade de risco do apagão, surgiu a energia fotovoltaica como fonte alternativa viável e sustentável que garante resultados satisfatórios. Entre as vantagens desse tipo de energia, tem-se a redução de custos de produção na construção civil e a alternativa de poder beneficiar diretamente os clientes finais.<sup>1</sup>

Seguel (2009) informa que a matriz energética mundial, na maioria dos casos, é composta por combustíveis fósseis, o carvão, o petróleo e gás natural, que são responsáveis por 80% de geração de energia. Esse fator veio a impactar as mudanças climáticas, devido à emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono, que provoca o efeito estufa. Há de levar em consideração que esse tipo de energia não é renovável, podendo se esgotar com o passar dos anos.

Conforme Naruto (2017), durante décadas, utilizou-se a energia elétrica como principal fonte para o abastecimento de residências, hospitais, indústrias, entre outros.

O aumento da tecnologia e de produtos que necessitam consolidação das usinas centralizadas de geração de energia, foi observada, a aparição da geração distribuída como alternativa renovável para substituir ou complementar a produção de energia mundial devido, principalmente, às pressões ambientais relacionadas às emissões dos gases poluentes na atmosfera, originárias, em sua maioria, de grandes usinas geradoras e dos grandes consumidores industriais (NARUTO, 2017, p. 03).

A primeira vez que se buscaram informações sobre o meio ambiente, voltada para preocupação com o mesmo, foi na Conferência das Nações Unidas realizada em Estocolmo em 1972 e, após essa data, o meio ambiente passou a figurar como símbolo permanente e determinante nas discussões e promulgações de normas que regem nossa sociedade até os dias atuais (NARUTO, 2017).

A energia fotovoltaica implica na conversão da energia solar em energia elétrica através de células fotovoltaicas, sendo que as mais comuns são produzidas de silício, passando por um processo de dopagem para adquirir as características necessárias. “A associação de várias células fotovoltaicas e sua ligação a uma bateria gera a energia elétrica que abastecerá o sistema, por um período, mesmo sem a presença de sol” (GAMA, 2014, p. 11). As mais utilizadas são as células de

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/energia-solar-na-construcao-civil-um-ativo-a-ser-administrado/>>. Acesso em 11 out. 2018.

silício, no entanto, existem também outros tipos de células fotovoltaicas, como as tecnologias de filme fino e híbridas, que possuem um custo menor, mas não são tão eficazes (FIGURA 5).

Figura 5: Energia fotovoltaica



Fonte: Santos (2015)

Brasil (2017) informa que o Sol é uma fonte de energia em forma de radiação, sendo à base de toda terra. No centro do Sol, existe a transformação dos núcleos de hélio. “Durante este processo, parte da massa é transformada em energia. O Sol é assim um enorme reator de fusão” (BRASIL, 2017, p. 19).

Em apenas 1 hora o Sol despeja sobre a Terra uma quantidade de energia superior ao consumo global de um ano inteiro. Um sistema de geração de energia através da luz do sol (sistema fotovoltaico) pode apresentar várias configurações, dependendo da sua aplicação. Em geral, ele é composto por um conjunto de equipamentos complementares incluindo um subsistema de

condicionamento de potência e de armazenamento. Ele pode apresentar várias aplicações como: Eletrificação Rural, Bombeamento d'água, Sistemas de conexão à rede, Refrigeradores, Telecomunicações, Iluminação Pública, residencial e de sistemas de emergência, Telemetria, Náutica, etc. (GASTALDI, SOUZA e MESQUITA, 2006, p. 03)

Um dos fatores que contribui para o consumo da energia fotovoltaica está na visão de futuro, pois estas estão em constante expansão, não somente no Brasil, mas em diversos países. A pressão pela busca de novas alternativas faz com que a energia fotovoltaica seja um diferencial, principalmente no Brasil, devido à sua localização em uma região beneficiada por encontrar-se próximo ao Equador, onde há uma distribuição maior de raios solares, alta incidência de radiação solar e elevada insolação diária (LUIZ, SILVA, 2017).

Conforme Santos (2016, p. 03) “o Sol é a principal fonte de energia que pode ser convertida em energia elétrica por sistemas de células fotovoltaicas”. Porém, ainda não tem sido utilizada pela grande maioria devido ao seu elevado custo para a implantação da tecnologia. Dessa forma, ainda não está economicamente acessível para todos, mas ainda existe um crescimento no interesse da utilização dos sistemas de energia solar, tendo em vista a possibilidade de uma real economia nos gastos de energia elétrica.

Dienstmann (2009) confirma as informações anteriores ao relatar que muitas são as tecnologias que utilizam da fonte solar de forma direta ou indireta. Ainda assim, o maior desafio da energia fotovoltaica está em seu custo, contudo o mesmo deve cair para competir em grande escala com combustíveis fósseis. Até mesmo a tecnologia utilizada para essa fonte de energia sofrerá mudanças para minimizar o seu custeio.

Seguel (2009) informa que o Brasil ainda tem um alto número de comunidades que não dispõem da energia elétrica, principalmente nos grandes centros urbanos onde são empresas, principalmente os autônomos com potência reduzida, destinados somente à iluminação, refrigeração e bombeamento de água.

A energia solar fotovoltaica tem um custo de implantação da geração solar que pode chegar a cinquenta vezes o gasto de uma pequena central hidrelétrica. Já o custo da energia gerada durante a vida útil do sistema é de aproximadamente trinta anos, sendo dez vezes maior para sistemas isolados e três vezes maior para geração interligada à rede Elétrica. As implantações de sistemas solares em específicas áreas do Brasil são

utilizadas para iluminação pública, bombeamento de água e até uso doméstico, em comunidades pequenas do Norte e Nordeste já empregam esses sistemas com alto desempenho e retorno (LUIZ e SILVA, 2017, p. 26).

Shayani, Oliveira e Camargo (2006) observam que fazendo uma análise superficial, as energias renováveis apresentam um valor final mais elevado do que o sistema convencional centralizado de fornecimento de eletricidade. Contudo a forma como a energia é gerada traz uma redução nos custos no final. A diferença entre ambos é que os recursos fósseis necessitam ser extraídos, transportados para as refinarias onde são queimados, movidos novamente para as usinas e, ao final, geram eletricidade, que finalmente será enviada ao consumidor final.

Por sua vez, a energia solar não precisa nem de extração, nem de transporte, evitando também os custos com a transmissão em alta tensão. São aproveitadas as células solares, responsáveis pela geração de energia, além de um inversor que transforma a tensão e a frequência para os valores nominais dos aparelhos (SHAYANI, OLIVEIRA e CAMARGO, 2006, p. 3).

