

Economia de energia através de estratégias passivas e ativas: Um estudo para habitação de interesse social

Energy saving through passive and active strategies: A study for social interest home

Caroline Antonelli SANTESSO [1](#); Clauciana Schmidt Bueno de MORAES [2](#); Gerson Antonio SANTARINE [3](#); Juliano Costa GONÇALVES [4](#)

Recibido: 25/11/16 • Aprobado: 04/01/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
 - [2. Referencial teórico](#)
 - [3. Metodologia](#)
 - [4. Análise dos dados](#)
 - [5. Discussão dos resultados](#)
 - [6. Conclusões](#)
- [Agradecimentos](#)
[Referências](#)

RESUMO:

Este trabalho analisa a implementação de alternativas de maior eficiência energética direcionadas para habitações de interesse social, com o objetivo de contribuir para uma maior economia e uso racional. Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o conceito de construções sustentáveis, seguido do levantamento de energias alternativas que poderiam ser utilizadas em uma moradia unifamiliar. Selecionaram-se como estratégias passivas a ventilação e iluminação naturais e cobertura vegetal, e como estratégia ativa, o sistema fotovoltaico. Através da investigação de custos, com uma pesquisa de mercado, e análise da economia gerada houve a elaboração de indicadores de benefícios. Verificou-se que o aproveitamento da iluminação e ventilação naturais é essencial no planejamento da etapa inicial do projeto da habitação,

ABSTRACT:

The present paper aims to analyze the implementation of more energy efficient alternatives in social interest homes, in order to contribute for its economy and the rational use. In this context, it was done a literature review on the concept of sustainable constructions with emphasis on the energy issue, then alternative energies have been set up for a single family house. The daylight, natural ventilation and the green roof were selected as passive strategies and the photovoltaic system as active. Through costs investigations in companies, energy saving and benefit indicators analysis, it was found that the use of daylight and natural ventilation is essential in early project design of the house, providing many social and environmental benefits besides the economic. Green roofs and photovoltaic systems still have a high cost for the

forneendo não só benefícios econômicos, mas também ambientais e sociais. A cobertura vegetal e o sistema fotovoltaico ainda possuem um custo elevado para a grande maioria das famílias brasileiras, mesmo contribuindo para o conforto ambiental e a redução do uso de energia elétrica, respectivamente. Desta forma, incentivos governamentais devem ser realizados para a divulgação e utilização destes sistemas, podendo reduzir custos e auxiliar na viabilidade das estratégias. **Palavras-chave:** Eficiência Energética; Alternativas de Energia; Habitação de Interesse Social; Indicadores de Benefícios.

majority of Brazilian families even it contributes to the environmental comfort and reduction of electricity respectively. Therefore the government incentives should be made to the dissemination and use of these systems, which can reduce costs and help the viability of the strategies.

Keywords: Energy Efficiency; Energy Alternatives; Social Interest Homes; Benefits Indicators.

1. Introdução

O uso de energia inanimada é uma das principais características das sociedades modernas. A energia elétrica é uma das formas mais usadas de energia, dado que permite a criação de redes para abastecimento energético.

No Brasil, entre os anos de 2011 a 2014 o crescimento do consumo de energia elétrica foi superior a 3% a cada ano. Entre 2014 e 2015 houve uma redução de 1,8% no consumo de energia elétrica no país, devido à crise econômica. Neste mesmo período, o crescimento da geração de energia não acompanhou a demanda. A maior parte da matriz de energia elétrica brasileira é gerada por hidrelétricas, que são usinas que precisam de enormes volumes de água armazenados para seu funcionamento, custam milhões ou até bilhões de reais para serem construídas e geram impactos socioambientais negativos – tais como: perda de terras agriculturáveis, danos aos ecossistemas terrestres, deslocamentos compulsórios, entre outros (Lamberts, Dutra & Pereira, 2014; Gonçalves, 2009).

O consumo setorial de energia elétrica gerada pelo país, de 2008 a 2014, cerca de 45% é destinado para as edificações urbanas, sem que em 2015 este alcançou 50%. O setor residencial é o maior consumidor em se tratando de edificações urbanas com um consumo da ordem de 23% em 2009 que lentamente vai subindo até 25% em 2015 (EPE, 2016). Os dados sobre a composição setorial do consumo de eletricidade no Brasil podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1.
Composição setorial do consumo de eletricidade no Brasil entre 2008 e 2015

Setores	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Consumo Final (10³ tep*)	36.829	36.638	39.964	41.363	42.861	44.373	45.782	44.946
Setor energético	4,3	4,3	5,8	5,0	5,3	5,8	5,9	6,1
Residencial	22,3	23,6	23,1	23,3	23,6	24,2	24,8	25,1
Comercial	14,6	15,5	15,0	15,4	16,0	16,4	17,0	17,5
Público	8,1	8,3	8,0	7,9	8,0	8,0	8,0	8,2
Agropecuário	4,3	4,2	4,1	4,5	4,7	4,6	5,0	5,1
Transportes	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Industrial	46,1	43,8	43,8	43,5	42,1	40,7	38,9	37,6
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: EPE, 2016.

* Tep – tonelada equivalente de petróleo.

Estimativas da EPE sugerem o aumento de cinco milhões de domicílios para o período de 2016

a 2020 (EPE, 2015). Somado a isto, há no Brasil há um déficit habitacional de cerca de 7 milhões de habitações e a grande maioria é para famílias com renda de até 3 salários mínimos (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável [CBCS], 2010). Diante desta realidade, existe o projeto do Governo Federal, direcionado à construção de residências, destinadas, inicialmente, para a população de baixa renda (habitações de interesse social – HIS), conhecido como o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Esta iniciativa proporciona um financiamento para aquisição da casa própria com juros subsidiados pelo governo para a população de baixa renda, por meio do banco estatal Caixa Econômica Federal. No entanto, este projeto está acarretando em construções feitas em larga escala, não havendo a preocupação em relação ao conforto interno dos moradores e nem com a energia gasta durante o seu uso do imóvel (Amore, Shimbo & Rufino, 2015).

