



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

## BALANÇO ENERGÉTICO NULO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO NO SUL DO BRASIL<sup>1</sup>

**LIMA, Marcos Vinícius de (1); SILVA, Thaísa Leal da (2); RIBEIRO, Lauro André (3);**

- (1)** Mestre pelo Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) - Faculdade Meridional - IMED, 1116610@imed.edu.br
- (2)** Docente do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) - Faculdade Meridional – IMED, thaisa.silva@imed.edu.br
- (3)** Docente do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) - Faculdade Meridional – IMED, lauro.ribeiro@imed.edu.br

### RESUMO

*No Brasil, a crise energética ocorrida em 2001 abriu o caminho para a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Atualmente, a produção de eletricidade nos edifícios como forma de suprir a demanda própria já é realidade. Neste contexto, este artigo possui como objetivo investigar o consumo energético de uma habitação de interesse social consolidada no contexto climático do sul do Brasil (ZB2), bem como avaliar a viabilidade de produção de energia elétrica fotovoltaica para suprir a demanda energética da edificação, contribuindo para a disseminação de edificações com balanço energético nulo (NZE). O objeto da pesquisa é uma edificação consolidada no conjunto habitacional Canaã, do programa Minha Casa, Minha Vida na cidade de Passo Fundo/RS. Como método estimou-se o consumo de energia através do método de simulação computacional recomendado pelo RTQ-R, o potencial de geração de energia renovável local através de geração fotovoltaica, e a análise econômica por meio das ferramentas VPL, TIR e Payback. O trabalho demonstra que é possível implantar habitações NZEBs do ponto de vista econômico para geração de energia em tipologia de interesse social no sul do Brasil.*

**Palavras-chave:** Eficiência energética; Habitação de interesse social; Balanço energético nulo.

### ABSTRACT

*In Brazil, the energy crisis that occurred in 2001 paved the way for the National Policy for Conservation and Rational Use of Energy. Currently, the production of electricity in buildings as a way to meet their own demand is already a reality. In this context, this article aims to investigate the energy consumption of a housing of social interest consolidated in the climatic context of southern Brazil (ZB2) as well as to evaluate the feasibility of producing photovoltaic electricity to supply the building's energy demand, contributing to the dissemination of buildings with zero energy balance (NZE). The object of the research is a consolidated building in the Canaã housing complex, from the Minha Casa, Minha Vida program in the city of Passo Fundo / RS. As a method, energy consumption was estimated using the computational*

---

<sup>1</sup> LIMA, Marcos Vinícius de; SILVA, Thaísa Leal da; RIBEIRO, Lauro André. Balanço Energético Nulo em Habitação de Interesse Social: Estudo de Caso no Sul do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

*simulation method recommended by RTQ-R, the potential for local renewable energy generation through photovoltaic generation, and economic analysis using the tools VPL, TIR and Payback. The work shows that it is possible to implement NZEBs housing from an economic point of view to generate energy in a typology of social interest in southern Brazil.*

**Keywords:** Energy efficiency; Social interest housing; NZEB.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao tratar de energia elétrica, o setor das edificações tem um papel fundamental no quesito de uso energético e manutenção, pois representa 50,5% do consumo final de energia elétrica no ano base de 2018, conforme o Balanço Energético Nacional (BEN, 2019), onde o consumo da classe residencial foi de 25,4%, ficando à frente do consumo comercial e público e somente atrás do consumo industrial (BEN, 2019). Nas edificações residenciais do sul do Brasil, os sistemas de climatização são os maiores consumidores de energia elétrica, seguidos pelos equipamentos de aquecimento de água e refrigeração (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Pesquisa recente realizada pela Eletrobrás (2019) com base nos meses de Julho de 2018 a Abril de 2019 aponta que 25% dos domicílios do estado possuem aparelho de climatização, sendo que 95% do uso do aparelho condicionador de ar é para aquecimento. O Rio Grande do Sul é o estado que possui maior número de equipamentos com a função aquecimento e resfriamento do país, onde os usuários assumem que utilizam climatização de modo intenso, ou seja, de 6 a 7 vezes por semana. A mesma pesquisa de posses e hábitos conduzida pela Eletrobrás (2019) evidenciou que a média de condicionadores de ar no estado do Rio Grande do Sul por unidade habitacional é maior que a média nacional, sendo 0,32 aparelhos por UH no RS e 0,22 aparelhos por UH no Brasil.

