

A contribuição do uso de energia solar na avaliação de sustentabilidade em edificações residenciais: Estudo de caso na cidade de Lins/SP

The contribution of the use of solar energy in the evaluation of sustainability in residential buildings: A case study in the city of Lins / SP

Luiz Paulo Cardoso

luiz_cardoso@hotmail.com

Christian Souza Barboza

eng.christian.barboza@hotmail.com

Douglas Barreto

dbarreto@ufscar.br

Resumo

A produção, a distribuição e o consumo de energia elétrica no Brasil associada à crise hídrica de algumas regiões vem tornando o custo da energia cada vez mais elevado. Como alternativa para minimização deste impacto, o uso de energias renováveis vem sendo fomentado e praticado. Assim, foi realizado um estudo de caso na cidade de Lins-SP, com o foco na utilização de energia solar (térmica e fotovoltaica) em residências com consumo até 200kWh/mês, analisando-se os parâmetros de sustentabilidade de consumo de energia elétrica e comparando-se com os requisitos previstos no *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) para residências. Os resultados mostraram uma economia estimada de 19%, especialmente em horário de pico e, ainda, segundo a metodologia utilizada, há um ganho para a sustentabilidade das edificações, porém, se faz necessária uma análise mais ampliada sobre a cadeia produtiva dos subprodutos empregados para o aproveitamento da energia solar principalmente os fotovoltaicos.

Palavras-chave: Sustentabilidade Construtiva; Energia Solar; Consumo de energia elétrica

Abstract

The electricity production, distribution and consumption in Brazil associated with crisis of water in some regions has affected the cost of energy making higher and higher. As an alternative to minimize this impact, the use of renewable energies has been promoting and practiced. Thus, a case study was carrying out in the city of Lins-SP focusing on the use of solar energy (thermal and photovoltaic) in houses with consumption up to 200kWh / month, analyzing the parameters of sustainability of electricity consumption and comparing to the requirements set of Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) for residences. The results showed an estimated saving of 19%, especially at peak hours and, according to the methodology used, there is a gain for the sustainability of the buildings, however, it is necessary a more extensive analysis on the production chain of the by-products used for the use of solar energy mainly photovoltaic systems.

Keywords: *Constructive Sustainability; Solar energy; Electric power consumption*

1. Introdução

A questão do fornecimento e consumo de energia elétrica no Brasil vem ganhando destaque para além dos ambientes acadêmicos. Nos últimos cinco anos a temática vem ganhando relevância nos meios de comunicação. Sucessivas crises hídricas e, por consequência, o aumento da geração por meio das usinas termoelétricas, culminaram em aumentos sucessivos dos valores pagos pelo consumidor final.

Para consumidos residenciais, a partir de 2015, foi criado o sistema de bandeiras, que apresenta a seguinte configuração: verde (faixa com o menor custo por kW/h), amarela (valor intermediário da tarifa), vermelha 1 e 2 (os maiores valores praticados), indicando, desta maneira, os possíveis acréscimos nos valores. Tais medidas são aplicadas em função das condições de geração de eletricidade, onde, há a utilização das termelétricas, principalmente nos períodos menos chuvosos, além disso, existem as faixas de consumo residenciais definidas pelo programa nacional de conservação de energia elétrica (PROCEL) que classifica os consumidores residenciais em três faixas 0-200 kWh/mês, de 200 – 300 kWh/mês e acima de 300 kWh/mês, ou seja, no âmbito residencial, pequenos consumidores, médios e grandes consumidores. (SÃO PAULO, 2017)

O consumo *per capita* dos consumidores inseridos na faixa 1 para o sistema integrado de geração e distribuição de energia elétrica é pequeno, porém, para cidades de porte pequeno e médio, esta parcela apresenta relevância. Para a cidade de Lins-SP 45,74% da energia distribuída em é consumida por edificações residenciais, consistindo em um total de 71.465.491,00 kWh no ano de 2016. (SÃO PAULO, 2017)

O objetivo do trabalho consistiu em se identificar o quanto a adoção de energias alternativas influencia na avaliação de requisitos de sustentabilidade estabelecidos pelo LEED V4 para residências. Foi feito um estudo de caso em residências na cidade de Lins – SP.