Seria fundamental, no contexto de déficit de moradias e de projeção de crescimento do número de moradias, a incorporação de soluções com melhor eficiência energética para as edificações brasileiras. Em especial, para as HIS, seria possível melhorar o desempenho da moradia para a população e racionalizar o uso de energia elétrica com estratégias passivas e ativas, proporcionando melhor conforto interno e economia com gastos com energia elétrica. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é analisar opções de maior eficiência energética direcionadas para uma moradia unifamiliar, do Programa Minha Casa Minha Vida. Para tanto, discutiu-se a questão da energia relacionada ao conceito de construção sustentável no setor habitacional e foram diagnosticadas e analisadas as alternativas e tecnologias de energia existentes que poderiam ser utilizadas.

Assim, através de uma pesquisa de mercado foram analisados quais seriam os custos para as tecnologias selecionadas e foram elaborados indicadores de benefícios, verificando as opções viáveis e com maiores vantagens. A pesquisa visa contribuir para identificar e difundir alternativas existentes de energias que proporcionem benefícios sociais, ambientais e econômicos para construções em HIS.

2. Referencial teórico

As construções, segundo os princípios bioclimáticos, devem ser realizadas de forma harmônica com o ambiente e espaço em que estão inseridas, levando em consideração o microclima local e seus recursos naturais (Olgyay, 1998). Assim, o uso de estratégias que contemplem o aproveitamento do sol, vento, temperatura e vegetação do local proporcionam um maior conforto ambiental dentro do ambiente construído. Desta forma, uma habitação deve buscar ao máximo se utilizar de soluções passivas, para ganhar ou perder calor com o meio, evitando o uso de mecanismos de condicionamento artificial (Neves, 2006).

Segundo Lamberts, Ghisi, Pereira e Batista (2010a), as pessoas estão sujeitas à influência do comportamento térmico da edificação, e desta forma, a adoção de princípios bioclimáticos na fase de projeto favorece não só a economia de energia, mas também o conforto dos usuários. Assim, para escolher e dar maior preferência a determinado princípio, é necessário que se conheça as exigências de cada clima e as opções mais adequadas, adaptando as edificações ao ambiente em que elas se encontram (Lamberts et al., 2010a). Nas residências, o comportamento térmico da edificação é determinado principalmente devido às condições do ambiente externo, assim, as superfícies externas, as aberturas, a insolação e a ventilação são fatores importantes a serem considerados (Lamberts et al., 2010a).

Como estratégias passivas, é possível aproveitar tanto a iluminação quanto a ventilação natural através das aberturas envidraçadas. A iluminação natural possui uma forte questão econômica, social e ambiental, e o aproveitamento deste recurso é importante devido ao seu potencial energético e pelo impacto na qualidade dos espaços e na vida dos moradores (Luz, 2009; Vianna & Gonçalves, 2007). Sua utilização requer certas estratégias para que se consiga o seu melhor aproveitamento, devido às dificuldades relacionadas à sua forma dinâmica, variando de acordo com alguns fatores, como a latitude, ciclos diários e sazonais, influências climáticas e do próprio local onde se insere a construção (Teixeira, 2004). As soluções mais convencionais de

utilização da iluminação natural nas residências são as janelas laterais, que quando projetadas de maneira adequada podem proporcionar ambientes agradáveis, promovendo também ventilação do interior e a vista do exterior da residência (Luz, 2009).

Observa-se que, como a ventilação natural está diretamente relacionada com o mecanismo fornecedor da iluminação natural, ambas as estratégias podem ser aproveitadas através das janelas convencionais. Com a ventilação natural, é possível proporcionar um maior deslocamento de ar através da residência, contribuindo para o conforto térmico dos ocupantes e, conseqüentemente, aumentando a qualidade do ar no interior das habitações, influenciando de forma direta na eficiência energética (Bittencourt & Cândido, 2006). Assim, em uma residência a ventilação natural deve ser sempre considerada, pois seu custo pode ser praticamente zero se forem levantadas pequenas considerações na fase de projeto, mesmo que sua avaliação de desempenho seja uma tarefa complexa (Bittencourt & Cândido, 2006).

Por fim, outra solução bioclimática importante que pode ser considerada em relação às superfícies são as coberturas vegetais, que impactam positivamente no clima urbano, interceptando e absorvendo parte da energia que incide na construção e contribuindo para a redução da sensação de calor (Dimoudi & Nikolopoulou, 2003). Atualmente, elas podem ser utilizadas para se moderar a temperatura interna de edificações, conter temporariamente água de chuva, isolamento acústico e limpeza de poluentes atmosféricos, além de reduzir de 2% a 7% do consumo anual de energia utilizada devido à redução do uso de sistemas mecânicos de resfriamento (Beatrice, 2011; Niachou, Papakonstantinou, Santamouris, Tsangrassoulis & Mihalakakou, 2001; Wong, Chen, Ong & Sia, 2003).

Além de se reduzir o consumo da energia elétrica com as estratégias passivas apresentadas, estratégias ativas podem ser utilizadas para a geração da própria energia elétrica consumida pela residência. A possibilidade da geração descentralizada de energia pode proporcionar uma expansão no setor elétrico, com fontes mais renováveis (Rüther, 2004). Uma das alternativas energéticas mais promissoras é a energia solar, principalmente no contexto brasileiro, pois é uma fonte gratuita e disponível em grande parte do território, podendo ser utilizada por meio de fonte de calor, com os aquecedores solares, ou fonte de luz, com os sistemas fotovoltaicos (Lamberts, Ghisi, Pereira & Batista, 2010b).

As pesquisas e o uso da energia solar como fonte de luz, os chamados sistemas fotovoltaicos, cresceram tanto devido à possibilidade de geração de energia distribuída, evitando-se as extensas linhas de transmissão, quanto ao fato de ser uma fonte silenciosa associada ao espaço local (Rüther, 2004). O custo de geração normalmente é o preço de uma única unidade de eletricidade (geralmente em kWh), considerando todos os custos de investimento e operacionais sobre a vida útil do sistema (Torres, 2012). Com os avanços tecnológicos o custo da energia fotovoltaica vem diminuindo, entretanto no território brasileiro ainda existe a necessidade de um maior investimento. O preço médio de um módulo fotovoltaico na Europa, por exemplo, no ano de 2011, atingiu 1,2 €/W, enquanto que no Brasil, considerando o menor valor médio, o custo foi de 6,30 R\$/W, o que seria equivalente na época à 2,5 €/W, mais que o dobro do valor (Torres, 2012).