Neste contexto de uso energético nas edificações, a questão de Edifícios de Energia Zero tem recebido atenção crescente. Em 2010, a Comissão Europeia - *Energy Performance of Buildings Directive* aprovou a reformulação da diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios, que exige que até o final de 2020 todos os novos edifícios sejam edifícios com energia próximo a zero, ou seja, que possuam consumo energético muito baixo (SUDBRACK, 2017). A Diretiva europeia para os edifícios, *Energy Performance of Buildings Directive* (DIRETIVA 2010/31, p.6) menciona ZEB como um edifício "com um desempenho energético muito elevado em que as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser substituídas por energias renováveis produzida no local ou nas proximidades".

A partir do conceito europeu, o Conselho dos Emirados Árabes para Construções Sustentáveis (EGBC, 2017) conceituou as edificações ZEBs de acordo com sua demanda e produção de energia renovável referente a cada edificação. A diferença entre o consumo de energia e a geração de energia reflete a meta das ZEBs, resultando em edificações *Nearly Zero Energy Building* (NZEB) com baixo consumo de energia e geração renovável cobrindo a maior parte da demanda anual e *Net Zero Energy Building* (nZEB), edificações com baixo consumo de energia, porém com geração renovável cobrindo totalmente sua demanda anual, sendo considerada edificação de balanço nulo anual.

Conforme Voss e Musall (2013) a questão mais importante acerca dos edifícios residenciais de energia zero é a redução do consumo. A maioria das casas de balanço energético nulo atualmente localizam-se em países de clima temperado onde o maior consumo energético parte dos sistemas de calefação. Estratégias de arquitetura passiva como uso de ventilação natural, iluminação natural, sombreamento de aberturas no verão e aproveitamento da irradiação do sol no

inverno estão presentes em quase todos os projetos. Os equipamentos de suprimento energético são em sua maior parte coletores solares térmicos para aquecimento da água e sistemas fotovoltaicos para suprir a demanda de energia elétrica das edificações.

Em relação ao problema habitacional brasileiro, o país possui um déficit habitacional de mais de seis milhões de residências, destas, mais de setecentas e trinta mil apenas na região Sul, onde o estado do Rio Grande do Sul apresenta um déficit de duzentas e quarenta mil moradias para o ano de 2015 (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). No âmbito da produção da habitação para suprir o déficit, a partir de 2009 destaca-se a produção de habitação de interesse social por meio do Programa Minha Casa, Minha Vida. Em se tratando de projetos desenvolvidos no PMCMV, de acordo com Berleze e Silvosio (2018) os projetos têm apresentado pouca preocupação com contextos culturais e ambientais de uma sociedade e clima tão diversificados quanto os brasileiros, acarretando em baixa satisfação dos moradores com aspectos de temperatura e umidade de alguns ambientes e pouca preocupação dos projetistas com a qualidade ambiental das moradias.

Nesse sentido, conforme estudo desenvolvido pela WRI Brasil (DALL'AGNOL; CACCIA; MACKRES; 2018) analisando os benefícios e os custos da adoção de medidas de eficiência energética para empreendimentos de habitação de interesse social, o Programa Minha Casa, Minha Vida é crucial, seja pelo viés do número expressivo de moradias consolidadas e a qualidade urbanística dos empreendimentos, quanto pelo impacto que a ocupação urbana causa à população, às cidades e ao meio ambiente.

Deste modo o objetivo deste estudo é investigar se o consumo energético de uma habitação de interesse social consolidada na cidade de Passo Fundo e analisar a viabilidade econômica de produção de energia elétrica fotovoltaica para suprir a demanda anual da edificação. O objeto da pesquisa é uma edificação consolidada no conjunto habitacional Canaã, do programa Minha Casa, Minha Vida, no bairro Leonardo Ilha, em área periférica da cidade de Passo Fundo/RS. Este artigo é resultado de pesquisa para desenvolvimento de dissertação no âmbito de um Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Arquitetura e Urbanismo.

## 2 METODOLOGIA

O método utilizado para quantificar a demanda de energia elétrica adotado teve base no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), abordando o método de simulação onde, através da modelagem no *software SketchUp* e configuração no *software EnergyPlus* v8.7, foi utilizado o padrão de uso, iluminação e a carga interna de equipamentos elétricos para edificações climatizadas artificialmente (INMETRO, 2012). Para a modelagem computacional foi selecionada uma edificação com orientação solar Sudeste pois 40% das edificações possuem essa orientação. Foi considerada a existência de aquecimento solar de água nas edificações, ou seja, excluindo deste estudo a demanda de energia para aquecimento de água.