Conforme Tiradentes (2006 p. 11), o Sol é o principal responsável pela manutenção da vida, origem de todas as formas de energia conhecidas, direta ou indiretamente. “É uma imensa bola de gases incandescentes com um volume de cerca de 1,3 milhões de vezes o volume do nosso planeta. Uma gigantesca usina de força que consome 4 milhões de toneladas de matéria por segundo”.

Tiradentes (2006) informa que a energia que a Terra recebe do Sol anualmente é estimada em  $1.7 \times 10^{17}$  W, o que corresponde a aproximadamente 1000 vezes o consumo mundial de energia em todas as formas conhecidas, além de ser uma das fontes inesgotáveis de energia. No entanto, ainda é preciso encontrar uma forma de aproveitar melhor esse potencial. É preciso entender que somente 30% de toda a radiação solar que atinge a atmosfera e a superfície do planeta são refletidos ao espaço, e o restante é absorvido pela atmosfera e pela superfície do planeta.

Conforme observado por Gastaldi, Souza e Mesquita (2006, p. 03), os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três configurações principais: isolados, híbridos e interligados a rede.

a) Sistema isolado - a produção de eletricidade é independente das outras formas de energia, podendo ser dividida em dois grupos, com ou sem armazenagem de energia. O sistema com armazenamento é aproveitado nos locais que precisam alimentar cargas à noite ou em períodos chuvosos. Por outro lado, o sistema sem armazenamento é utilizado para bombeamento de água, no qual o armazenamento é obtido em forma de água no reservatório (Figura 6).

Figura 6: Casa Inteligente



Siqueira (2013, p. 22)

b) Há também os sistemas híbridos, que geram eletricidade mediante os sistemas fotovoltaicos em conjunto com outra fonte de energia (como geradores eólicos, diesel, gás, etc.), sendo também mais econômicos.

c) O sistema fotovoltaico, em muitos casos, vem complementado por outra fonte de energia, e, portanto, requer menor potência instalada de painéis fotovoltaicos e baterias, reduzindo, portanto, os custos totais do sistema. Os mais utilizados nos sistema fotovoltaico são o fotovoltaico-eólico, fotovoltaico-Diesel e o fotovoltaico-gás. Nos sistemas interligados a rede, existe o arranjo fotovoltaico que irá agir como uma fonte complementar ao sistema elétrico ao qual está conectado,

não utilizando o armazenamento de energia, pois toda a energia gerada durante o dia é entregue à rede e, durante a noite ou em períodos chuvosos, dela é extraída a energia necessária para alimentar as cargas, sendo denominado também de sistema *on-grid* que ainda depende da regulamentação e legislação favorável, devido à utilização de uma rede de distribuição da concessionária para o escoamento da energia gerada (GASTALDI, SOUZA, MESQUITA, 2006; SANTOS, 2015).

Budel (2017) observa que a energia fotovoltaica possui um custo nivelado da energia elétrica com uma média de aproximadamente 55,76% mais barata que a fornecida pela concessionária. No entanto, a Resolução Normativa Nº 687 observa que a energia excedente gerada não poderá ser vendida para a concessionária, retornando assim em forma de crédito de energia elétrica, sendo descontado na conta do consumidor conforme a necessidade, e possui prazo de validade de 60 meses, sendo 23 descartados após esse prazo (FIGURA 7).

Figura 7: Esquema de instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência



Fonte: BUDEL (2017, p. 07).

Independente do tipo de instalação solar fotovoltaica, sua célula base será sempre o módulo solar como sistema gerador.

A quantidade de módulos conectados em série irá determinar a tensão de operação do sistema em corrente contínua (CC). A corrente do gerador solar é definida pela conexão em paralelo de painéis individuais ou de strings. A potência instalada, normalmente especificada em CC, é dada pela soma da potência nominal dos módulos individuais. O mercado de módulos fotovoltaicos, principalmente para aplicações como as descritas aqui, vem crescendo acentuadamente nos últimos anos, com novas tecnologias

oferecendo alternativas especialmente desenvolvidas para a integração ao entorno construído (RÜTHER, 2004, p. 45).

Braga (2008) observa que a eletricidade solar fotovoltaica é uma energia promissora, pois as células solares se convertem diretamente em energia solar, sendo considerada a mais abundante e inesgotável fonte de energia. Seu sistema de geração não possui partes móveis, não produz cinzas, nem outros resíduos. Possui múltiplas aplicações, e é frequentemente usado em telecomunicações, como repetidores de micro-ondas.

Observa-se que a energia solar é inesgotável e gratuita, mas, para que essa possa ser aproveitada, é preciso que haja instalação de equipamentos cujo custo é elevado, porém há uma perspectiva de que esse custo seja reduzido com o passar do tempo (TIRADENTES, 2006, p. 11).

### **3.5 Vantagens e desvantagens da energia fotovoltaica**

#### **3.5.1 Vantagens**

Na visão de Naruto (2017, p. 17), a utilização da geração distribuída foi difundida rapidamente devido aos seus impactos positivos no sistema ambiental, econômico, social e técnico. Nas últimas décadas, esses benefícios têm sido levados em consideração principalmente quando se trata de aspectos ambientais. Entre os benefícios indiretos gerados pela energia fotovoltaica, tem-se o desenvolvimento do conceito de rede inteligente, também conhecida como *smart-grid*. “Esse conceito trata de uma nova topologia de rede que almeja monitorar e controlar remotamente os inúmeros parâmetros existentes no sistema com o único propósito de torná-lo mais resiliente, mensurável e seguro para seus consumidores”.

Conforme Gama (2014), as vantagens são: a geração de energia em sistemas isolados ou conectados à rede; não emissão de gases do efeito estufa; a não necessidade de gerador; não provoca ruído, como no caso da energia eólica; e manutenção de fácil acesso.

O sistema fotovoltaico possui diversas vantagens, entre elas está o fato de a matéria prima ser inesgotável; não haver emissão de poluentes durante a geração da eletricidade; e os sistemas poderem ser instalados em qualquer ponto do país (SANTOS, 2016).

Luiz e Silva (2017) informam que, além dos benefícios anteriores citados, tem-se também: o Sistema de Compensação de Energia Elétrica para a Microgeração e Minigeração Distribuída; redução no imposto de renda, condições diferenciadas de financiamento; apoio a projetos de eficiência energética. No Brasil, tem-se também os incentivos tributários e subsídios diretos e indiretos.

Conforme Tiradentes (2006), a utilização da energia fotovoltaica evita o consumo de combustíveis fósseis, o que contribui para a diminuição da necessidade de alagamentos provocados por usinas hidroelétricas. Sendo assim, no futuro, boa parte da população mundial poderá utilizar energia elétrica de origem fotovoltaica até o final deste século.