Em relação à energia solar como fonte de calor, sua maior utilização é para o aquecimento da água, e segundo Lamberts et al. (2010b), nas residências a redução do consumo de energia pode ser adquirida principalmente através do aquecimento nos chuveiros elétricos com a utilização de aquecedores solares. A Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo de Energia (PPH), realizada em 2005 pela Eletrobrás Procel em parceria com a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), mostra que 73% das residências brasileiras possuem chuveiro elétrico. A participação do chuveiro elétrico no consumo total de energia elétrica nas residências foi estimada em 24% (Souza, Salvador & Lomelino, 2012). No entanto, em uma residência pequena, com quatro moradores, "o chuveiro elétrico pode responder por até 45% do consumo de energia elétrica durante os meses mais frios e por 30%, quando a potência pode ser reduzida, num período mais quente do ano" (Souza, Salvador & Lomelino, 2012, p. 29). O hábito de consumo do chuveiro elétrico mostra que 39% dos chuveiros estão

em uso entre as 18h e 19h e outros 11% dos chuveiros estão em uso entre 6h e 8h da manhã. Há uma concentração de uso do chuveiro elétrico que forma um pico de demanda no sistema elétrico nacional (Souza, Salvador & Lomelino, 2012).

Com o aquecedor solar é possível diminuir o consumo no pico de demanda do sistema elétrico, reduzindo investimentos em sistemas de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica (Lamberts et al, 2010b). Esse sistema é a primeira alternativa de energia não convencional implantada e obrigatória no PMCMV, nas residências de Faixa 1 – que são imóveis destinados a famílias com renda de até R\$ 1800 e financiamento de até 90% do valor do imóvel –, de acordo com as Especificações Mínimas para financiamento através da Caixa Econômica Federal (2015), contribuindo para a economia de energia e difusão desse sistema.

Assim, para que se consiga transformar uma habitação em uma construção mais sustentável no quesito energético, é necessário que o projeto da construção seja elaborado respeitando as diretrizes de eficiência energética, procurando realizar uma habitação que se adeque ao ambiente e reduzindo a utilização da energia elétrica convencional com a utilização de soluções passivas e ativas.

3. Metodologia

Na primeira etapa da pesquisa realizou-se a revisão de literatura acerca do tema, com o objetivo de levantar o conhecimento já produzido na área, a partir da consulta de livros, artigos e revistas científicas disponíveis. Assim, foi realizado o levantamento das tecnologias e alternativas de energias existentes que visassem contribuir com a eficiência energética na habitação a partir da pesquisa documental.

A partir do referencial teórico, as alternativas de energia selecionadas para serem analisadas foram: iluminação natural, ventilação natural, cobertura vegetal e sistema fotovoltaico. As estratégias passivas (iluminação natural, ventilação natural e cobertura vegetal) foram selecionadas devido ao fato de serem fatores bioclimáticos importantes que devem ser considerados em um projeto de habitação brasileira, assim como a estratégia ativa, o sistema fotovoltaico, que possui um grande potencial energético em todo o território. Apesar do sistema de aquecimento solar ter sido levantado, sua importância de economia de energia e custos para implantação já estão mais difundidos no país, além de já ter o seu uso obrigatório nas residências de Faixa 1 no PMCMV, desta forma esta alternativa não entrou nas análises.

Na etapa de análise de dados, realizou-se uma avaliação, na qual as práticas e os custos para implantação/manutenção foram observados em relação a cada alternativa. As análises e os dados coletados utilizados para a simulação e descritos neste trabalho foram referentes ao primeiro semestre do ano de 2015, desta forma, ao longo do tempo todos os valores apresentados podem sofrer alterações. Para isso foi necessário realizar uma simulação considerando uma residência de tipo ideal, enquanto constructo analítico de residência média representativa do PMCMV, selecionando-se variáveis do Censo demográfico 2010 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2011), da norma NBR 15575 (Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT], 2008), e as exigências mínimas para a Faixa 1 do Programa Minha Casa Minha Vida (Caixa Econômica Federal, 2015). Os dados selecionados corresponderam a uma relação referente à região sudeste, no estado de São Paulo, para a cidade de São Carlos, local escolhido para se observar HIS de tipo ideal com as tecnologias pesquisadas, contendo uma família de baixa renda, também típica, com base nas residências reais do programa.

Assim, na HIS analisada foi considerada uma residência unifamiliar, sendo um casal e dois filhos, com a renda total mensal de R\$1600,00, valor máximo para a Faixa 1 do PMCMV. A área habitável da residência foi considerada de 36 m², valor mínimo indicado nos manuais, contendo dois quartos, um banheiro e uma sala com cozinha. Observa-se que a área da residência considerada segue o mínimo possível da norma, com isso foram obtidos menores valores para o custo de compra e instalação das tecnologias; com o aumento da casa, os custos também aumentam.

Avaliou-se cada uma das alternativas, observando quais seriam mais vantajosas economicamente considerando previamente as seguintes condições:

Destinação do Salário: Para se avaliar a economia de energia pela residência realizou-se uma simulação supondo que a família escolheria apenas uma das tecnologias em sua habitação, destinando 5% do salário para isso, ou seja, R\$ 80,00/mês para quitação da implementação feita;

Energia consumida na residência: Uma residência brasileira consome em média 159 kWh/mês (Eletrobras & Procel, 2013). Este valor foi utilizado para os cálculos, e considerou-se apenas a tarifa média da Empresa CPFL Paulista (Companhia Paulista de Força e Luz). Para o consumo mensal de uma residência de baixa renda, superior a 100 kWh e inferior ou igual a 220 kWh, o valor é de 0,37214 R\$/kWh, aproximadamente 0,37 R\$/kWh. Sendo assim, o gasto mensal desta família com a conta de luz seria de aproximadamente R\$ 58,83;

Cálculos: As fórmulas utilizadas para se avaliar os custos foram:

$$Q = \text{CUSTO} / (\text{SM})$$

$$\text{RE} = (\text{CEE} \times \text{M} \times \text{RCE}) / 100$$

$$\text{R} = \text{CUSTO} / \text{RE}$$

Sendo:

Q: Tempo de quitação (mês)

CUSTO: Custo da alternativa avaliada (R\$)

SM: Valor referente à porcentagem do salário destinado para a quitação da alternativa por mês, neste caso 80,00 (R\$/mês)

RE: Redução da conta de energia (R\$/ano)

CEE: Valor da conta de energia elétrica mensal da família, neste caso 58,83 (R\$)

M: Quantidade de meses durante o ano, 12 (meses)

RCE: Redução do consumo de energia (%)

R: Tempo de retorno (anos)

Observações: É importante observar que os cálculos apresentados neste trabalho são simplificados, não contendo taxa de juros e inflação.