Após a simulação da demanda energética foi realizado dimensionamento do potencial de geração de energia fotovoltaica integrada à rede de distribuição. Para o dimensionamento do potencial de geração de energia dos painéis solares são necessários dados diários de radiação solar incidente na cobertura da edificação. Os valores das médias mensais do total diário da radiação solar (kWh/m<sup>2</sup>/dia) para o período anual foram obtidos com o uso do *software EnergyPlus* v8.7 de acordo com

a orientação solar e plano de cobertura da edificação. Os dados climáticos de simulação foram calculados através do arquivo climático da cidade de Passo Fundo (RORIZ, 2012).

Para a etapa de dimensionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFCR), de acordo com a metodologia de cálculo utilizada para avaliar o potencial de geração de energia solar fotovoltaica no edifício do CREA-SC (MARINOSKI; SALAMONI; RÜTHER, 2004) foram realizados os cálculos de potência nominal (gerada a partir da radiação solar) necessária para atender ao consumo médio diário da edificação para estimar a área de módulos a ser instalada. Este cálculo, conforme a Equação 1, mostra a capacidade da edificação de efetivar o balanço energético nulo através da energia solar.

$$P_{cc} = \frac{(E/G_{poa})}{R} \quad (1)$$

Onde:

Pcc = Potência média necessária (kWpcc);

E = Consumo médio diário durante o ano (kWh/dia);

Gpoa = Ganho por radiação solar: média mensal do total diário (kWh/m<sup>2</sup>/dia);

R = Rendimento do sistema (%).

A partir da Equação 1 é possível verificar qual a demanda de área de cobertura para instalação dos módulos fotovoltaicos. Nesta etapa definiu-se que os módulos adotados serão da marca *Canadian Solar*, modelo CS6U-335M, com eficiência de 17,2% e classificação energética "A" conforme o INMETRO. Um inversor On-Grid Reno 500 Slave e um monitor On-Grid Reno 201 Master com monitoramento web, bem como estruturas de fixação na cobertura, dispositivos de proteção, cabeamento e serviço de instalação e homologação com a concessionária local. Assim, através da Equação 2, demonstra-se a área necessária de módulos fotovoltaicos para cada uma das quatro edificações.

$$A_{total} = \frac{P_{cc}}{E_{ff}} \quad (2)$$

Onde:

Atotal = Área de painéis (m<sup>2</sup>);

Pcc = Potência média necessária (kWpcc);

Eff = Eficiência do painel (%).

A partir da área de painéis instalados na cobertura é possível obter a média mensal de energia gerada pelo sistema de acordo com a radiação incidente. Após dimensionar o SFCR o estudo de viabilidade econômica foi feito com base no mês de Maio de 2020 com as seguintes considerações:

- SFV com vida útil média de 25 anos;
- Consumo médio de energia elétrica de 266,61 kWh/mês;
- Unidades consumidoras monofásica com custo de disponibilidade mensal de 30 kWh;
- Consumidor residencial pertencente ao subgrupo B1, com tarifa convencional e adicional de bandeira verde de 0,88 R\$/kWh (CPFL, 2020);
- Valor padrão de 8,63% a.a. para a correção da tarifa de energia elétrica, com base em reajuste anual de 2019 (CPFL, 2020);
- Investimento inicial de R\$ 16.976,38 de acordo com pesquisas no mercado de instaladores fotovoltaicos em Passo Fundo;
- Custos com operação e manutenção de 1% a.a. sobre o investimento inicial total do SFV (EPE, 2012);

- Perda de eficiência do gerador fotovoltaico de 0,65% a.a. (EPE, 2012);
- Reposição de inversor a cada 10 anos, representando R\$ 2.700,00;
- Taxa de juros SELIC de 3,75% referente ao mês de Maio de 2020 (BCB, 2020).

Para a análise de viabilidade financeira utiliza-se o método de cálculo de período de recuperação do investimento (payback), cálculo do valor presente líquido (VPL) e Taxa de Retorno do Investimento (TIR) referente ao custo de implementação do sistema fotovoltaico dimensionado para suprir a demanda da unidade habitacional e o custo da energia elétrica no momento desta pesquisa.