Além dos residenciais, tem-se também o sistema fotovoltaico integrado a edificações urbanas, às quais, na visão de Rüter (2004), estão relacionadas a custos evitados e não vêm sendo atualmente, como: perdas por transmissão e distribuição de energia são minimizadas; investimentos em linhas de transmissão e distribuição são reduzidos; edifícios solares fotovoltaicos não apresentam necessidade de área física dedicada, uma vez que a área necessária já é ocupada pela edificação; edifícios solares fotovoltaicos têm capacidade de oferecer suporte kVAR a pontos críticos da rede de distribuição; edifícios solares fotovoltaicos têm a capacidade de oferecer um elevado fator de capacidade a alimentadores da rede com picos diurnos; os geradores fotovoltaicos, quando distribuídos estrategicamente, apresentam mínima capacidade ociosa de geração devido à grande modularidade e curtos prazos de instalação, podem ser considerados como um *just-in-time* de adição de capacidade de geração (RÜTHER, 2004).

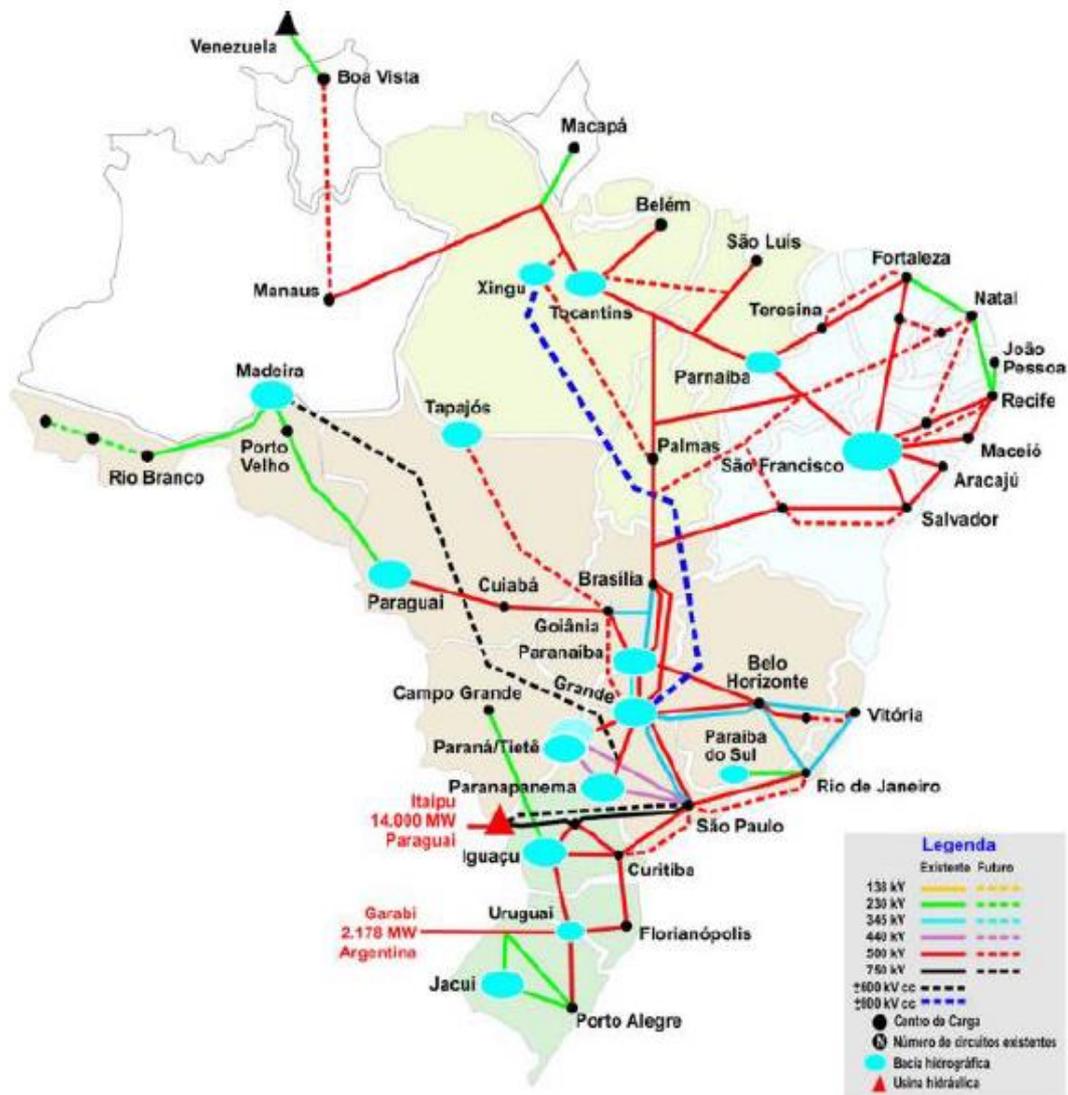
Naruto (2017) faz uma diferenciação entre as vantagens obtidas por diversas partes, como: as vantagens econômicas que incluem o consumidor final; incentivo fiscal; custo das falhas técnicas da rede; área ocupada, sistema de compensação de energia (ou *net metering*); e redução nos custos da geração, transmissão e distribuição.

As vantagens sociais são: minimização dos impactos no entorno; minimização das desapropriações; aumento da qualidade na saúde; geração de emprego, alcance da energia em áreas remotas e vantagens técnicas (NARUTO, 2017).

Percebe-se que, sob condições favoráveis, principalmente no que tange à demanda, devido a cargas de ar-condicionado em horários comerciais, a geração fotovoltaica coincide com o pico de demanda e pode assim contribuir efetivamente com o fator de capacidade localizado do alimentador em questão (RÜTHER, 2004).

Entre as vantagens políticas, Naruto (2017) observa que o Brasil possui um sistema elétrico interligado, amplo e completo, cujas características são únicas no mundo, e seu sistema interligado alcança cerca de 98,3% de todo o território nacional. A Figura 8 demonstra que o Brasil possui quilômetros de extensão em linhas de transmissão de alta tensão que fornecem energia elétrica disponível durante 24 horas por dia e sete dias por semana.