Por fim, elaboraram-se indicadores qualitativos de benefícios econômicos, ambientais e sociais no contexto da construção sustentável a partir do Diagrama Fast (Function Analysis System Technique), desenvolvido por Charles W. Bytheway, em 1965, que proporciona o entendimento da relação entre as funções de um produto ou processo. Neste caso foram elencados benefícios, relacionando-os e fazendo uma comparação com cada tecnologia.

4. Análise dos dados

Para que uma residência possua alternativas passivas e ativas de energia, é necessário se observar as variáveis importantes para a sua utilização e para seu melhor aproveitamento. O quadro 1 indica as alternativas selecionadas, seus parâmetros e quais seriam suas respectivas formas de manutenção e custo, quando houver.

Quadro 1.
Considerações das estratégias

Estratégias	Variáveis	Manutenção	Custos
Janelas laterais (Iluminação e Ventilação naturais)	Latitude, ciclos diários e sazonais, quantidade e local de abertura para a entrada da luz natural e para a passagem e trocas de ar.	Pouca manutenção quando feito o projeto de forma adequada, apenas limpeza ou pintura, por questões higiênicas, de estética e caso haja obstrução das entradas de ventilação.	Sem custo adicional em um projeto de residência comum, ao serem posicionadas de forma adequada as aberturas.
Cobertura extensiva (Cobertura vegetal)	Clima da região local, espessura do solo, tipo de vegetação escolhida, tipo material drenante, tipo de barreira contra as raízes e tipo de componente impermeabilizante, tipo do telhado da residência.	Necessita de períodos de irrigação e aparação.	Custo para a sua compra e instalação, normalmente por m ² . Instalação deve ser realizada com cuidado evitando infiltração e criação de mofo.
Sistema <i>Grid-tie</i> para residência ligado à rede de energia elétrica (Sistema Fotovoltaico)	Clima da região local, porcentagem de eficiência de energia, consumo mensal da residência por mês e valor da tarifa de energia.	Não necessita de manutenção durante sua vida útil (em torno de 20 anos).	Custo para a sua compra e instalação, variando com a quantidade de energia a ser produzida. Tecnologia de custo elevado ainda no Brasil.

Fonte: Elaborada a partir de Teixeira (2004), Luz (2009), Bittencourt e Cândido (2006), Neves (2006), Beatrice (2011), Dunnett e Kingsbury (2008), Torres (2012) e pesquisa de mercado.

A partir do quadro 1, observa-se que o aproveitamento da iluminação e ventilação naturais pode ser realizado através das janelas laterais, já que mesmo as mais simples, contribuem para a redução de custos de energia, aumentando o desempenho termo-energético da edificação. A instalação deste componente deve ser bem planejada na fase de projeto da casa. Assim, com a disposição correta destas janelas, é possível melhorar o conforto ambiental dos usuários, fornecendo uma iluminação de melhor qualidade, um ambiente mais saudável, além de se economizar com mecanismos artificiais de ventilação, resfriamento e com a iluminação artificial. Para a cidade de São Carlos as melhores orientações em relação à iluminação natural são norte e leste, para os ambientes de maior permanência, devendo-se evitar o lado oeste por ser muito quente, e sul, por ser muito frio, enquanto que a direção dos ventos predominantes é sudeste (University of California, Los Angeles [UCLA], 2015), sendo interessante colocar as aberturas das janelas também próxima desta orientação.

Outra estratégia passiva, a cobertura vegetal, é uma estrutura que ajuda no microclima da região local, promovendo uma maior integração da residência com o ambiente natural. Verificou-se o custo desta tecnologia através de duas empresas existentes, uma em Limeira (1) e outra localizada em São Paulo (2), os dados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2.
Custo da Cobertura Vegetal

Variáveis supostas para a cobertura vegetal	Empresa	Componentes do Sistema	Valor (R\$/m ²)	Total (R\$)
Cidade: São Carlos	1	Componente completo (módulo + substrato + plantas + instalação)	200,00	7.200,00
Tipo de Cobertura: Laje				
Dimensão da cobertura: 36 m ²	2	Componente com manual para instalação e sem plantas (módulo + substrato)	100,78	3.628,24

Fonte: Elaborada pelos autores a partir da pesquisa de mercado.

Por fim, como estratégia ativa para a residência existe o sistema fotovoltaico, que, dependendo do caso, pode chegar a economizar de forma integral a energia elétrica convencional. No mercado brasileiro existem empresas que fabricam as placas fotovoltaicas, porém, a maioria delas apenas com uma geração maior de kWh/mês. O orçamento adquirido através de quatro empresas brasileiras é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3.
Custo do Sistema fotovoltaico

Variáveis supostas para o sistema fotovoltaico	Empresa	Componentes do Sistema	Total (R\$)
Cidade: São Carlos	1	Geração de 150 kWh/mês + instalação	17.000,00
Consumo médio: 159 kWh/mês (Eletrobras & Procel, 2013)	2	Geração de 210 kWh/mês + instalação	21.300,00
Distribuidora: CPFL Paulista			
Tarifa média: 0,37 R\$/kWh	3	Geração de 250 kWh/mês + instalação	35.780,88
Rede: 127V			
Sistema: monofásico	4	Geração de 245 kWh/mês + instalação	25.290,00

Fonte: Elaborada pelos autores a partir da pesquisa de mercado.