### 3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo consiste em uma residência unifamiliar projetada e executada seguindo as diretrizes nacionais do Programa Minha Casa, Minha Vida com tipologia composta por uma sala de estar e jantar, dois quartos, cozinha, área de serviço, circulação e um banheiro, distribuídos em 45,63m<sup>2</sup>.

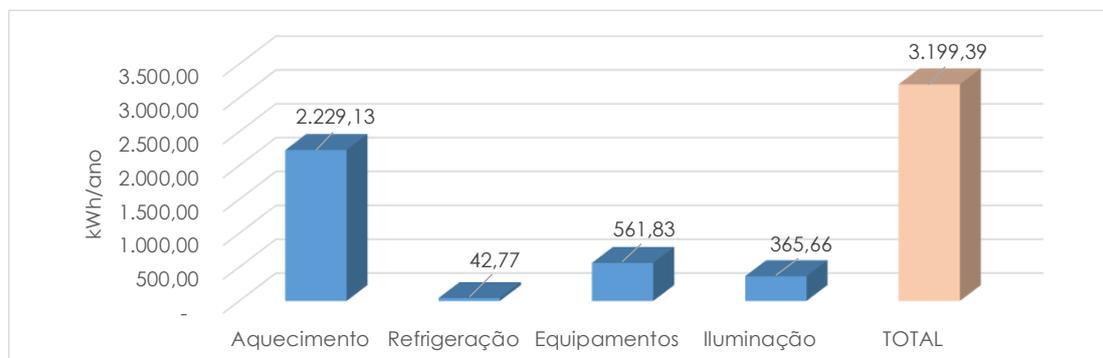
As propriedades dos materiais e aberturas são determinantes no desempenho térmico e energético de uma edificação. Nesta etapa do trabalho os componentes utilizados foram os mesmos identificados na edificação construída. Os dados simulados da transmitância da envoltória utilizados foram de 3,98 W/m<sup>2</sup>K para o piso, 2,22 W/m<sup>2</sup>K para as paredes de bloco cerâmico 6 furos (14x19x29) e 2,45 W/m<sup>2</sup>K para cobertura com telha de concreto e forro de PVC.

No caso dos vidros, foi considerado um vidro transparente incolor simples de 6mm de espessura, transmitância térmica de 5,7 W/m<sup>2</sup>K, transmitância visível de 0,89 e fator solar 0,87. Para o piso, foi modelada uma única composição, composta por uma camada de piso cerâmico de 0,01cm e laje de contrapiso de 07cm.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O consumo energético para aquecimento foi simulado em 2.229,13 kWh/ano, conforme Figura 1, uma média de 185,76 kWh por mês. Quando a metragem da edificação é analisada, o consumo de aquecimento é de 48,85 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Já para resfriamento, o consumo de energia é de 42,77 kwh/ano, representando a menor porcentagem de consumo. O consumo global médio de energia foi simulado em 3.199,39 kWh/ano, ou seja, 70,12 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

Figura 1 – Consumo energético simulado para a edificação.



Fonte: Autores (2020).

Com base na simulação, a demanda média de climatização para aquecimento representa 70% do consumo. A demanda para equipamentos representa o segundo maior consumo energético com 18% de representatividade.

Quanto à geração de energia e viabilidade econômica, o atual cenário econômico brasileiro com taxa de juros de 3,75% (05/2020) torna a geração fotovoltaica viável economicamente para o consumo de energia médio simulado para o estudo de caso, levando em consideração a atual tarifa de energia elétrica (bandeira verde).

A edificação analisada possui consumo elétrico médio de 266,61 kWh/mês, com investimento de R\$16.976,38 em 8 módulos fotovoltaicos, ou seja, o investimento torna-se viável em todos os cenários de pagamento, porém, devido a Selic baixa aliada ao consumo elevado, seu VPL é mais alto considerando o pagamento à vista, conforme Tabela 1. A Taxa Interna de Retorno (TIR) demonstra qual percentual de juros inviabilizaria o investimento, sendo um indicador do nível de risco. No cenário mais pessimista a TIR situa-se em 15,97%, ou seja, elevada em comparação com a atual taxa Selic, caracterizando o investimento como baixo risco.

O consumo mais alto em conjunto ao alto preço tarifário e baixo percentual da Selic torna o VPL mais atrativo, com uma TIR mínima de 19,26% para investimento a vista. O payback ficou em 6 anos para o cenário de pagamento à vista. Para o cenário de pagamento parcelado o payback acontece em 7 e 9 anos para pagamento em 12 ou 24 prestações, respectivamente.

Tabela 1 - Viabilidade financeira para atual tarifa, consumo e taxa de juros

Cenário	Investimento	VPL	TIR
À vista	R\$ 16.976,38	R\$ 53.809,64	19,26%
12x	R\$ 20.371,66	R\$ 50.569,83	18,78%
24x	R\$ 24.445,66	R\$ 45.451,45	15,97%

Legenda: Valores correspondentes ao Consumo 266,61 Kwh/Mês, Selic 3,75% e Tarifa R\$ 0,88.

Fonte: Autores (2020).

Ao considerar uma variação do consumo de energia médio mensal da edificação mantendo a atual tarifa de energia elétrica e a taxa de juros Selic, o consumo mínimo para tornar o investimento viável é de 96 kWh/mês, conforme Tabela 2, onde o VPL torna-se positivo no investimento à vista e torna-se negativo para investimentos parcelados. Neste cenário a TIR é reduzida a 3,79%, ou seja, próximo da Selic atual, considerando que qualquer variação positiva na taxa de desconto tornaria o investimento inviável, esse consumo torna-se arriscado do ponto de vista do investimento financeiro. Nesta simulação o payback aconteceu em 18 anos.

Tabela 2 - Cenário de consumo mínimo viável economicamente.

Cenário	Investimento	VPL	TIR
À vista	R\$ 16.976,38	R\$ 83,64	3,79%
12x	R\$ 20.371,66	R\$ - 3.156,17	2,4%
24x	R\$ 24.445,66	R\$ - 8.274,55	0,57%

Legenda: Valores correspondentes ao Consumo 96 Kwh/Mês, Selic 3,75% e Tarifa R\$ 0,88.

Fonte: Autores (2020).

Quando consideramos a viabilidade financeira a partir da tarifa de energia elétrica, percebe-se que o investimento somente torna-se viável quando a tarifa se encontra no limite mínimo de R\$ 0,27 no cenário de pagamento à vista, ou seja, sem considerar parcelar o pagamento, conforme Tabela 3. Nota-se que a TIR ficou em 4,04% no pagamento à vista, ou seja, próximo da taxa de juros de Fevereiro de 2020, 4,25%, o que indica que uma variação positiva nos juros mensais pode tornar o investimento

inviável mesmo que seja mantida a tarifa de energia elétrica em R\$ 0,27. Considerando que dificilmente as tarifas energéticas oscilem para baixo, quanto maior a tarifa mais viável será o investimento. Considerando esse cenário, o payback acontece em 18 anos.

Tabela 3 - Cenário de tarifa energética mínima viável economicamente

Cenário	Investimento	VPL	TIR
À vista	R\$ 16.976,38	R\$ 662,67	4,04%
12x	R\$ 20.371,66	R\$ - 2.577,14	2,67%
24x	R\$ 24.445,66	R\$ - 7.695,52	0,84%

Legenda: Valores correspondentes ao Consumo 266,61 Kwh/Mês, Selic 3,75% e Tarifa R\$ 0,27.

Fonte: Autores (2020).

Demonstra-se nestas simulações que quanto mais alto for o consumo energético, mais viável economicamente será um investimento em placas solares fotovoltaicas. Da mesma maneira, quanto mais altas forem as tarifas de energia, mais viável será o investimento. A SELIC com percentuais baixos estimula os investimentos, pois torna viáveis cenários mesmo com o TIR baixos em comparação com outros investimentos conservadores.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada uma análise de um projeto arquitetônico de uma edificação unifamiliar na zona bioclimática dois, utilizando os dados climáticos da cidade de Passo Fundo, obtendo o consumo energético através do método de simulação recomendado pelo RTQ-R.

Em relação a viabilidade financeira, para os diferentes cenários de investimento em um SFCR conclui-se que o pagamento à vista é a melhor opção de retorno do investimento com melhor proteção contra o risco, pois atinge maior nível de VPL com payback mais rápido, mantendo a menor exposição do capital às variações do mercado financeiro para o consumo baixo de energia de uma nZEB.

Considerando o atual cenário econômico de tarifas de energia crescentes, juros baixos para financiamento e a queda constante no custo de instalação e manutenção de um SFCR conclui-se que é viável financeiramente para a demanda simulada de uma HIS a instalação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica visando o balanço energético nulo, podendo ser rentável, inclusive, dividir o valor do investimento em até 24 parcelas mensais. Acrescenta-se a isso, porém, a incerteza perante o longo prazo de 25 anos de vida útil do sistema, onde os juros podem alternar de acordo com a movimentação do mercado e as manutenções do sistema devido a intempéries, podendo diminuir a rentabilidade projetada.

Na análise econômica, o payback nos três cenários foi inferior a 25 anos e ocorre de forma mais rápida quando o investimento é feito sem parcelamento, combinado com maiores tarifas de energia elétrica e baixos juros mensais. O VPL apresentou valores positivos ao final do período analisado e a TIR ficou superior à taxa de juros considerada na análise. Portanto, a viabilidade dos cenários de projeto foi comprovada através das ferramentas de análise de investimentos utilizadas, tornando viável a consolidação do balanço energético nulo anual na edificação em análise para a ZB2.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Meridional (IMED).

## REFERÊNCIAS

- BCB - BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Histórico das Taxas de Juros**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp>>. Acesso em maio de 2020.
- BEN 2019 – **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL**. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://BEN.EPE.GOV.BR/DOWNLOADS/RELATORIO\\_FINAL\\_BEN\\_2019.PDF](HTTPS://BEN.EPE.GOV.BR/DOWNLOADS/RELATORIO_FINAL_BEN_2019.PDF)> Acesso em janeiro de 2020.
- BERLEZE, A. SILVOSO, M. Avaliação da satisfação do usuário do PMCMV sob o enfoque do conforto ambiental. XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Foz do Iguaçu. **Anais**, p. 2233–2243, 2018.
- CPFL – COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **Taxas e Tarifas**. 20 de novembro de 2019. Disponível em: <[http:// https://servicosonline.cpfl.com.br/agencia-webapp/#/taxas-tarifas](http://https://servicosonline.cpfl.com.br/agencia-webapp/#/taxas-tarifas)>. Acesso em maio de 2020.
- DALL'AGNOL, F., CACCIA, L.S., MACKRES, E., YU, A. Acelerando a eficiência das edificações no Brasil: ações prioritárias para líderes urbanos. Working Paper. Porto Alegre, Brasil: **WRI Brasil**. 2018. Disponível online em: <[www.wricidades.org/research/publication/acelerando-eficiencia-das-edificacoes](http://www.wricidades.org/research/publication/acelerando-eficiencia-das-edificacoes)>. Acesso em maio de 2020.
- DIRETIVA 2010/31/EU. THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL On the energy performance of buildings. **Jornal Oficial da União Europeia**, 19 de maio de 2010.
- ELETOBRAS. Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial. 2019. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx>>. Acesso em janeiro de 2020.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Nota Técnica EPE. **Ministério de Minas e Energia**, Rio de Janeiro, maio de 2012. Disponível em: <[http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar\\_COGEN/NT\\_EnergiaSolar\\_2012.pdf](http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/NT_EnergiaSolar_2012.pdf)> Acesso em maio de 2020.
- EGBC. *Emirates Green Building Council. Defining Nearly Zero Energy Buildings in the UAE*. Dubai – United Arab Emirates, 2017.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit habitacional no Brasil. [S. l.], p. 78, 2015. Disponível em: <[www.fjp.mg.gov.br](http://www.fjp.mg.gov.br)>. Acesso em maio de 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, **RTQ-R**. Eletrobrás, 2012.
- LAMBERTS. R.; DUTRA. L.; PEREIRA. F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW EDITORES, 2014.
- MARINOSKI, Deivis Luis; SALAMONI, Isabel Tourinho; RÜTHER, Ricardo. Pré-dimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo de caso do Edifício Sede do CREA-SC. I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo, **Anais**, 2004.
- SUDBRACK, L. O. CASA ZERO: DIRETRIZES DE PROJETO PARA CASAS PRÉ-FABRICADAS DE BALANÇO ENERGÉTICO NULO EM BRASÍLIA. **Dissertação de Mestrado**, PPG/FAU. Universidade Federal de Brasília. Brasília - DF, 2017.
- VOSS, K. and MUSALL, E. **Net Zero Energy Buildings: International projects of carbono neutrality in buildings**. Editora Green Books: Munique, 2013.