Figura 8: Sistema Interligado Nacional do Brasil, ONS



Fonte: Naturo (2017, p. 20)

O sistema fotovoltaico é utilizado na geração e distribuição de energia em residências diariamente, podendo ocorrer no próprio telhado da unidade consumidora. Contudo o valor precisa ser utilizado com base nas fontes convencionais e cobrado pela concessionária distribuidora para a classe residencial, a qual considera, entre outros custos: a) energia gerada pela usina; b) linhas de transmissão; c) rede de distribuição; d) operação e manutenção; e) encargos setoriais, em especial a conta de consumo de combustíveis fósseis a qual encarece a energia hidráulica como forma de subsídio para a geração termelétrica nos sistemas isolados, e) a compensação financeira pela utilização de recursos hídricos; e f) custos diversos, como os gastos com o racionamento de energia ocorrido em 2001 (SHAYANI, OLIVEIRA e CAMARGO, 2006, p. 03)

O Brasil pode ser considerado como um beneficiário desse tipo de energia, pois possui um excelente recurso solar, entre 1.550 e 2.350 kWh m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>. “Durante todo o ano, condições climáticas que conferem um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de radiação solar para essa região semiárida” No estado da Bahia, por exemplo, as condições climáticas são favoráveis (TSURUDA, 2017, p. 05) (Figura 9).

Figura 9 Mapa do Brasil conforme condições climáticas



Fonte: TSURUDA (2017, p. 05).

Para Braga (2008), as vantagens da utilização da energia fotovoltaica são inúmeras; entre elas tem-se uma energia limpa, não poluindo ao ambiente; sua vida útil superior a 25 anos; com manutenção mínima, sua instalação é simples e não há consumo de combustível; e resistente a condições climáticas, não possuindo peças móveis, além de não ter conta de luz.

### 3.5.2 Desvantagens

Mesmo com todo o controle centralizado para um sistema majoritariamente interligado, ainda assim existem falhas, como no ano de 2000 com os apagões, que

demonstram a fragilidade do setor e a dependência da população em relação à eletricidade. Por este motivo, é importante que haja mais de uma alternativa energética além da rede usual. Os desastres naturais como as enchentes podem danificar os pontos de distribuição afetando as pessoas que dependem do fornecimento da energia da rede principal para atividades essenciais como alimentação, higiene, comunicação e trabalho (NATURO, 2017)

Na visão de Braga (2008), têm-se como desvantagens os seguintes fatores: as células fotovoltaicas precisam de uma tecnologia sofisticada para sua fabricação; possui custo inicial elevado; o rendimento real de conversão de módulo é reduzido, face aos custos de investimento; seu rendimento é atrelado ao índice de radiação, temperatura, quantidade de nuvens, entre outros.

Para Naturo (2017), esse tipo de energia pode trazer grandes benefícios técnicos como o controle da tensão, a compensação de reativo e a inserção de potência ativa nos intervalos de pico de carga. Porém, têm-se também suas desvantagens. Pelo atraso na atualização das normas e resoluções das agências reguladoras, a maior parte das distribuidoras não possui infraestrutura e orçamento suficiente para adequar o seu sistema de distribuição a esses requisitos de controle, qualidade e proteção. O custo elevado também é citado por Naturo (2017), além dos gastos adicionais em pesquisa e desenvolvimento de modelagens, técnicas e ferramentas ainda não verificadas e padronizadas.

Queiroz (2013) faz uma observação sobre a mudança climática que afeta a produção de energia no sistema fotovoltaico, pois como a produção aumenta no verão e diminui no inverno, é preciso que haja um armazenamento do excesso de um para a escassez de outro.

Para tanto, seria necessário um volume de armazenamento que é inviável e um reservatório que fosse perfeitamente isolado, o que é impossível executar. Sua forma de armazenamento é pouco eficiente quando comparada com outras fontes. Em determinados países, por razões culturais, a população é contra a construção de casas de concreto em ambientes não urbanos. Seria necessário adaptar os coletores para outros tipos de construções, porém nem sempre isso é possível devido ao alto custo das placas e ao alto valor do silício. Técnicas específicas como a inclinação, posicionamento ideal *etc.*, quando não respeitadas, fazem com que alguns projetos se tornem ineficientes. De alto consumo de energia para a

fabricação do painel, esses sistemas dependem de baterias que geralmente são do tipo chumbo ácido, e possuem vida útil de dois anos (QUEIROZ, 2013).

## 4 A ENERGIA FOTOVOLTAICA RELACIONADA À CONSTRUÇÃO CIVIL

Zambon *et al.* (2018) vêm observar que o maior desafio da construção civil é aumentar sua eficiência energética, antes, durante e após as obras. Quando se trata de residências já ocupadas, os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados em telhados de residências, coberturas de estacionamento e edifícios, pois são fabricados para serem utilizados em ambiente externo com a ação do sol, chuva, e outros agentes climáticos, tendo uma durabilidade prevista de aproximadamente 30 anos.

Para que a construção civil possa utilizar da energia fotovoltaica, é necessário que haja uma redução no custo de implantação. Conforme relata Gama (2014), algumas medidas governamentais já estão sendo tomadas no intuito de estimular um maior desenvolvimento do mercado para a energia solar. Observa-se que o custo de investimento em sistemas fotovoltaicos pode ser decomposto em três principais itens: os painéis solares, o inversor e a estrutura, equipamentos elétricos auxiliares, cabos e conexões para instalação e montagem.

Tais medidas são citadas por Nascimento (2017, p. 40):

- PL 3729/2004, do Deputado Luciano Zica e outros, que dispõe sobre o licenciamento ambiental, regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, e dá outras providências.
- PL 2117/2011, do Deputado Penna, que dispõe sobre a criação do Plano de Desenvolvimento Energético Integrado e do Fundo de Energia Alternativa.
- PL 2562/2011, do Deputado Irajá Abreu, que dispõe sobre incentivos fiscais à utilização da energia solar em residências e empreendimentos.
- PL 3097/2012, do Deputado Leonardo Gadelha, que permite a dedução de despesas com aquisição de bens e serviços necessários para a utilização de energia solar ou eólica da base de cálculo do imposto de renda das pessoas físicas e jurídicas e da contribuição social sobre o lucro.
- PL 3924/2012, do Deputado Pedro Uczai, que estabelece incentivos à produção de energia a partir de fontes renováveis, altera as Leis nº

9.249, de 26 de dezembro de 1995; nº 9.250, de 26 de dezembro de 1995; nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996; nº 9.648, de 27 de maio de 1998; nº 9.991, de 24 de julho de 2000; nº 10.848, de 15 de março de 2004; nº 11.977, de 7 de julho de 2009, e dá outras providências.