5. Discussão dos resultados

A partir do levantamento e análise das tecnologias observou-se que a iluminação natural e a ventilação natural podem ser consideradas sem custo, sendo que a residência a ser construída na cidade de São Carlos daria preferência para as aberturas à sudeste, favorecendo a ventilação natural, e leste e norte, para a iluminação natural, facilitando também o efeito da ventilação cruzada dentro da residência. Como exemplo, caso a orientação da residência fosse norte-sul, poderiam ser colocadas: mais aberturas na orientação leste, favorecendo uma melhor iluminação natural e ventilação; uma abertura na região norte, que contribuiria para a iluminação natural e também poderia ser utilizada como uma possível saída do ar; e outra janela na orientação sul, que, mesmo não sendo uma região favorável para iluminação, pode fornecer uma abertura devido aos ventos predominantes à sudeste, na região de São Carlos, conforme indica a Figura 1. A figura 1 considera somente as estratégias passivas de ventilação natural e iluminação natural, caso fossem incluídos a cobertura vegetal e sistema fotovoltaico, o telhado e/ou a laje teriam que ser dimensionado adequadamente, observando sua inclinação e/ou resistência, devido às necessidades de cada sistema em relação à instalação.

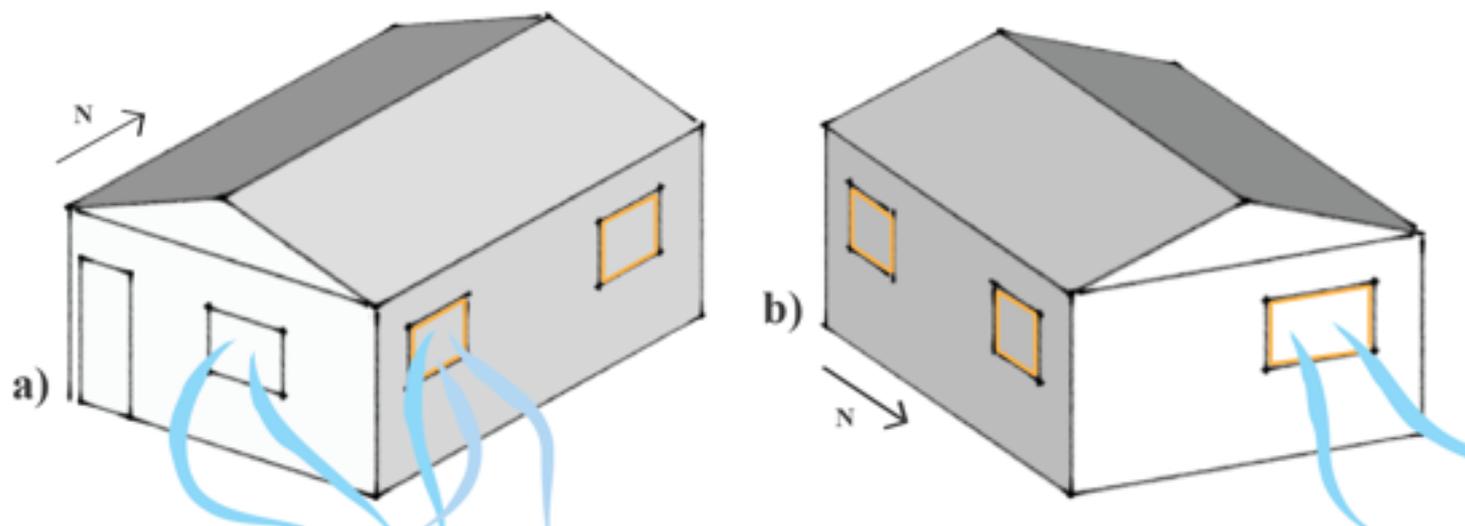


Figura 1. Possível distribuição de janelas em uma HIS em São Carlos
Fonte: Elaborada pelos autores

Para a possível implantação da cobertura vegetal escolheu-se o orçamento da empresa de menor custo, sendo que a família seguiria o manual de instalação e poderia escolher a vegetação a ser plantada, podendo até mesmo cultivar uma pequena horta que ajudaria no complemento da alimentação, gerando uma redução no consumo energético de 2% (considerando-se a menor redução de energia vista na literatura). E a outra opção de implantação seria do sistema fotovoltaico, sendo escolhido o orçamento de menor custo, que gera a potência de 150 kWh/mês, praticamente o quanto a família também consome (159 kWh/mês), considerando-se uma redução no consumo de energia de 90%. A comparação de custos entre o sistema fotovoltaico e a cobertura vegetal é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4.
Dados comparativos

Tecnologia/Alternativa de energia	Custo (R\$)	Tempo de quitação aprox. (Q)	Redução do consumo de energia (RCE)	Tempo de retorno do investimento aprox. (R)
Cobertura vegetal	3.628,24	46 meses (4 anos)	2%	257 anos
Sistema fotovoltaico	17.000,00	213 meses (18 anos)	90%	27 anos

Fonte: Elaborada pelos autores

Com a Tabela 4 é possível verificar que, para questões energéticas e economia financeira, o gasto com a implantação do telhado verde não possui um custo elevado, porém, em relação ao retorno financeiro, esse investimento nunca chegaria a "se pagar", já que ele economizaria apenas 2% do consumo anual de energia elétrica. Contudo, é uma tecnologia que pode proporcionar para a população de baixa renda além de um maior conforto térmico dentro da residência, um lazer, pois podem ser cultivadas hortaliças e plantas de pequeno porte, colaborando desta forma com o dia-a-dia desta população.

O sistema fotovoltaico, diferentemente do telhado verde, pode conseguir uma economia próxima dos 100%, contudo é um investimento muito caro e inviável para a maioria das famílias brasileiras, que seria pago em aproximadamente 18 anos, segundo as suposições feitas neste artigo. Os custos com a conta de luz seriam reduzidos drasticamente e depois de 27 anos o investimento realizado seria quitado, contudo a vida útil desse sistema, como já foi visto, é em torno de 20 anos. Ainda assim, essa tecnologia deve ser analisada e estudada como uma possível fonte de energia elétrica para o PMCMV, já que evita a construção de novas usinas de energia, necessitando de maiores incentivos governamentais para que ela seja utilizada em larga escala.