2. A energia solar como fator de aumento dos índices de sustentabilidade e a eficiência energética para consumidores residenciais

Uma edificação torna-se mais sustentável a medida que no empreendimento desde a sua concepção se usem conceitos como os de eficiência energética ou se faça uso de energias renováveis tão quanto possível. A utilização das chamadas “energias limpas” representa um parâmetro importante para o aumento dos indicadores de sustentabilidade de um edifício. (DA SILVA, DA SILVA e AGOPYAN, 2003).

A Sustentabilidade se encontra intimamente ligado a eficiência energética ou ao uso de fontes renováveis de energia. O sistema de certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) estabelece critérios para a certificação de um edifício, foi criado como forma de se estabelecer estratégias e padrões para criação de construções mais sustentáveis e para viabilizar esta ideia na indústria da construção. Cada critério que faz parte da certificação LEED pode ser verificado na figura 1, onde, “energia e atmosfera”

(faz referência da emissão de gases no processo de produção de energia que contribuem para aceleração do efeito estufa) é o critério de maior impacto. (LEED, 2014)

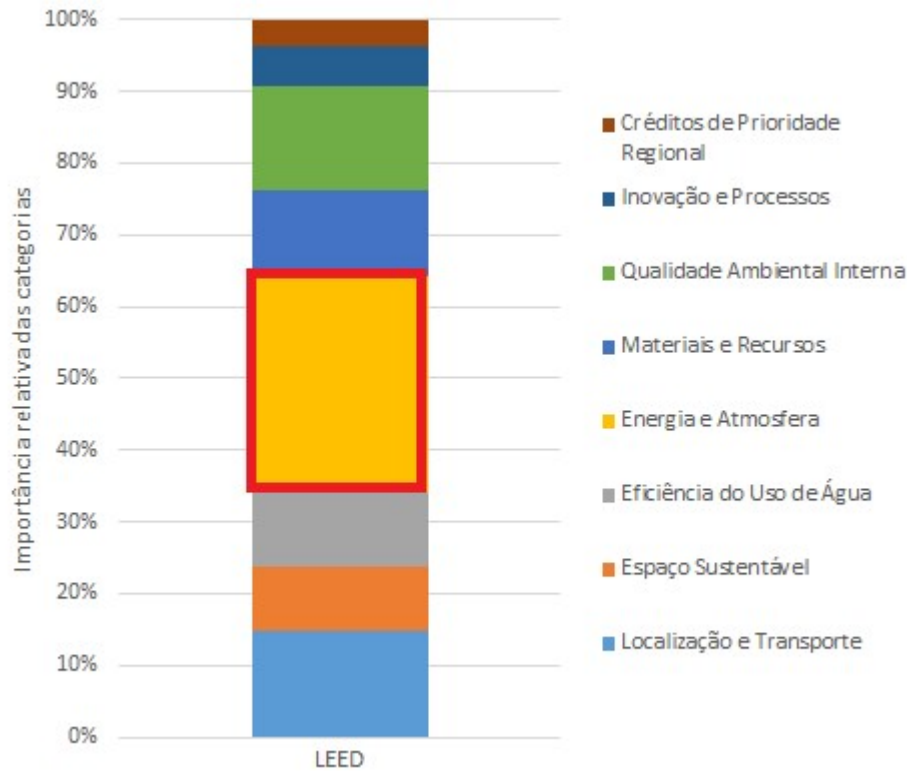


Figura 1 - Importância relativa das categorias (Certificação LEED). Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao se conceber a utilização de fontes de energias renováveis em uma edificação, a energia solar é uma das fontes que mais apresentam possibilidades de utilização, esta pode ser utilizada na forma passiva, utilizada mais comumente na arquitetura bioclimática e também na forma ativa, método em que se utilizam dispositivos capazes de convertê-la diretamente em energia elétrica, a exemplo dos painéis fotovoltaicos ou em energia térmica através de coletores planos e concentradores de calor. A figura 2, apresenta um fluxograma que explicita os tipos de aproveitamento da energia solar. (TOLMASQUIM, 2003).

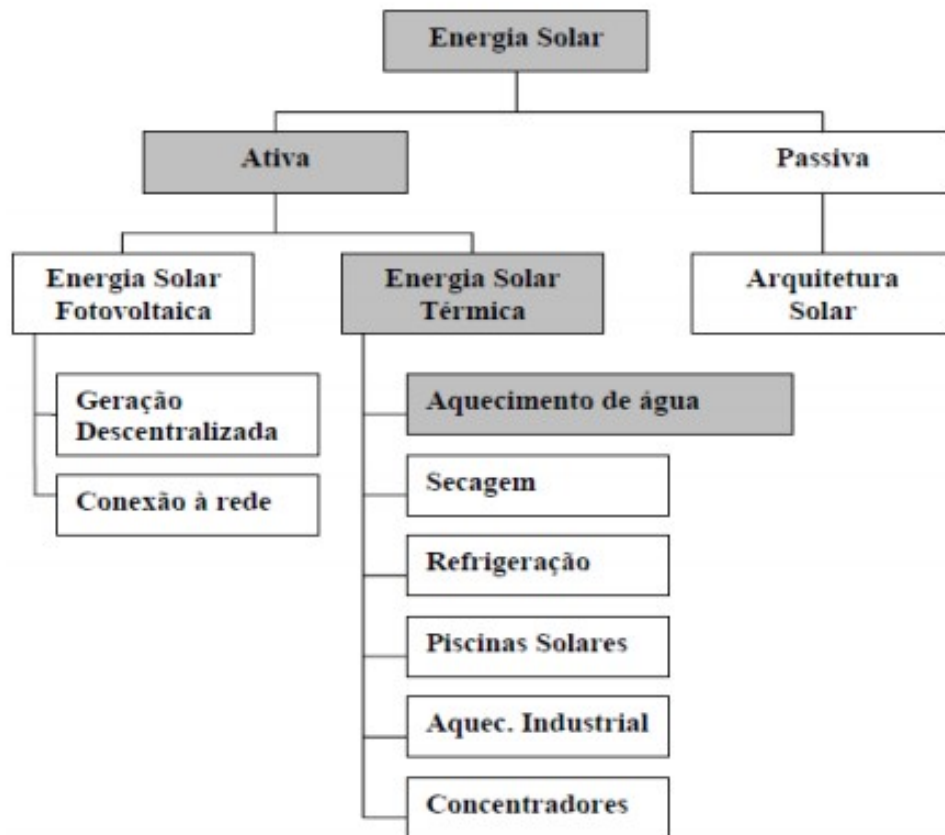


Figura 2 - Fluxograma energia solar. Fonte: (TOLMASQUIM, 2003).

A utilização da energia solar de forma passiva depende de maneira significativa da concepção do projeto arquitetônico, enquanto, as formas ativas de uso permitem sua utilização em edificações já em funcionamento. De acordo com Tolmasquim (2003) dentre as formas ativas, as configurações mais comuns para uma edificação residencial de baixo consumo energético são as que utilizam painéis fotovoltaicos, com conexão à rede ou ainda isolados.

Inúmeros programas governamentais buscam incentivar o uso da energia fotovoltaica, dentre eles, o programa “Luz para Todos” que instala painéis solares em comunidades que não tem acesso à energia elétrica, geralmente em regime de sistema isolado (sem conexão à rede elétrica) já que estas localizam-se, em sua maioria, longe dos centros urbanizados. Há também um direcionamento, por parte do governo brasileiro, para utilização do sistema de painéis que aproveitam a radiação solar para o aquecimento de água, o que pode ser verificado no projeto de lei PL 5733/09 que torna obrigatório o uso de energias alternativas nos sistemas de aquecimento de água em edifícios construídos com recursos do Sistema Financeiro de Habitação. (BRASIL, 2009).

Segundo (ZILLES, MACÊDO, *et al.*, 2012) a energia fotovoltaica é resultado da transformação da energia proveniente da radiação luminosa em energia elétrica, caracterizando o efeito fotovoltaico. Tal efeito é intrínseco ao material, sendo o silício a matéria prima mais comumente utilizado para a fabricação de placas fotovoltaicas.

O aquecimento de água, por sua vez, é realizado a partir da energia solar térmica, onde, por meio de coletores ou concentradores solares esta energia é aproveitada, transferindo-se calor ao fluido. Os coletores são utilizados para locais em que se necessitam temperaturas menores (abaixo de 100 °C), já os concentradores de calor são indicados para locais necessitam de temperaturas mais elevadas, próximas ao ponto de ebulição da água. (MOGAWER e DE SOUZA, 2004).

De acordo com NASPOLINI E RÜTHER (2017) a utilização de sistemas de aquecimento solar em residências de baixo padrão traz vantagens tanto para o consumidor quanto para o sistema de distribuição, apesar do custo inicial (aproximadamente US\$ 755,00) ser superior ao do chuveiro elétrico, este custo é amortizado pelos benefícios resultantes da utilização dos sistemas de aquecimento solar de água.

Um sistema de aquecimento solar de água em uma residência de baixo padrão pode ocasionar economias anuais de energia de até 38% e uma diminuição da utilização de energia elétrica durante o horário de ponta em até 42%, isto considerando a cidade de Florianópolis onde os níveis de insolação são menores que na região sudeste. O impacto no horário de ponta é expressivo pois todo o sistema de geração e transmissão de energia é dimensionado para suprir a ponta e permanece ocioso durante os outros horários. (NASPOLINI e RÜTHER, 2017).

3. Metodologia

Para verificar o impacto da utilização da energia solar, seja ela fotovoltaica ou térmica, destinadas à residências de baixo consumo, são necessárias verificações acerca das cargas utilizadas na edificação. Para este trabalho, tal verificação se deu a partir dos dados obtidos por meio da campanha de medição da CPFL 2017 (A campanha de medição é uma exigência da ANEEL à cada concessionária, as quais são requeridas a realizar medições instantâneas de um certo número de consumidores de cada faixa de consumo durante um certo período de tempo e, após isso, estes dados são repassados à ANEEL). (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, 2012). Estes dados foram compilados e gerou-se curvas que explicitaram o padrão de consumo para a faixa estudada.

Para análise e mensuração do grau de sustentabilidade de uma edificação, foram adotadas as diretrizes e parâmetros apresentados pela metodologia LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) que pontua os edifícios de acordo com alguns pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações) classificando-as conforme os pontos adquiridos. Tais critérios podem variar de 40 a 110 pontos. Para o estudo de caso realizado foram considerados os itens relacionados à energia e emissões atmosféricas, exclusivamente os critérios de “Otimização da performance energética” e “produção de energias renováveis”.

Simulou-se, para se analisar os possíveis ganhos em sustentabilidade construtiva nas edificações para a faixa de consumo em estudo, o aproveitamento da energia solar para geração de energia elétrica e aquecimento de água, verificando-se a pontuação atingida ao fazer-se a aplicação da ferramenta metodológica do LEED.

4. Resultados e discussão

Apesar das tecnologias apresentadas terem pontos positivos com relação a sustentabilidade, é necessário verificar se a utilização destas em pequenos consumidores irá gerar um ganho real. A figura 3 apresentada um gráfico com a média de consumo com demanda de até 200kWh/mês (baixo consumo - faixa 1) para a cidade de Lins-SP.

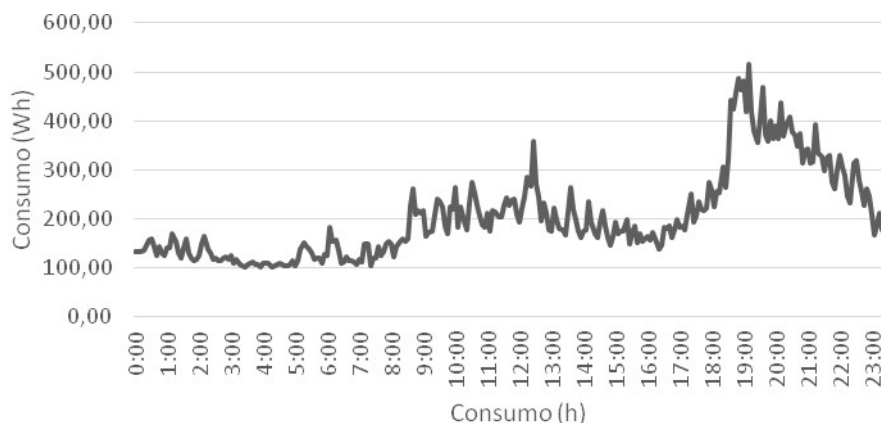


Figura 3 - Curva média de demanda até 200 kWh/mês. Fonte: elaborado pelos autores.

Na curva apresentada verifica-se que a maior demanda de energia em uma residência de baixo consumo encontra-se na faixa de horário de 19:00 às 21:00 horas, classificado como horário de ponta pelas concessionárias de energia, onde, segundo PROCEL (2007), os principais agentes causadores deste aumento da demanda são os chuveiros elétricos e da iluminação predial.

O impacto do horário de ponta parece pequeno, mas caso ele não existisse, nosso sistema elétrico sofreria várias alterações, pois, todo o sistema de transmissão e geração de energia é dimensionado conforme a demanda do pico, ficando grande parte do sistema ocioso fora deste horário. Ociosidade neste setor é sinônimo de desperdício de recursos e também há a necessidade que usinas térmicas entrem em funcionamento durante esse intervalo de tempo para suprir a demanda de energia. A produção de energia através de usinas térmicas além de emitir gases efeito estufa ainda representa uma forma mais cara de produção de energia, devido a isto a ANEEL instaurou o sistema de bandeiras que varia conforme as termelétricas são utilizadas.

Segundo a metodologia adotada, a produção de energia renovável possui pontuação entre 1 a 3 pontos, os quais são relacionados a porcentagem de energia renovável utilizada pela edificação, conforme demonstra a tabela 1.

Porcentagem de energia renovável	Pontos (Construção Nova)
1%	1
3%	—

5%	2
10%	3

Tabela 1 - Pontos para energia renovável. Fonte: (LEED, 2014).

A porcentagem de energia renovável calculada através da fórmula (1)

$$\% \text{ de energia renovável} = \frac{A}{B} \quad (1)$$

Sendo:

A = Custo equivalente da energia utilizável produzida pelo sistema de energia renovável

B = Custo anual total de energia do edifício

Por meio de pesquisa de mercado, para a cidade de Lins-SP um sistema de geração fotovoltaico até 200 kWh/mês tem custo médio de R\$ 12.349,20 com uma autonomia de 25 anos.

- Apesar do consumo de energia da rede chegar próximo de 0 kWh/mês a CPFL Paulista cobra a taxa mínima de valor de R\$ 22,09, onde a taxa mínima é o valor cobrado pela disponibilidade da energia elétrica, ou seja, o custo mínimo para que a rede esteja disponível ao consumidor mesmo que este não consuma energia, portanto em um ano o custo total da energia renovável é estabelecido pela equação a seguir:

$$\text{Custo Energia Renovável por mês} = \left(\frac{12349,20}{25 \div 12} + 22,09 \right) = \text{R\$63,25} \quad (2)$$

$$\text{Custo Energia Renovável por ano} = \text{R\$ 759,00}$$

- Custo anual total de energia do edifício até 200kWh/mês é calculado pelo simulador da CPFL

Para Bandeira Verde: R\$ 101,17/mês ou R\$ 1.214,04 por ano

Para Bandeira Amarela: R\$ 104,79/mês ou R\$ 1.257,48 por ano

Para Bandeira Vermelha: R\$ 112,02/mês ou R\$ 1.344,24 por ano

Ou seja:

$$\% \text{de energia renovável} = \frac{759,00}{1214,04} = 62,51\% \text{ na bandeira verde} \quad (3)$$

Em comparação com a tabela 1 da LEED, este resultado, indica uma pontuação de 3 créditos.

O critério de otimização de desempenho energético do LEED, possui pontuação entre 1 e 18 pontos e analisa medidas de eficiência na redução de carga. A utilização de sistemas de aquecimento de água através de energia solar, a grosso modo, remove a carga representada pelo chuveiro elétrico, a qual, apresenta um impacto médio 27,64% na demanda residencial da região sudeste. (TOMÉ, 2014)

Para um consumidor de até 200kWh/mês, 27,64% representa 55,28 kWh/mês, o que conforme figura 4, significa 11 pontos para novas construções no sistema de pontuação.

Nova Construção	Grande Reforma	Envoltória e Núcleo Central	Pontos (exceto Escolas e Unidades de Saúde)	Pontos Unidades de Saúde	Pontos Escolas
6%	4%	3%	1	3	1
8%	6%	5%	2	4	2
10%	8%	7%	3	5	3
12%	10%	9%	4	6	4
14%	12%	11%	5	7	5
16%	14%	13%	6	8	6
18%	16%	15%	7	9	7
20%	18%	17%	8	10	8
22%	20%	19%	9	11	9
24%	22%	21%	10	12	10
26%	24%	23%	11	13	11
29%	27%	26%	12	14	12
32%	30%	29%	13	15	13
35%	33%	32%	14	16	14
38%	36%	35%	15	17	15
42%	40%	39%	16	18	16
46%	44%	43%	17	19	-
50%	48%	47%	18	20	-

Figura 4 - Pontos por melhoria percentual em desempenho energético. Fonte: Adaptado de (LEED, 2014).

Considerados ambos os critérios do LEED, as aplicações de ambas as tecnologias representam um total de 14 pontos, o que indica aproximadamente 42% do total de pontos para a certificação LEED em energia e atmosfera (emissões).

A cidade Lins-SP consumiu 71.465.491,00 kWh no setor residencial em 2016, conforme expôs SÃO PAULO (2017), correspondendo a um total de 49.311.188,79 kWh (69%) demandados por consumidores da faixa 1 (até 200kWh/mês), considerando somente o impacto do chuveiro elétrico, isso geraria uma economia de 13.629.612,58 kWh no ano ou 19% do total consumido pelas edificações residenciais. Este valor é significativo, considerando que esta economia seria causada pela não utilização de chuveiros elétricos.

Esta economia reflete em inúmeras situações que favorecem o desenvolvimento sustentável, tais como:

- Por ser majoritariamente durante o horário de pico, diminuiria a utilização das usinas térmicas para suprir a demanda e, conseqüentemente, reduziria as emissões de CO₂;
- Diminuição dos recursos físicos e financeiros necessários para transmissão de energia, pois esta é dimensionada para o horário de pico;
- Acarretaria em uma menor utilização da água dos reservatórios hidrelétricos, reservando um percentual maior de energia potencial do sistema;
- Diminuiria a necessidade de investimentos em geração de energia, pois assim como a rede de transmissão é dimensionada pelo pico, os setores de geração também o são.

Todas estas situações sofrem mudanças ainda mais drásticas ao se pensar em geração fotovoltaica conjugada com a utilização do aquecimento solar de água, pois além da alteração no pico residencial e do consumo devido à ausência do chuveiro elétrico, um sistema fotovoltaico bem dimensionado é capaz de suprir toda a demanda de uma residência. Tais medidas são benéficas, mesmo considerando-se que sistemas fotovoltaicos apenas produzem energia enquanto há luz solar e que, portanto, a rede elétrica ainda teria que fornecer eletricidade às edificações durante os períodos em que não houvesse geração.