- PL 5539/2013, do Deputado Julio Campos, que amplia os benefícios do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura – REIDI para projetos de geração de energia elétrica por fontes solar ou eólica.
- PL 7436/2014, do Deputado Junji Abe, que institui mecanismo para promover a geração renovável descentralizada de energia elétrica e altera a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004.
- PL 8322/2014, do Senado Federal, do Senador Ataídes Oliveira, que dispõe sobre a isenção de imposto sobre importação dos equipamentos e componentes de geração elétrica de fonte solar.
- PL 634/2015, do Deputado Daniel Vilela, que institui o Programa de Financiamento às Fontes Alternativas Renováveis de Energia Elétrica - PROFFAREE.
- PL 830/2015, do Deputado Roberto Sales, que dispõe sobre medidas de incentivo à produção de energia elétrica e térmica a partir da fonte solar.
- PL 1138/2015, do Deputado Fabio Faria, que institui o Programa de Incentivo à Geração Distribuída de Energia Elétrica a partir de Fonte Solar - PIGDES.
- PL 1800/2015, do Deputado Roberto Sales, que dispõe sobre incentivos ao aproveitamento da energia solar e altera a Lei nº 9.250, de 26 de dezembro de 1995, para permitir a dedução das despesas de aquisição e instalação de sistemas de aproveitamento da energia solar da base de cálculo do imposto de renda das pessoas físicas.
- PL 2058/2015, do Deputado Aliel Machado, que dispõe sobre medidas de incentivo à geração de energia elétrica a partir da fonte solar.
- PL 2923/2015, do Deputado Herculano Passos, que institui o Programa de Incentivo à Geração Distribuída Renovável - PGDIS e dá outras providências.

- PL 3312/2015, do Deputado Adail Carneiro, que institui o Programa de Incentivo à Geração Distribuída Renovável - PGDIS e dá outras providências.
- PL 4605/2016, do Deputado Renzo Braz, que cria incentivos para a instalação de geração distribuída de energia elétrica a partir de fontes renováveis.
- PL 5181/2016, do Deputado Uldurico Junior, que dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação, em prédios públicos federais, de geração de energia elétrica distribuída que empregue uma ou mais fontes de energia renováveis (NASCIMENTO, 2017, p. 40-42)

O painel é o maior gerador de custo, por este motivo, têm surgido incentivos de produção, para que haja redução nos preços para os módulos de silício cristalino e também as células de filme fino.

Com base nas dificuldades de geração de energia e nas questões ambientais envolvidas, muitos países fizeram programas nacionais de desenvolvimento da energia solar fotovoltaica. Isto permitiu uma disseminação da tecnologia nestes países e também a diminuição do custo destes equipamentos. No Japão um programa de incentivo à geração fotovoltaica foi iniciado em 1974, chamado de Sunshine Project. A opção pela tecnologia fotovoltaica surgiu da escassez de áreas disponíveis no país, e da concentração de grande população em pequenas áreas. Assim a integração de uma matriz energética junto às edificações parecia uma estratégia viável, ainda que não houvesse uma tecnologia consolidada. O programa visou incentivar a aplicação de painéis fotovoltaicos nos telhados das residências, sempre interligados à rede elétrica, e também desenvolver a tecnologia nacional para este fim. A princípio a abrangência do programa era de suprir de energia algumas residências, mas a aceitação do programa foi tão grande que se calculava que em 2010 5% da energia utilizada no país seria provida pelos telhados fotovoltaicos das casas (SANTOS, 2009, p. 21).

Sabe-se que a construção civil é um dos setores que mais consomem energia, responsável por aproximadamente a metade do total de quilowatts produzido no mundo, e as edificações consomem 42% de toda a energia gerada. Quanto ao uso residencial, corresponde por 23% do total produzido no país, enquanto que os setores comerciais e públicos respondem por 11% e 8%, respectivamente. Por este motivo têm-se estudado formas de utilizar a energia fotovoltaica também na construção civil. Com o uso de novas tecnologias, o setor contribuirá para a sustentabilidade nas construções. O uso dessas permite uma redução de até 70% no consumo de energia (ZAMBON *et al.*, 2018).

O uso da energia fotovoltaica está aumentando em áreas urbanas devido aos benefícios que essa traz a sociedade. Um sistema fotovoltaico pode atender à proporção significativa em consumos de edifícios, substituindo a energia elétrica. Seus módulos podem estar integrados ou montados sobre a estrutura da construção. Uma forma de utilização está nos painéis fotovoltaicos integrados a janelas de edifícios, reduzindo a transferência de calor do ambiente externo e auxiliando na redução de custos com a geração de energia elétrica (BUDEL, 2017).

Siqueira (2013) observa que o número de edifícios tem crescido, e as novas construções já buscam a sustentabilidade como forma de diferencial. Por esse motivo, tem-se buscado utilizar os painéis fotovoltaicos para a geração de energia elétrica, podendo aumentar o desempenho do edifício e buscando a sustentabilidade.

Budel (2017) faz menção a estudos realizados, incluindo a utilização da energia fotovoltaica utilizada em comunidades indígenas nômades no norte da Noruega e da Rússia. O fator que levou a busca e a colocar essa nova alternativa foi a substituição da geração de energia elétrica, que era provida por um gerador movido à gasolina e nas estações mais frias. Foi feita uma comparação entre os tipos de energia empregados e renováveis, sendo a fotovoltaica a principal. Os estudos demonstraram que esse tipo de energia renovável, com a rede de transmissão, é considerado satisfatório, fornecendo 13% da geração total de eletricidade em uma base anual.

A seguir são apresentados os três estudos de caso quanto à implementação de sistemas fotovoltaicos.

#### - Estudo de Caso 01:

Siqueira (2017) cita como exemplo o projeto desenvolvido pela ELETROSUL e ELETROBRÁS, em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) conhecido como “Casa Eficiente”, que trata da associação de fatores para aumentar o desempenho de uma edificação unifamiliar em vários níveis. Sua construção ocorreu no intuito de otimizar a relação entre o conforto e a eficiência energética com a sustentabilidade, aumentando a eficiência da edificação como um todo. Têm-se, como os principais condicionantes deste projeto, os seguintes fatores:

a) Melhor aproveitamento das condições climáticas locais (radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar e ventos predominantes) para definição das soluções de projeto.

b) Prioridade no uso de materiais locais (renováveis ou de menor impacto ambiental).

c) Uso racional da água em suas instalações hidráulicas utilizando peças e linhas econômicas.

d) Uso de equipamentos que promovem um baixo consumo de água (ou equipamentos economizadores de água), aproveitamento de água pluvial, tratamento de efluentes por zona de raízes e aproveitamento dos efluentes de águas cinza (de banho, tanque, máquina de lavar roupa e lavatório) após tratamento biológico.

e) Integração do partido arquitetônico com sistemas complementares, tais como aquecimento solar e geração de energia fotovoltaica;

f) Acessibilidade a todos os ambientes, facilitando a visita pública (SIQUEIRA, 2017) (Figura 10).