Para se observar os benefícios não só econômicos como também sociais e ambientais, foram elaborados indicadores a partir do Diagrama Fast (apresentado na Figura 2), para analisar as quatro tecnologias de energia propostas neste trabalho. Com base na revisão de literatura e nos dados econômicos, sociais e ambientais obtidos, é possível caracterizar cada tecnologia de acordo com benefícios e relacioná-los entre si, para se observar a importância de cada um, conforme indica a Tabela 5.

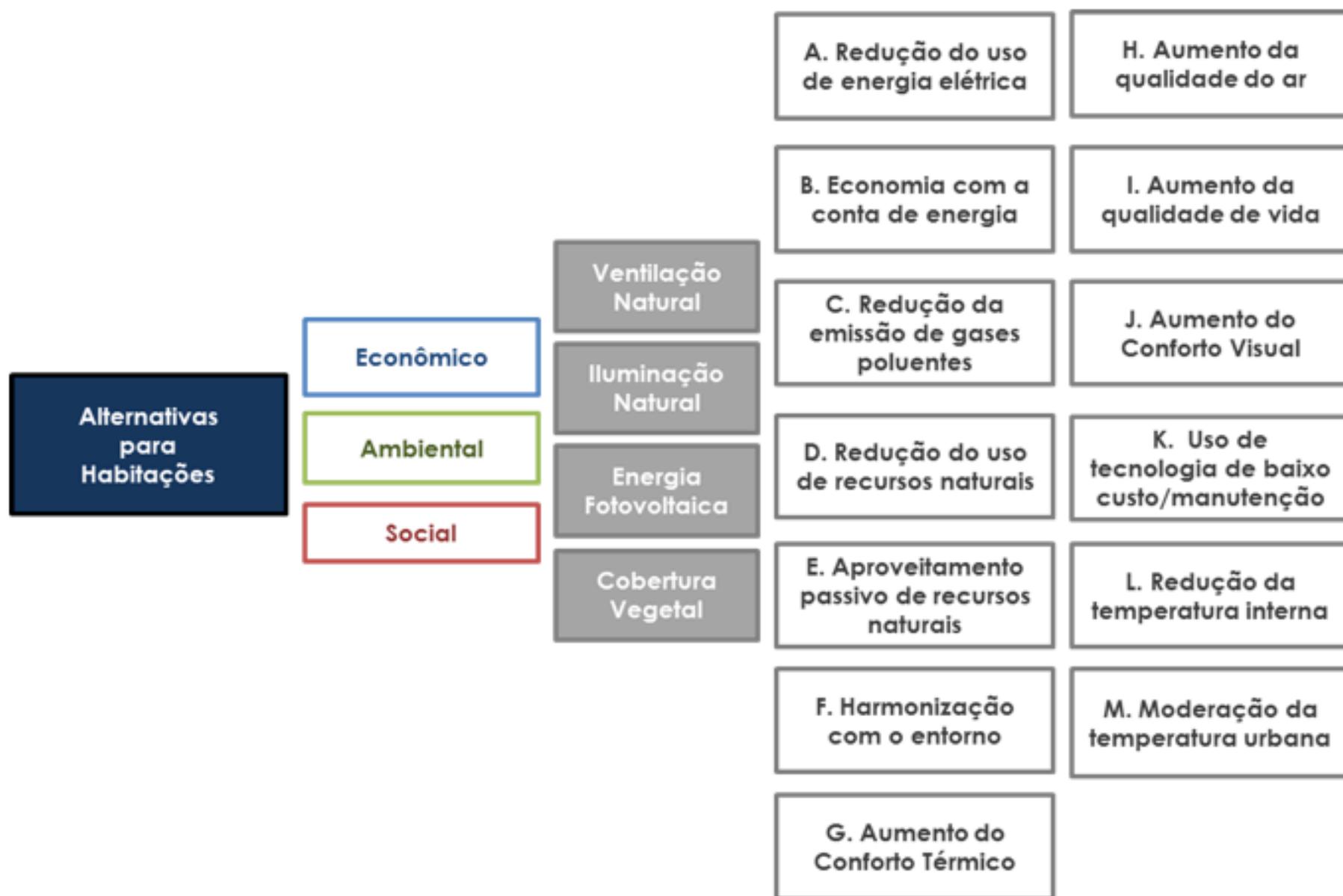


Figura 2. Diagrama Fast
 Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 5.
 Elaboração dos níveis de importância de cada benefício

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Indicadores de benefícios	Pontos	%
-	B2	C1	D2	E2	A3	A1	H2	I3	A3	A2	A1	A1	A. Redução do uso de energia elétrica	11	7,5
-	-	C1	D1	E1	B3	B1	H1	I3	B3	K1	B1	M1	B. Economia com a conta de energia	10	6,8
-	-	-	D1	C2	C3	C2	C1	I1	C3	C2	C2	C1	C. Redução de emissão de gases poluentes	18	12,3
-	-	-	-	D2	D3	D1	H1	I2	D3	D2	D2	D1	D. Redução do uso de recursos naturais	18	12,3
-	-	-	-	-	E2	E1	H1	I2	E2	E2	E2	E1	E. Aproveitamento passivo de recursos naturais	13	8,9
-	-	-	-	-	-	G3	H3	I3	J1	K2	L3	F1	F. Harmonização com o entorno	1	0,7
-	-	-	-	-	-	-	H2	I3	G2	G1	G1	G1	G. Aumento do conforto térmico	8	5,5
-	-	-	-	-	-	-	-	I2	H3	H2	H2	H2	H. Aumento da qualidade do ar	19	13
-	-	-	-	-	-	-	-	-	I3	I3	I3	I3	I. Aumento da qualidade de vida	31	21,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K2	L1	M2	J. Aumento do conforto visual	1	0,7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L1	M1	K. Uso de tecnologia de baixo custo/manutenção	5	3,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L2	L. Redução da temperatura interna	7	4,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M. Moderação da temperatura urbana	4	2,9
3	Muito mais importante												Total	146	100
2	Moderadamente mais importante														
1	Pouco mais importante														

Fonte: Elaborada pelos autores

Sendo essa avaliação de forma qualitativa, os benefícios foram comparados dando a importância segundo a literatura científica revisada no embasamento teórico desta pesquisa. Ao ser comparado o benefício de Redução do uso de energia elétrica (A) com Aumento do conforto visual (J), o item A foi considerado mais importante (classificação 3), devido ao enfoque da pesquisa, ganhando a indicação A3 na tabela. A soma dos pontos na penúltima coluna da Tabela 5 indica qual a importância do benefício em relação a todos os demais, sendo este valor igual à soma dos valores de cada letra em toda a tabela (ex: A1 + A3 + A2, 1+2+3 =5). O mesmo foi realizado com todos os benefícios e depois esse valor foi transformado na porcentagem que representa cada um deles. Depois de serem denominados os níveis de importância de cada benefício, eles foram relacionados com as tecnologias, conforme indica a Tabela 6, mostrando o total de pontos adquiridos por cada tecnologia.