Todavia em um sistema de geração fotovoltaico, o excedente gerado é devolvido à rede, existindo a compensação da demanda fora do horário de geração. A energia devolvida à rede fica então a disposição da concessionária e pode ser direcionada a outros consumidores, gerando mais uma vez conseqüências em toda cadeia de produção de energia.

5. Conclusão

Constatou-se pelo perfil de consumo de energia elétrica, que na cidade de Lins-SP, a maior parte da energia é consumida por edificações residenciais pertencentes à faixa 1 de consumo, até 200 kWh/mês, atingindo o seu pico nos horários de 19 às 20h.

As principais formas de utilização de energia solar em uma residência são por meio da geração de energia elétrica, a partir de painéis fotovoltaicos ou o aquecimento de água por meio de placas concentradoras de calor. Para o perfil de consumo, objeto do estudo realizado, as utilizações destas formas de aproveitamento acarretam em uma economia considerável de energia elétrica, principalmente em horário de pico.

Para a metodologia LEED, há um ganho de sustentabilidade para a edificação, porém, não é possível afirmar que, ao analisarmos toda a cadeia produtiva, os parâmetros de sustentabilidade são atendidos, pois a sua conceituação é bastante ampla.

Há ainda, uma economia, não apenas financeira para todo o sistema de geração, transmissão e consumo, já que, o aproveitamento de fontes alternativas para a geração de energia minimizam a dependência das usinas termoeletricas (que utilizam combustíveis fósseis), diminuem a dependência dos volumes dos reservatórios hídricos (para hidroelétricas) e atenuam todos os impactos de possíveis expansões da malha de distribuição para atender ao crescimento de demanda nos centros urbanizados, já que a maior parte da energia consumida estaria sendo gerada na própria região. Também se ressalta a importância de avaliar a participação de sistemas fotovoltaicos como provedores de fonte de energia local e distribuída.

6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012.** ANEEL. BRASIL, p.< Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. 2012.

BRASIL. Projeto de Lei 5733/2009. **Alteração, com vistas a fomentar a utilização da energia solar, a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade)**, Brasília-DF, 2009.

CARVALHO, M.; DELGADO, D. Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the brazilian electricity matrix. **LALCA Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, v. 1, n. 1, p. 64-85, 2017. ISSN 2527-0184.

DA SILVA, V. G.; DA SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios: definição de indicadores de sustentabilidade. **III ENECS - Encontro nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis**, Brasil, 2003.

LEED. **LEED V4 para Projeto e Construção de Edifícios.** Green Building Council Brazil. Barueri, p. 183. 2014.

MOGAWER, T.; DE SOUZA, T. M. Sistema solar de aquecimento de água para residências populares. **5º Encontro de Energia do Meio Rural**, Campinas, 2004.

NASPOLINI, H. F.; RÜTHER, R. Impacts of Domestic Solar Water Heating (DSWH) systems on the cost of a hot shower in low-income dwellings in Brazil. **Renewable Energy**, v. 111, n. C, p. 124-130, 2017.

PROCEL. **Relatório da pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – classe residencial – ano base 2005.** ELETROBRÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). [S.l.]. 2007.

SÃO PAULO, G. D. E. **ANUÁRIO DE ENERGÉTICOS POR MUNICÍPIO NO ESTADO DE SÃO PAULO - 2017 ano base 2016.** Secretaria de Energia e Mineração. São Paulo-SP, p. 120. 2017.

SILVA, R. C. D.; NETO, I. D. M.; SEIFERT, S. S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328-341, 2016.

TOLMASQUIM, M. T. (.). **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. [S.l.]. 2003.

TOMÉ, M. D. C. **Análise do impacto do chuveiro elétrico em redes de distribuição no contexto da tarifa horossazonal**. Dissertação de Mestrado UNICAMP - Departamento de Sistemas e Energia. Campinas. 2014.

VILHENA, J. M. Diretrizes para sustentabilidade das edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos 2, nº 1**, 2007. 59-78.

ZILLES, R. et al. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.