Figura 10: Casa Eficiente



FONTE: Siqueira (2017)

Santos (2009) também observa o crescimento da utilização dos painéis fotovoltaicos na área da construção civil, em áreas residenciais que possuem grande

área disponível para instalação dos mesmos, gerando energia além do seu consumo. A arquitetura residencial unifamiliar em muitos casos possui as melhores aplicações para sistemas fotovoltaicos integrados às edificações, por apresentarem uma grande área de telhado e por situarem-se próximas umas às outras, todas com mesmo porte, com menor sombreamento de sua cobertura.

As zonas urbanas de uso misto são caracterizadas por edificações residenciais, comerciais e de serviços e possuem melhor adaptação para implantação de programas de incentivo à geração fotovoltaica. Esses locais geralmente são servidos por único alimentador, possibilitando que a energia gerada durante o dia nas residências seja utilizada de forma imediata. Dessa forma, as perdas com transmissão da energia são reduzidas, melhorando o desempenho da geração fotovoltaica integrada à rede (SANTOS, 2009).

Na visão de Tiradentes (2016), a energia solar pode ser utilizada como fonte de eletricidade. Para tanto, é necessária a construção de uma célula solar, que possui uma eficiência considerada baixa, com aproximadamente 18%, pois a maior parte da energia radiante coletada se perde na forma de calor.

Para que os painéis possam ser utilizados corretamente com o aproveitamento da luz solar, é preciso levar em consideração onde essa incide, verificando a perpendicularidade do painel quanto a sua latitude. É recomendada uma inclinação mínima de  $10^\circ$  para que não se acumule água, facilitando a limpeza natural com a chuva. Outros fatores importantes são a quantidade de luz recebida que pode ser prejudicada por futuras construções, árvores, posicionamento do sol ao redor do sistema, chaminés, antenas e objetos menores precisam ser observados (SIQUEIRA, 2013) (Tabela 1).

Na cidade de Juiz de fora, a inclinação ideal para a instalação do sistema de energia fotovoltaica é de  $21^\circ$  (DIAS, 2017).

Tabela 01: Inclinação ideal dos painéis em algumas Cidades

Cidade	Inclinação ideal dos painéis
Belo Horizonte	20°
Brasília	16°
Campo Grande	21°
Cuiabá	16°
Curitiba	25°
Florianópolis	28°
Goiana	17°
Porto Alegre	30°
Rio de Janeiro	23°
São Paulo	24°
Vitória	20°

Fonte Siqueira (2013, p. 40), adaptado pela aluna.

Outra informação importante está na quantidade de painéis que será determinada mediante a energia que será produzida. A combinação dos painéis precisa ser compatível com o inversor utilizado. Dessa forma, as especificações técnicas dos painéis precisam ser consultadas determinando o tamanho e a quantidade das séries de painéis, e a quantidade de inversores necessários (SIQUEIRA, 2013).

Na visão de Pintão (2012, p. 01) “o sistema fotovoltaico pode ser monofásico até 10 kW. Acima dessa potência, deverá ser obrigatoriamente trifásico”. Quanto aos inversores, a autora observa que esses precisam ser compatíveis com a conexão da rede elétrica, que necessita de uma dimensão que suporte as características elétricas do arranjo fotovoltaico.

“Pode ser utilizado mais de um inversor, sendo que os principais aspectos a serem observados são a potência máxima recebida dos painéis e as voltagens máxima e mínima de operação do inversor” (PINTÃO, 2012, p. 01).

Rüther (2004) relata que, na construção civil, as técnicas de instalação do sistema fotovoltaico estão bem estabelecidas. A conexão elétrica dos painéis à rede, assim como os dispositivos periféricos necessários à interconexão já estão sendo comercializados para todo tipo de público interessado. Os painéis solares fotovoltaicos são mais versáteis do que outros tipos de coletores solares, além disso,

tem-se o fato da redução de custo, que possibilita o seu uso como um material de construção com a vantagem adicional de ser um gerador elétrico.

- Estudo de Caso 02:

A atuação do sistema fotovoltaico na construção civil está disposta na Figura 11, que atende a comunidades isoladas e carentes com os programas constantes do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM) Programa do Governo Federal que atende as localidades isoladas não supridas de energia elétrica pela rede convencional (ABNEE, 2012).

A experiência fotovoltaica nacional no atendimento a comunidades isoladas e com os programas constantes do PRODEEM, entre os quais está a instalação de sistemas de acionamento de bombas d'água em sistemas de irrigação, foi fundamental para uma compreensão mais clara de questões importantes como as dificuldades de implantação dos sistemas, a logística, a licitação de sistemas, a formação de mão de obra qualificada e a manutenção dos sistemas fotovoltaicos. A maioria dos sistemas instalados incluía dispositivos para armazenar a energia elétrica produzida durante o dia para consumo à noite, entre os quais se incluíam baterias e controladores de carga. Como a vida útil destes equipamentos é relativamente pequena, um grande desafio do programa era a manutenção adequada dos sistemas após alguns anos de uso, o que envolve troca de componentes que atingiram o fim da vida útil ou que tenham parado de funcionar (ABNEE, 2012, p. 25).

Figura 11: Sistema fotovoltaico em comunidades isoladas e carentes



Fonte: Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABNEE, p. 25).

Pode ser usada também em indústrias e condomínios. O Brasil precisa de soluções para essas áreas, pois consomem praticamente 50% da energia elétrica distribuída. É preciso buscar soluções energeticamente eficientes para o uso dessas edificações traçando um novo perfil para economizar energia ou até mesmo gerá-la. Azevedo (2016) demonstra exemplos de sistemas de etiquetagem de edificações projetadas e construídas buscando maximizar seu desempenho energético, bem como atividades de readequação energética existentes (FIGURA 12).

Pela natureza das atividades a que se destinam, edificações comerciais apresentam tipicamente um perfil de consumo mais coincidente com a geração de energia elétrica por sistemas solares fotovoltaicos a elas integradas. Principalmente em períodos de calor intenso, onde a demanda energética nestas edificações aumenta de forma acentuada em consequência da utilização intensa de aparelhos de ar-condicionado, é que a geração solar fotovoltaica atinge valores máximos, aliviando desta forma o sistema de T&D da concessionária elétrica e fornecendo energia de elevado valor junto ao ponto de consumo. Dada a aparência estética agradável das novas gerações de módulos fotovoltaicos especialmente desenvolvidos para aplicações no envoltório de edificações, estes elementos vêm sendo muitas vezes utilizados em substituição a materiais de revestimento mais nobres, como granitos, mármore, cerâmicas e vidros especiais, etc. As figuras que seguem mostram alguns exemplos de sistemas fotovoltaicos instalados de forma integrada a edificações comerciais (RUTHER, 2004, p. 61).

Figura 12: sistemas de etiquetagem de edificações projetadas



Disponível em: <<https://www.idealenergiasolar.com.br>>. Acesso em: 18 out. 2018.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças ocorridas nos últimos cinquenta anos têm levado a humanidade a investir mais em recursos que agredem menos o ambiente e sejam mais econômicos. Entre estes fatores, tem-se a energia elétrica, que é um dos principais recursos utilizados tanto em residências, como em indústrias, hospitais, empresas no geral.

As fontes de energia mais utilizadas geralmente são hidroelétrica, eólica e solar. No Brasil, o maior consumo de energia é a da hidroelétrica, sendo que a região Sudeste é a que mais utiliza. No entanto, a crise soma ao setor de segurança hidroelétrica e ao aumento da necessidade da população, além do pouco investimento na malha energética. Por esse motivo, houve também um aumento no custo e manutenção da mesma.

A energia fotovoltaica surgiu como uma alternativa para minimizar os efeitos provocados pela energia elétrica, minimizando os custos dos usuários ao longo dos anos. A energia fotovoltaica age pela radiação solar, que passa a ser uma opção de sustentabilidade.

A energia fotovoltaica é gerada pela conversão da energia solar em energia elétrica por meio de células fotovoltaicas, sendo as produzidas por silício as mais utilizadas, passando por um processo de dopagem para adquirir as características necessárias. Contudo, existem outros tipos como as tecnologias de filme fino e híbridas, que possuem um custo menor, mas não são tão eficazes.

A base da energia fotovoltaica é o sol, sendo esse uma fonte inesgotável de energia, pois, somente durante uma hora, ele despeja sobre a terra uma quantidade de energia superior ao consumo global anual. Com o olhar voltado para a pressão por alternativas diferenciais de energia, o investimento na energia fotovoltaica tem crescido não somente no Brasil, mas também em outros países.

A principal vantagem da energia fotovoltaica está no fato de que sua matéria prima é inesgotável, não havendo poluentes durante sua geração; tem-se também a redução no consumo de combustíveis fósseis, minimizando os alagamentos provocados por usinas hidroelétricas. Sendo utilizada na geração e distribuição de energia em residências diariamente, podendo ocorrer no próprio telhado da mesma.

Possui uma vida útil superior a 25 anos, sua manutenção é mínima e de fácil instalação, além de resistente a condições climáticas, não possui peças móveis, tão somente a conta de luz.

No entanto, ainda há um desafio a ser enfrentado pela energia fotovoltaica: seu investimento ainda é alto, comparado a energia hidráulica. Mas ao se fazer uma análise final, com o passar do tempo, o investimento passa a ser vantajoso, pois há uma redução de custos que compensem seu investimento inicial. Ela tornou-se uma energia promissora, pois as células solares convertem em energia solar de forma direta, não produzindo cinzas nem mesmo outros tipos de resíduos. Outro fator que pode comprometer o investimento na energia fotovoltaica está na mudança de clima que pode afetar a produção de energia.

Na construção civil, a energia fotovoltaica tem se tornado um desafio, principalmente em residências já ocupadas, onde, nestes casos, sua instalação será em telhados e coberturas. No entanto, tem crescido a procura pela instalação do sistema fotovoltaico, pois, mesmo tendo um custo elevado, existem incentivos governamentais para a redução desse custo.

A durabilidade do sistema fotovoltaico é de aproximadamente 30 anos, sendo que em até 13 anos esse poderá ser quitado, ou seja, ainda há uma vantagem de consumo de 17 anos. Ainda assim, mesmo com o valor elevado do investimento, ele é vantajoso, devido ao tempo de consumo com valor reduzido.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, José Genilson de. Geração Distribuída: Uso da Energia Solar em Condomínios de Edifícios. **Revista Especialize On-line IPOG** – Goiânia, n. 11, v. 2. 2016. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=jose-genilson-de-azevedo-editoriado-1125176.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

BORTOLETO, Elaine Mundim. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discurso e impactos. **GEOGRAFARES**, Vitória, nº 2, jun. 2001. Disponível em: <<http://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/1140>>. Acesso em 06 out. 2018.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar fotovoltaica**: fundamentos e aplicações. Projeto submetido ao corpo docente do departamento de engenharia elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de engenheiro eletricista. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3 ed.. Brasília : Aneel, 2008

BRASIL. **Anuário estatístico de energia elétrica 2017 com base em 2016**. 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em 06 out. 2018.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2017**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>. Acesso em 09 out. 2018.

BRASIL. Energia fotovoltaica: manual sobre tecnologia projeto e instalação, 2017. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>>. Acesso em 19 out. 2018.

BUDEL, Deives Antônio. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos em residências**. Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção. Santa Maria, 2017.

CARDOSO, Bruno Monteiro. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. Projeto de Graduação submetido ao corpo docente do curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos

requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista, Rio de Janeiro, Fevereiro de 2012.

CASAGRANDE, Renato. Conjuntura Brasil: a crise do setor elétrico brasileiro. Boletim, Maio, 2015. Disponível em: <[http://www.contrapontoeditora.com.br/arquivos/artigos/201506262329390.Acrisedo\\_setoreletricobrasileiro.pdf](http://www.contrapontoeditora.com.br/arquivos/artigos/201506262329390.Acrisedo_setoreletricobrasileiro.pdf)>. Acesso em 09 out. 2018.

CASTILHO, Denis. **Dilemas e contradições da eletrificação no Brasil**. Artigo publicado em 2011. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/Electr-y-territorio/DenisCastilho.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

CASTRO, Nivalde de; *et al.* Pedro. **Perspectivas da Energia Eólica offshore**. Agência Canal Energia. Rio de Janeiro, 06 de agosto de 2018. Disponível em: <[http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/19\\_castro184.pdf](http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/19_castro184.pdf)>. Acesso em 03 nov. 2018.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Eduardo Silva; GÓMEZ, Edgardo Olivares. **Biomassa para energia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

DIAS, Daniel da Silva. **Vou levantar o meu barraco**: um diagnóstico geográfico sobre as condições de habitabilidade no espaço periférico, Três Moinhos, em Juiz de Fora, MG. Monografia apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Geografia Orientador: Prof. Dr. Júlio César Gabrich Ambrozio Juiz de Fora, 2017.

DIENSTMANN, Gustavo. **Energia Solar: uma comparação de tecnologias**. Projeto de diplomação apresentado do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para Graduação em Engenharia. Porto Alegre, 2009.

FILHO, Bolívar Pêgo, *et al.* **Impactos Fiscais da Crise de Energia Elétrica: 2001 e 2002**. IPEA, 2001. Disponível em: <[http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_0816.pdf](http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0816.pdf)>.

FREITAS, Giovany Martins de Biomassa, uma fonte de energia. Rio de Janeiro: UFRJ, Escola Politécnica, 2016.

GAMA, Jaqueline de Oliveira. **Painel Fotovoltaico de Baixo Custo**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica. Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Elétrica, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010637.pdf>>. Acesso em 08 nov. 2018.

GASTALDI, André Fava; SOUZA, Teófilo Miguel de; MESQUITA, Rafael Pimenta. **Geração de energia elétrica com célula solar fotovoltaica para população rural de baixa renda**. Artigo publicado em 2006. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v1/064.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2018

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. - 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Estudos Avançados v. 21, p. 59, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100003&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100003&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em 07 out. 2018.

GOMES, Antônio Claret S. **O setor elétrico**. Artigo publicado em 2008. Disponível em:

<[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13975/3/BNDES%2050%20anos%20-%20O%20setor%20el%C3%A9trico\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13975/3/BNDES%2050%20anos%20-%20O%20setor%20el%C3%A9trico_P_BD.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2018.

JANNUZZI, Antônio Cezar. **Regulação da qualidade de energia elétrica sob o foco do consumidor**. Dissertação apresentada ao departamento de energia elétrica da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília como arte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre Sistemas Elétricos de Potência, Brasília, 2007.

LUIZ, Beatriz de Sousa; SILVA, Thamires Sigulo da. Energia fotovoltaica: um retrato da realidade brasileira. Revista Eletrônica. v. 5, n. 2, 2017. Disponível em: <<http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/1670/0>>. Acesso em 14 out. 2018.

NARUTO, Denise Tieko. **Vantagens e Desvantagens da Geração Distribuída e Estudo de Caso de um Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**. Projeto de Graduação na Escola Politécnica do Curso de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro, 2017.

NASCIMENTO, Raphael Santos do. Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: métodos e benefícios ambientais. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência, Universidade do Vale do Paraíba. **Educação e Cidadania**, v. 22, n. 40, 2018. Disponível em: <<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/713>>. Acesso em: 02 out. 2018.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. Consultor Legislativo da Área XII Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos. Disponível em:

<[bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia\\_solar\\_limp.pdf?](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?)>.

PINTÃO, Raphael. **Instalação de sistema de produção de energia solar fotovoltaica para autoconsumo**. Artigo publicado em 2012. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/188/artigo285977-1.aspx>>. Acesso em 12 nov. 2018.

QUEIROZ, Rosemar de *et al.* **Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais**. REGET - v. 13 n. 13, ago. 2013, p. 2774-2784. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/272773274\\_GERACAO\\_DE\\_ENERGIA\\_E\\_LETRICA\\_ATRAVES\\_DA\\_ENERGIA\\_HIDRAULICA\\_E\\_SEUS\\_IMPACTOS\\_AMBIENTAIS](https://www.researchgate.net/publication/272773274_GERACAO_DE_ENERGIA_E_LETRICA_ATRAVES_DA_ENERGIA_HIDRAULICA_E_SEUS_IMPACTOS_AMBIENTAIS)>. Acesso em 11 out. 2018.

ROCHA, Henrique *et al.* **Energia eólica**. Projeto publicado FEUP. Disponível em: <[https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd\\_2012\\_13/files/REL\\_1MIEEC03\\_02.PDF](https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_1MIEEC03_02.PDF)>. Acesso em 09 out. 2018.

ROSA, Antonio Robson Oliveira da; GASPARIN, Fabiano Perin. **Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Revista Brasileira de Energia Solar Ano 7, v. 7 ,n. 2, dez. 2016, p. 140 - 147 . Disponível em: <<https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/157>>. Acesso em 10 out. 2018.

RÜTHER, Ricardo. Edifícios solares fotovoltaicos : o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis : LABSOLAR, 2004.

SANTOS, Dione Vitor dos. **A energia solar fotovoltaica no programa Minha Casa Minha Vida**. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília. 2015. Disponível em: <[https://even3storage.blob.core.windows.net/processos/EnergiaSolarFotovoltaicaPM\\_CMV\\_DioneVitorSantos\\_31\\_outubro\\_2016.56d6f2a47ccb4b96880f.pdf](https://even3storage.blob.core.windows.net/processos/EnergiaSolarFotovoltaicaPM_CMV_DioneVitorSantos_31_outubro_2016.56d6f2a47ccb4b96880f.pdf)>. Acesso em 11 set. 2018.

SANTOS, Ísis Portolan dos. **Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista**. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. PPGEC, para a obtenção do Título de mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, 2009.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. **Políticas públicas para a Energia: Desafios para o próximo quadriênio**, Brasília, 2006.

SIMABUKULO, Lucas Antonio Nizuma. Energia, **industrialização e modernidade – história social**. Artigo publicado em 2016. Disponível em: <<http://www.museudaenergia.org.br/media/63129/03.pdf>>. Acesso em 05 out. 2018.

SIQUEIRA, Luciana Maria Paulo de. **Viabilidade da microgeração de energia elétrica em residências por um sistema composto por painéis fotovoltaicos conectados à rede**. Projeto de graduação da Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2013.

SROUR, Sandra. **Reforma do estado e a crise no setor de energia elétrica: uma visão crítica do caso brasileiro**. Dissertação apresentada à Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas para a obtenção do grau de mestre em Administração Pública, Rio de Janeiro, 2005.

TIRADENTES, Átalo Antônio Rodrigues. **Uso da energia solar para geração de eletricidade e para aquecimento de água.** Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, UFLA, como parte das exigências do curso de Pós Graduação Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia, para obtenção do título de Especialista em Energia Solar. Lavras, 2007.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho. **Eficiência energética:** fundamentos e aplicações. 1 ed.. Elektro. Universidade Federal de Itajubá, Excen, Fupai, Campinas, SP, 2012.

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Teresa Castilho. **Energia, meio ambiente e economia:** o Brasil no contexto mundial. 2009. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/260510688/EnErgia-MEio-AmbiEntE-E-Economia-o-Brasil-No-ContExto-Mundial>>. Acesso em 02 out. 2018.

ZAMBON, Anne Caroline *et al.* **O uso sustentável da energia na construção civil.** Artigo publicado em 2017. Disponível em: <<file:///E:/FACULDADES%20MONOGRAFIAS/DOCTUM/BIANCA/165-513-1-PB.pdf>>. Acesso em 02 nov. 2018.