Tabela 6.

Total de pontos para cada tecnologia referente aos indicadores

Indicadores de benefícios	%	Ventilação Natural	Iluminação Natural	Cobertura Vegetal	Energia Fotovoltaica
A. Redução do uso de energia elétrica	7,5	2	15	3	22,5
B. Economia com a conta de energia	6,8	2	13,6	3	20,4
C. Redução de emissão de gases poluentes	12,3	2	24,6	2	24,6
D. Redução do uso de recursos naturais	12,3	3	37,8	3	37,8
E. Aproveitamento passivo de recursos naturais	8,9	3	26,7	3	26,7
F. Harmonização com o entorno	0,7	2	1,4	2	1,4
G. Aumento do conforto térmico	5,5	3	16,5	3	16,5
H. Aumento da qualidade do ar	13	3	39	3	39
I. Aumento da qualidade de vida	21,2	3	63,6	3	63,6
J. Aumento do conforto visual	0,7	2	1,4	2	1,4
K. Uso de tecnologia de baixo custo/manutenção	3,4	3	10,2	3	10,2
L. Redução da temperatura interna	4,8	3	14,4	1	4,8
M. Moderação da temperatura urbana	2,9	3	8,7	2	5,8
Total de pontos de cada Alternativa		272,9	274,7	245,4	183,3
3 = Alternativa contribui com o indicador diretamente					
2 = Alternativa contribui com indicador de maneira indireta					
1 = Alternativa contribui pouco com o indicador					

Fonte: Elaborada pelos autores

A partir da Tabela 6, observa-se que, em relação aos benefícios gerais, a iluminação natural e a ventilação natural são as alternativas com mais pontos, seguidas pela cobertura vegetal, atendendo a maioria dos indicadores. Assim, relacionando o total de pontos dos indicadores adquiridos com os custos, podemos verificar que as tecnologias mais vantajosas são a ventilação e iluminação naturais, que não apresentam custo (eixo y) e contam com mais pontos de indicadores (eixo x), conforme indica a Figura 3.

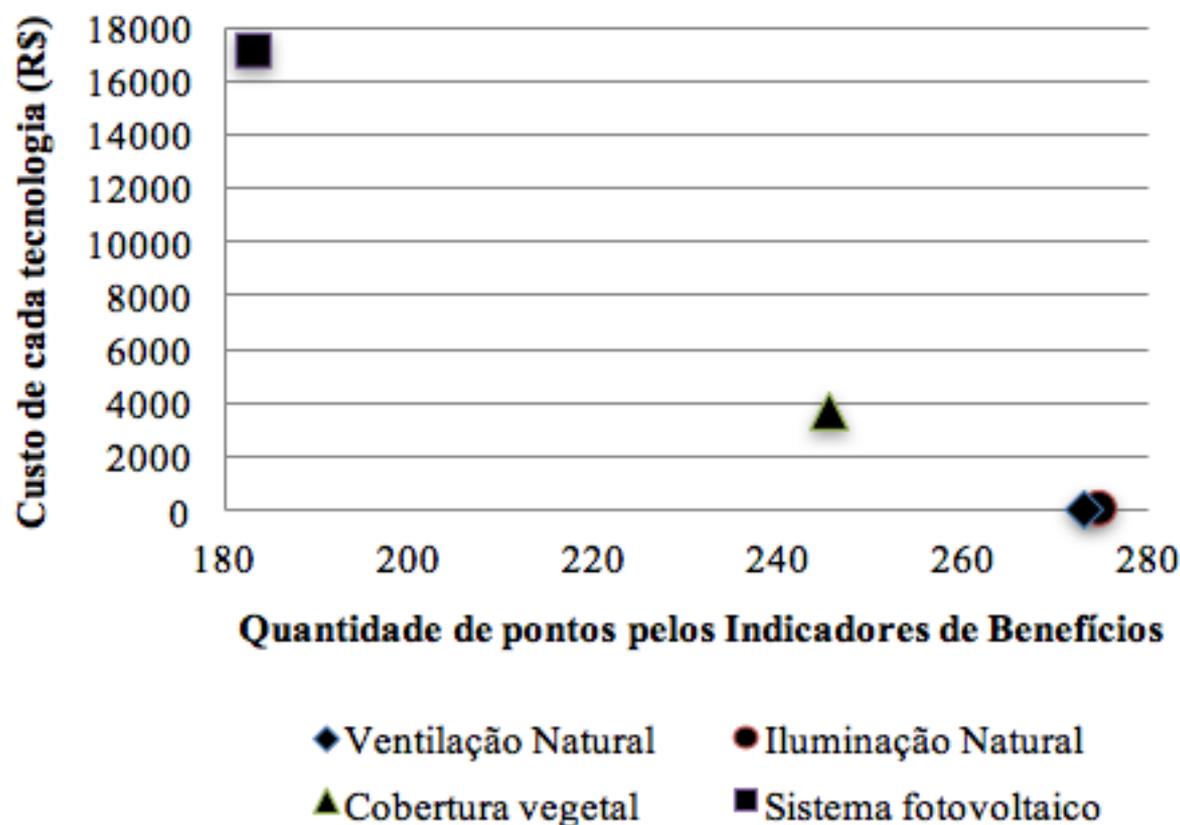


Figura 3. Custo de cada tecnologia versus o total de pontos de indicadores
Fonte: Elaborada pelos autores

6. Conclusões

Comparando os resultados da economia de energia das tecnologias propostas com os benefícios sociais, ambientais e econômicos, é possível observar que para uma família de baixa

renda as tecnologias mais viáveis são a iluminação e a ventilação naturais. A cobertura vegetal ainda é um processo que não tem um retorno financeiro tangível, contudo não se pode deixar de observar que ela proporciona um maior conforto térmico, melhoria na qualidade do ar do entorno e da população. Por fim, a energia fotovoltaica pode ser considerada um processo caro no país, que precisa de mais estudos e financiamentos, buscando que ela seja mais desenvolvida e utilizada.

Apesar das análises terem sido direcionadas aos usuários finais, a escolha dessas tecnologias muitas vezes não está ao alcance dos mesmos. De forma geral, as construtoras são responsáveis pela construção e os moradores, a partir do ambiente finalizado, farão o financiamento. Seria necessário, portanto, uma maior conscientização deste setor, para que ocorra a adoção dessas técnicas e análises construtivas.

Com este trabalho de pesquisa, foi possível observar que existe a possibilidade de uma maior difusão de construções eficientes energeticamente no contexto brasileiro. Trabalhos na área devem ser cada vez mais realizados, buscando não só expandir, mas também implantar tecnologias e alternativas passivas e ativas de energia, através de incentivos por parte governamental, fornecendo subsídios para uma maior conscientização e fiscalização das construtoras.

Como forma de sugestão para trabalhos futuros, poderia ser realizado o aprofundamento maior da questão energética não só nas residências, mas também em outros setores utilizados pela sociedade, como edifícios comerciais e públicos. Utilizando-se do desenvolvimento de tecnologias mais econômicas e eficientes, e buscando a sua implantação por meio de propostas e parcerias, a pesquisa pode ser transformada em prática, proporcionando para a população um ambiente construído mais sustentável.

Agradecimentos

Esta pesquisa está vinculada com o grupo de pesquisa ACert - Auditoria, Certificação e Gerenciamento Socioambiental (CNPq/ UNESP), na linha de pesquisa de construção sustentável (certificações e práticas), o qual acompanhou todo o desenvolvimento do projeto. Os autores agradecem pela bolsa de iniciação científica concedida, processo nº 2013/03649-8, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e as empresas, consultorias e organizações que apoiaram e dispuseram de informações imprescindíveis para este trabalho.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008). *NBR 15575: Edificações habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho*. Rio de Janeiro.

Amore, C. S., Shimbo, L. Z., & Rufino, M. B. C. (2015). *Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros*. Rio de Janeiro: Letra Capital.

Beatrice, C. C. (2011). *Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil.

Bittencourt, L., & Cândido, C. (2006). *Introdução à ventilação natural*. Maceió: EDUFAL.

Caixa Econômica Federal. Minha Casa Minha Vida. Recuperado em 5, maio, 2015 de <http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/Paginas/default.aspx>.

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. (2010). *Eficiência Energética e Habitação de Interesse Social no Estado de São Paulo*. Sumário Técnico Resumido. São Paulo, Brasil, dezembro de 2010.

Dimoudi, A., & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, (35), 69-76.

Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2008). *Planting Green Roofs and Living Walls*. Portland: Timber

Press.

Eletrobras & Procel. (2013). *Relatório de Resultados do Procel 2013: Ano Base 2012*. Rio de Janeiro: Eletrobras & Procel.

Empresa de Pesquisa Energética. (2015). *Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 5 anos (2016-2020)*. Rio de Janeiro: EPE.

Empresa de Pesquisa Energética. (2016). *Balanco Energético Nacional 2016: ano base 2015*. Rio de Janeiro: EPE.

Gonçalves, J. C. (2009). *O controle social de terra e água no interior paulista*. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011). *Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE.

Lamberts, R., Dutra, L., & Pereira, F. O. R. (2014). *Eficiência energética na arquitetura.. 3ª Edição*. São Paulo: Ed. PW Brasil

Lamberts, R., Ghisi, E., Pereira, C. D., & Batista, J. O. (2010a). *Casa eficiente: bioclimatologia e desempenho térmico*. Florianópolis: UFSC, LabEEE.

Lamberts, R., Ghisi, E., Pereira, C. D., & Batista, J. O. (2010b) *Casa eficiente: consumo e geração de energia*. Vol. 2. Florianópolis: UFSC, LabEEE.

Luz, B. (2009). *Condução da luz natural por sistemas não convencionais*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Neves, L. O. (2006). *Arquitetura bioclimática e a obra de Severino Porto: estratégias de ventilação natural*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil.

Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A., & Mihalakakou, G. (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings*, 33(7), 719–729.

Olgay, V. (1998). *Arquitectura y clima – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili.

Rüther, R. (2004). *Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública do Brasil*. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR.

Souza, R. C., Salvador, E., Lomelino, M. V. (2012) Aquecimento de água para banho no Brasil in: Vasconcellos, L. E. M., Limberger, M. A. C. (org.). Eletrobras Procel. *Energia solar para aquecimento de água no Brasil: contribuições da Eletrobrás Procel e parceiros*. Rio de Janeiro: Eletrobras.

Teixeira, W. (2004). *Softwares para iluminação. Passaporte de entrada para novos mercados profissionais*. Revista Lume Arquitetura, 76-85.

Torres, R. C. (2012). *Energia solar fotovoltaica como fonte de alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil.

University of California, Los Angeles. *Climate Consultant 6.0*. Universidade da Califórnia, Los Angeles, EUA. Recuperado em 5, maio, 2015 de <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu>.

Vianna, N. S., & Gonçalves, J. C. S. (2007). *Iluminação e arquitetura*. 3rd ed. São Paulo: Geros Arquitetura Ltda.

Wong, N. H., Chen, Y., Ong, C. L., & Sia, A. (2003). Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Environment*, 38(2), 261–270.

1. Mestranda em Ciências na área de Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia no Instituto de Arquitetura e Urbanismo USP/São Carlos. Engenheira Ambiental formada pela UNESP/Rio Claro, Brasil.

2. Professora Assistente Doutora da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Brasil. Professora orientadora de Pós-

graduação em Gerenciamento Ambiental da ESALQ/Universidade de São Paulo.

3. Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Brasil.

4. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Ambientais. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade Federal de São Carlos, Brasil. Email: juliano@ufscar.br

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 23) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados