

## **INFLUÊNCIA DA INTEGRAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA A UMA EDIFICAÇÃO NA SUA TEMPERATURA INTERNA E NO CONSUMO ENERGÉTICO DA REDE ELÉTRICA PÚBLICA**

**Isadora Pauli Custódio (1); Ricardo Rütther (2)**

(1) Arquiteta, mestranda em Engenharia Civil, isadorapcustodio@gmail.com

(2) PhD, professor do Departamento de Engenharia Civil, ricardo.rutther@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar Fotovoltaica, Av. Luiz Boiteux Piazza, 1302, Lotes 114/115 - Florianópolis - SC, 88056-000, Tel.: (48) 3721-4598

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta a influência da integração de energia solar fotovoltaica (FV) à cobertura de uma residência unifamiliar, na temperatura interna da edificação e no consumo energético da rede elétrica pública. Três casos são analisados: (1) Cobertura sem módulos FV; (2) Módulos FV na cobertura inclinados a 27°; (3) Módulos FV na cobertura inclinados a 10°. Os três casos foram modelados no *software* EnergyPlus 8.5.0, onde foram calculados o consumo de energia da edificação, as temperaturas dos ambientes internos para cada caso e as gerações energéticas dos sistemas FV dos casos 2 e 3. As gerações energéticas também foram calculadas com base em uma equação de geração solar FV diária, para comparar os valores com os obtidos no *software* EnergyPlus 8.5.0. Os resultados mostraram que, ao longo do ano todo, as temperaturas dos ambientes internos são menores no caso 1, depois no 2 e, por fim, no caso 3. Os valores de geração energética anual foram maiores que o consumo energético anual da edificação, com variações ao longo dos meses que permitem utilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (*net-metering*) regulamentado pela ANEEL. Este estudo evidencia a importância da análise dos impactos energéticos e arquitetônicos de módulos FV em edificações para que a tecnologia FV seja utilizada da melhor maneira possível.

Palavras-chave: energia solar fotovoltaica, integração fotovoltaica à arquitetura, simulação computacional para geração de energia fotovoltaica.

### **ABSTRACT**

This work shows the influence of the integration of a photovoltaic solar energy (PV) system integrated to the roof of a single family residence, in the internal temperature of the building and in the energy consumption of the public power grid. Three cases are analysed: (1) The roof with no PV modules; (2) PV modules on the roof inclined at 27°; (3) PV modules on the roof inclined at 10°. The three cases were modelled in the EnergyPlus 8.5.0 software, where the energy consumption of the building, the internal temperatures for each case, and the energy generations of cases 2 and 3 PV systems, were calculated. The energy generations were also calculated based on a daily PV solar generation equation, to compare the values with those obtained with the EnergyPlus 8.5.0 software. Results showed that, during the entire year, the temperatures of the internal rooms are smaller in case 1, then in case 2, and finally in case 3. The annual energy generation values were higher than the annual energy consumption of the building, with variations over the months that allow the use of the net-metering system regulated by ANEEL. This study highlights the importance of the analysis of the energetic and architectural impacts of PV modules in buildings so that the PV technology is used in the best possible way.

Keywords: photovoltaic solar energy, building-integrated photovoltaic systems, computer simulations for photovoltaic energy generation.

## 1. INTRODUÇÃO

Existem várias formas de se produzir energia elétrica, tendo cada uma delas vantagens e desvantagens. A tecnologia fotovoltaica (FV) é uma das formas que mais tem se destacado atualmente e consiste na utilização de módulos fotovoltaicos que, submetidos à luz do Sol, produzem energia. Uma das grandes vantagens desta forma de geração energética é poder integrar-se a edificações, utilizando os módulos FV tanto sobrepostos à arquitetura existente, quanto em substituição aos materiais de vedação de coberturas e fachadas.

Quando integrada à arquitetura e à rede elétrica pública, a energia fotovoltaica possui muitas vantagens, como a geração de energia de maneira descentralizada e próxima ao local de consumo, que minimiza as perdas por transmissão e distribuição de energia, a atuação em paralelo com grandes centrais geradoras elétricas, que ajuda a diminuir a frequência de *blackouts*, a utilização da rede elétrica pública em substituição às baterias, a participação no envelope de edificações, deixando de ocupar outras áreas, e a imagem ecológica e sustentável que trás aos edifícios (RÜTHER;2004; URBANETZ *et al.*;2011; ZOMER *et al.*;2013).

De acordo com o BIG (Banco de Informações de Geração) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em março de 2017, o Brasil possuía 23 MWp de potência instalada em sistemas FV. Além disso, devido a 21 empreendimentos atualmente em construção e mais 90 empreendimentos com construção não iniciada, tem-se previsão de uma adição de 2,98 GWp na capacidade de geração de energia FV nos próximos anos (BIG;2017).

Com o objetivo de estimular ainda mais o crescimento do potencial de energia FV instalada no país, a ANEEL estabeleceu a Resolução Normativa (REN) n° 482, de 17 de abril de 2012, onde introduziu pela primeira vez no Brasil o conceito de Sistema de Compensação de Energia Elétrica (*net-metering*), para possibilitar que a energia excedente gerada fosse injetada na rede elétrica pública, tornando-se um crédito para ser consumido posteriormente (ANEEL;2012). A REN n° 687, de 24 de novembro de 2015, estendeu a compreensão desse conceito com a regulamentação das estratégias de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada e autoconsumo remoto (ANEEL;2015).

O papel do arquiteto ou projetista na integração dos módulos fotovoltaicos a edificações é manter um compromisso entre a forma dos edifícios e a função dos sistemas fotovoltaicos (RÜTHER;2004; URBANETZ *et al.*;2011; ZOMER *et al.*;2013). O núcleo de qualquer atividade arquitetônica encontra-se no ato de construir (ZUMTHOR;2009), portanto é fundamental que as interferências sejam feitas pelo profissional de arquitetura, uma vez que este é capaz de integrar a plasticidade da forma, a qualidade do espaço e as exigências técnicas e funcionais da construção.

Um estudo com simulações de integração de geradores fotovoltaicos a edificações em meio urbano é fundamental para avaliar as consequências que tais sistemas poderiam trazer em termos de geração de energia e arquitetônicos. É necessário o estudo da influência dos módulos FV no exterior, no interior e até no entorno das edificações. Exemplos desses estudos são os impactos no aquecimento, refrigeração e iluminação nos ambientes internos das edificações. Assim, esta tecnologia pode ser utilizada não apenas para a geração de energia elétrica, mas também para aprimorar as características arquitetônicas dos edifícios.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é verificar e analisar a influência da integração de energia solar fotovoltaica (FV) à cobertura de uma residência unifamiliar, através da comparação de três casos: (1) Cobertura sem módulos FV; (2) Módulos FV na cobertura inclinados a 27°; (3) Módulos FV na cobertura inclinados a 10°. O trabalho apresenta as temperaturas dos ambientes internos para cada caso, compara dois métodos de cálculo de geração energética de sistemas FV e verifica o impacto dessa geração no consumo energético da rede elétrica pública.

## 3. MÉTODO

Primeiro, os três casos foram modelados no *software* EnergyPlus 8.5.0. Em seguida, obteve-se o consumo energético da edificação. Foram calculadas as temperaturas dos ambientes internos para cada caso, e as gerações energéticas dos sistemas FV dos casos 2 e 3 através de dois métodos diferentes. Por fim, as gerações de energia obtidas foram comparadas com o consumo energético da residência.

### 3.1. Características da edificação

A edificação utilizada neste estudo é de uma residência unifamiliar localizada na cidade de Florianópolis – SC, coordenadas (-27.5954°, -48.5480°), com área total de 63 m<sup>2</sup>. A Figura 1 apresenta sua planta baixa.



Figura 1 – Planta baixa da residência.

O pé direito de todos os ambientes é de 2,8 m, a altura das portas é de 2,10 m e das janelas de 1,20 m, com exceção da janela do banheiro que possui 0,50 m de altura. A cobertura da edificação possui os mesmos limites e dimensões da planta baixa.

As paredes externas e internas são paredes duplas de tijolos cerâmicos com câmara intermediária de ar, revestidas com argamassa de emboço. A cobertura é composta por uma laje mista (aço e concreto) e telha de fibrocimento inclinada a 5°. O piso é composto por uma laje mista, uma camada de argamassa de reboco e piso cerâmico. As portas internas e externas são de madeira e, as janelas, de vidro comum. A Tabela 1 apresenta as propriedades dos materiais construtivos utilizados (ABNT;2005; DOE;2016; ORDENES *et al.*;2003).

Tabela 1 – Características dos materiais construtivos da edificação.

Material	Espessura (cm)	Condutividade Térmica (W/mK)	Densidade Equivalente (kg/m <sup>3</sup> )	Calor Específico (kJ/kgK)	Resistência Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Tijolo cerâmico 8 furos	10,0	0,90	1103	0,92	0,037
Câmara de ar	2,0	-	-	-	0,160
Argamassa de emboço	2,5	1,15	2000	1,00	0,022
Laje mista	12,0	1,05	1087	0,92	0,090
Telha de fibrocimento	7,0	0,95	1900	0,84	0,007
Argamassa de reboco	2,5	1,15	2000	1,00	0,022
Piso cerâmico	0,1	0,90	1600	0,92	0,011
Porta de madeira	3,0	0,14	600	2,30	0,071
Vidro comum	0,6	0,90	-	-	-

### 3.2. Consumo energético

O consumo energético foi calculado através de uma simulação com o *software* EnergyPlus 8.5.0. Foram considerados como fatores de ganho de carga térmica pela edificação: as pessoas, a iluminação dos ambientes, os equipamentos elétricos e os equipamentos de condicionamento de ar.

Considerou-se que a sala possui ocupação de duas pessoas das 13h às 18h e de quatro pessoas das 18h às 22h, com taxa metabólica de atividade de 60 W/m<sup>2</sup>. Os quartos 1 e 2 possuem ocupação de duas pessoas das 22h às 8h, com taxa metabólica de atividade de 45 W/m<sup>2</sup>. Os valores das taxas metabólicas foram obtidos no ASHRAE Handbook of Fundamentals (ASHRAE;2005).

O nível de iluminação de todos os ambientes é de 5 W/m<sup>2</sup>. Na sala, a iluminação é utilizada das 16h às 22h, na cozinha das 6h às 8h, nos quartos das 6h às 8h e das 22h às 24h, no banheiro das 6h às 8h e das 20h às 22h, e no hall das 6h às 8h e das 22h às 24h.

O equipamento elétrico da sala possui nível de potência de 120 W e é utilizado das 13h às 22h, e o da cozinha possui nível de potência de 45 W e fica sempre ligado.

Considerou-se também a utilização de um sistema de condicionamento de ar ideal para a sala e para os quartos 1 e 2, com uma amplitude de temperatura que varia entre 20° C e 24° C.

Estabelecidas as cargas térmicas, obteve-se o consumo energético da residência.

### 3.3. Módulos fotovoltaicos

Os módulos FV utilizados neste trabalho são de silício monocristalino (m-Si) com eficiência de 12%. São módulos vidro-vidro encapsulados com acetato de vinil etileno (EVA), com moldura em alumínio. A Tabela 2 mostra as características técnicas do módulo FV escolhido (BPSOLAR;2001).

Tabela 2 – Características técnicas dos módulos do sistema fotovoltaico.

Características Gerais		Parâmetros Elétricos	
Tecnologia	Silício monocristalino (m-Si)	P <sub>mpp</sub>	75 Wp
Dimensões do módulo	1.188 x 530 mm	U <sub>mpp</sub>	17 V
Espessura	19 mm	I <sub>mpp</sub>	4,45 A
Peso	7,5 kg	U <sub>oc</sub>	21,4 V
Quantidade de células	36 (4 x 9)	I <sub>sc</sub>	4,75 A
Vidros	3 mm temperados, baixo teor de ferro, alta transmissividade	-	-
Moldura	Alumínio	-	-

### 3.4. Layout dos módulos FV

São, no total, 48 módulos FV de m-Si instalados na cobertura da edificação. Distribuídos em quatro mesas com 12 módulos cada, são instalados em posição retrato e orientados para o norte. No caso 2 os módulos estão inclinados a 27°, ângulo correspondente à latitude local, e no caso 3 a 10°, inclinação mínima recomendada pelos fabricantes para garantir a limpeza dos módulos através da água da chuva e proporcionar ventilação sob os mesmos.

Há um espaçamento de 2 cm entre módulos e de 10 cm entre a cobertura da edificação e o início dos módulos, a fim de permitir uma ventilação adequada sob eles.

As mesas ficam distantes 1,20 m umas das outras para evitar que o sombreamento de uma mesa na outra cause grande impacto na geração de energia. Com esse espaçamento, há sombreamento somente no caso 2, nos meses de inverno, nos horários de sol antes das 9h e após as 16h. Isso corresponde a 1% de sombreamento anual dos módulos FV, segundo o método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas FV descrito em Zomer (2014). Este método baseia-se em uma análise de sombreamento realizada através do *software* Ecotect com a geração de máscaras de sombreamento e quantificação do percentual de sombreamento anual das superfícies analisadas (AUTODESK;2011).

A Figura 2 mostra o modelo 3D simplificado da residência para o caso 2 e a Figura 3 apresenta o modelo para o caso 3.

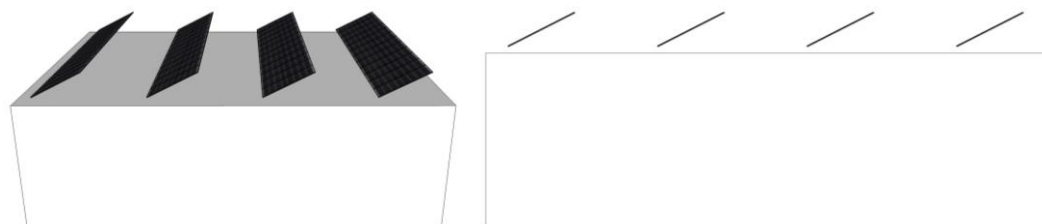


Figura 2 – (a) Perspectiva do modelo 3D representativo do caso 2; (b) Vista lateral do mesmo modelo.

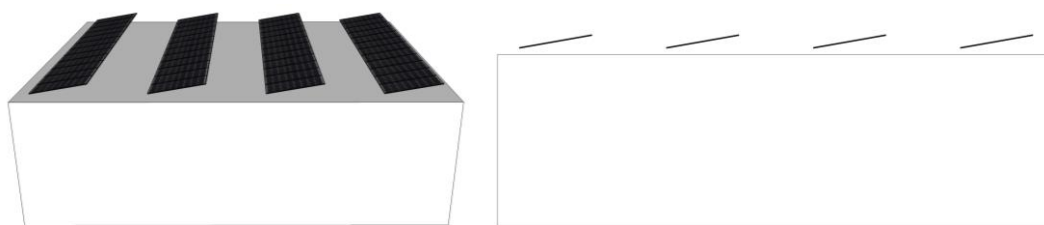


Figura 3 – (a) Perspectiva do modelo 3D representativo do caso 3; (b) Vista lateral do mesmo modelo.

### 3.5. Cálculo das temperaturas dos ambientes internos

Utilizou-se o *software* EnergyPlus 8.5.0 para calcular as temperaturas médias mensais dos ambientes internos da edificação para os três casos. O objetivo foi compará-las e verificar a influência dos módulos FV na temperatura interna da residência.

Os módulos foram modelados no *software* de acordo com seu layout e inclinação para cada caso. Foram especificados de acordo com seus materiais construtivos, conforme a Tabela 3 (DOE;2016; MAKEITFROM; ORDENES *et al.*;2003).

Tabela 3 – Características dos materiais construtivos dos módulos fotovoltaicos.

Material	Espessura (cm)	Condutividade Térmica (W/mK)	Densidade Equivalente (kg/m <sup>3</sup> )	Calor Específico (kJ/kgK)
Vidro	0,7	0,78	2700	0,84
EVA	0,05	0,34	950	1,40
Alumínio	0,2	230	2700	0,88

### 3.6. Geração energética dos sistemas FV

Foram utilizados dois métodos diferentes para o cálculo da geração energética dos sistemas, a fim de validar o primeiro (método 1).

#### 3.6.1. Método 1

No método 1 de cálculo de geração energética pelos sistemas FV dos casos 2 e 3, foi utilizado o *software* EnergyPlus 8.5.0. O arquivo climático utilizado foi o Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA), para a cidade de Florianópolis – SC.

Os módulos FV foram especificados na classe de objetos Electric Load Center-Generator Specifications, na subclasse PhotovoltaicPerformance:Sandia, e divididos em 4 strings com 12 módulos cada, ou seja, cada mesa de módulos corresponde a uma string. As informações sobre o módulo para essa subclasse foram obtidas no arquivo SandiaPVDData do EnergyPlus 8.5.0 (DOE;2016).

Para este método foi utilizado um inversor solar ideal com eficiência mínima de 94%.

#### 3.6.2. Método 2

O método 2 para estimar a geração energética dos sistemas FV baseou-se na Equação 1.

$$E = H_{INC} \times P_{cc} \times PR \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

E = Geração solar FV diária [kWh];

$H_{INC}$  = Irradiação diária recebida no plano dos módulos FV (kWh/m<sup>2</sup>), dividida pela irradiância de referência de 1 kW/m<sup>2</sup>, expressa em números de horas (h) por dia;

$P_{cc}$  = Potência do sistema em corrente contínua (kW);

PR = Rendimento do sistema (inversor e conexões).

O valor de irradiação inclinada ( $H_{INC}$ ) foi adquirido através do *software* Radiasol (UFRGS;2001), utilizando o modelo de transposição de Perez. Para comparar os valores de geração energética obtidos nos

métodos 1 e 2, neste cálculo também foi utilizado o banco de dados de irradiação global horizontal do SWERA.

O valor de PR utilizado foi de 80%, pois normalmente consideram-se valores de PR entre 70 e 80% para sistemas FV instalados em regiões tropicais e subtropicais (DECKER e JAHN;1997; MARION *et al.*;2005; MONDOL *et al.*;2006; REICH *et al.*;2010; RÜTHER *et al.*;2010).

Como essa equação não leva em consideração as perdas por sombreamento na estimativa de geração energética, foi utilizado o método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas FV para estimar essas perdas (ZOMER;2014). O percentual de sombreamento anual foi então aplicado à Equação 1 para correção da geração energética prevista.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Consumo energético mensal e anual

A Tabela 4 apresenta o consumo energético mensal e anual obtidos para a edificação. O consumo anual é de 4.838,02 kWh/ano.

Tabela 4 – Consumo energético mensal e anual da edificação.

Mês	Consumo energético (kWh)
Janeiro	741,37
Fevereiro	673,89
Março	659,07
Abril	371,36
Maiο	189,82
Junho	323,74
Julho	388,26
Agosto	439,72
Setembro	265,98
Outubro	244,56
Novembro	196,48
Dezembro	343,77
TOTAL	4.838,02

### 4.2. Temperaturas médias mensais dos ambientes internos

A Figura 4 apresenta as temperaturas médias mensais para os ambientes internos da edificação, para os casos 1, 2 e 3.

O caso 1 apresentou as menores temperaturas médias dos ambientes da residência em todos os meses do ano. Isso ocorreu, pois os módulos presentes na cobertura nos casos 2 e 3 proporcionam mais calor para dentro da edificação devido às características dos seus materiais construtivos.

O caso 3 apresentou valores de temperaturas maiores que no caso 2 nos meses de inverno, pois como os módulos FV estão mais próximos do plano da cobertura da residência, eles tendem a promover mais calor para dentro da edificação. No verão, as temperaturas dos casos 2 e 3 tiveram valores bastante próximos. Essa diferença entre os meses de verão e inverno ocorre, pois o ângulo de inclinação da trajetória do sol é maior no verão, quando os raios solares incidem perpendicularmente ao plano na cobertura em algumas horas do dia.

No quarto 1, na sala e no quarto 2 as temperaturas mantêm-se sempre entre 20 e 24°C devido à presença do sistema de condicionamento de ar. Por isso, a diferença de temperaturas médias mensais entre os casos teve menor variação do que nos ambientes que não possuem ar condicionado.

Para os ambientes sem ar condicionado, a diferença de temperaturas médias mensais dos ambientes internos entre os casos 1 e 2 foi de aproximadamente 0,84 °C, entre os casos 1 e 3 foi de 0,87 °C, e entre os casos 2 e 3 foi de 0,50 °C. Já para os ambientes com sistema de condicionamento de ar, essa diferença foi de

aproximadamente 0,21 °C entre os casos 1 e 2, de 0,22 °C entre os casos 1 e 3, e de 0,02 °C entre os casos 2 e 3.

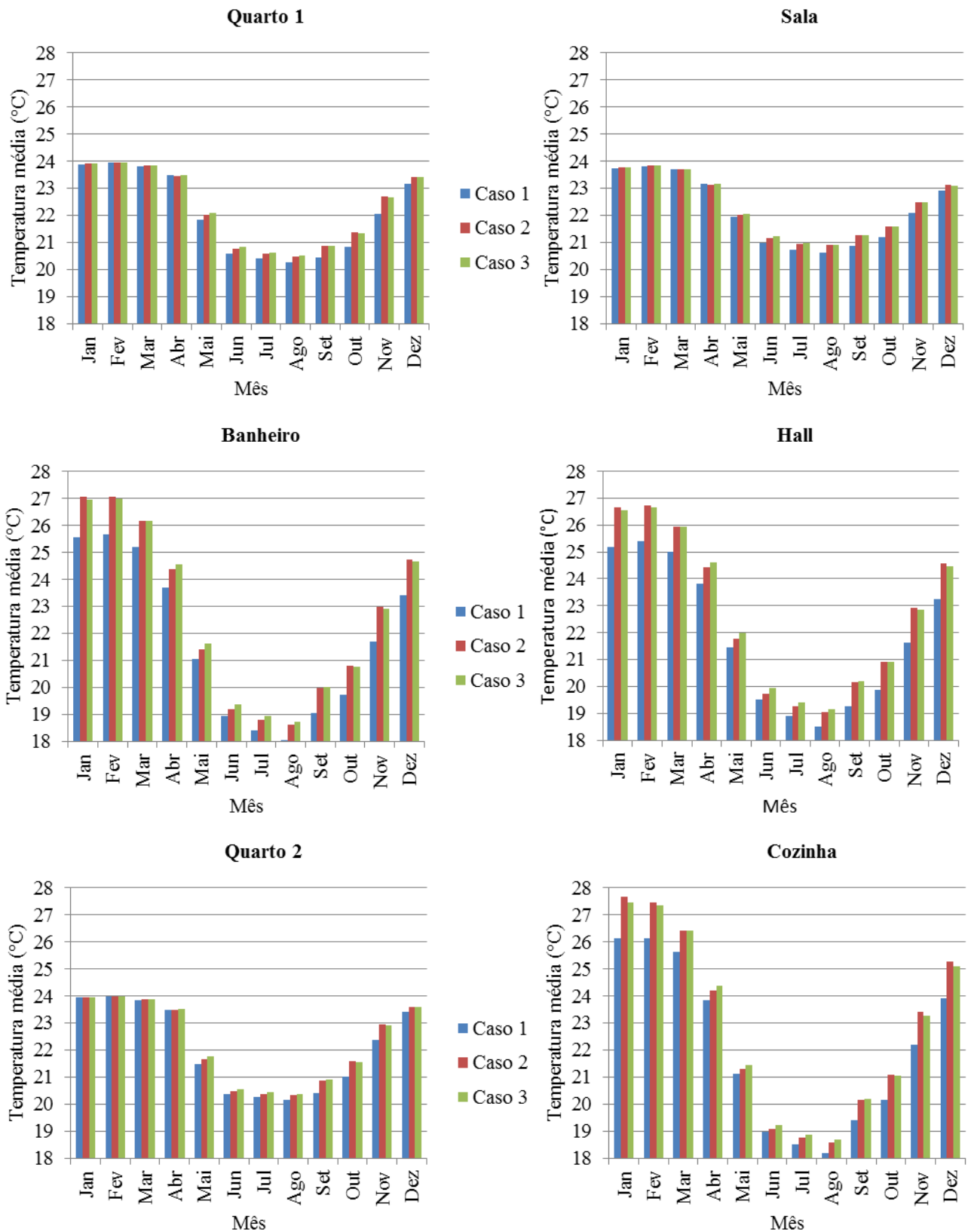


Figura 4 – Gráficos das temperaturas médias mensais dos ambientes internos da edificação.

### 4.3. Geração energética

A Figura 5 mostra os valores de geração energética mensais calculados através dos métodos 1 e 2.

No método 1, a geração energética anual para o caso 2 foi de 5069,50 kWh/ano e de 5046,86 kWh/ano para o caso 3. Já no método 2, a geração energética anual foi de 4.869,75 kWh/ano para o caso 2 e de 4.776,77 kWh/ano para o caso 3.

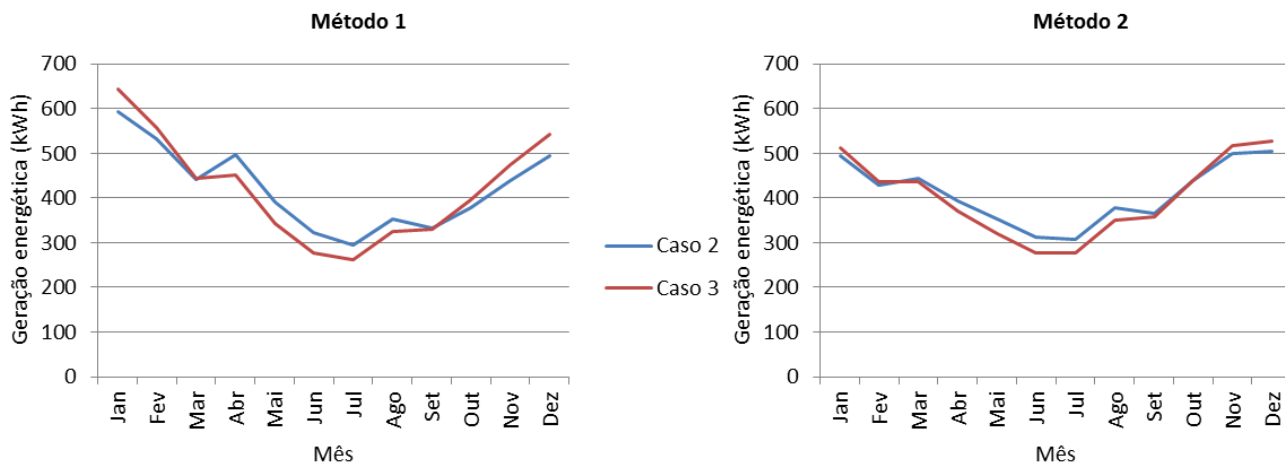


Figura 5 – Gráficos de geração energética dos sistemas FV calculadas pelos métodos 1 e 2.

Para ambos os métodos, o caso 3 gerou mais energia que o caso 2 nos meses de verão. Já nos meses de inverno, o caso 2 gerou mais energia que o caso 3. Isso ocorreu devido ao ângulo de inclinação da trajetória do sol ao longo do ano e das inclinações dos módulos FV.

A diferença das gerações anuais calculadas pelos diferentes métodos foi de 199,75 kWh/ano para o caso 2 e de 270,09 kWh/ano para o caso 3. A diferença média mensal foi de aproximadamente 12,5 kWh/mês para o caso 2 e de aproximadamente 18,5 kWh/mês para o caso 3. Essas diferenças são bastante pequenas, portanto, o método 1 para o cálculo de geração energética pode ser considerado.

#### 4.4. Comparação da geração energética obtida pelo método 1 com o consumo energético da edificação

A Figura 6 mostra uma comparação, ao longo do ano, do consumo energético da edificação com as gerações de energia para os casos 2 e 3, calculadas através do método 1.

Os valores anuais de geração para os casos 2 e 3 foi maior que o consumo energético anual da edificação (4 e 5% a mais que o consumo anual, respectivamente).

Em algumas épocas do ano o consumo é maior que as gerações e, em outras, menor. Assim, a rede elétrica pública pode fornecer a energia elétrica quando faltar e, em outros momentos, a energia gerada a mais pode ser injetada na rede. Os créditos da energia injetada poderão ser utilizados em até 60 meses e/ou em outras unidades que estejam na mesma área de atendimento da distribuidora e no nome do mesmo titular (ANEEL;2015).

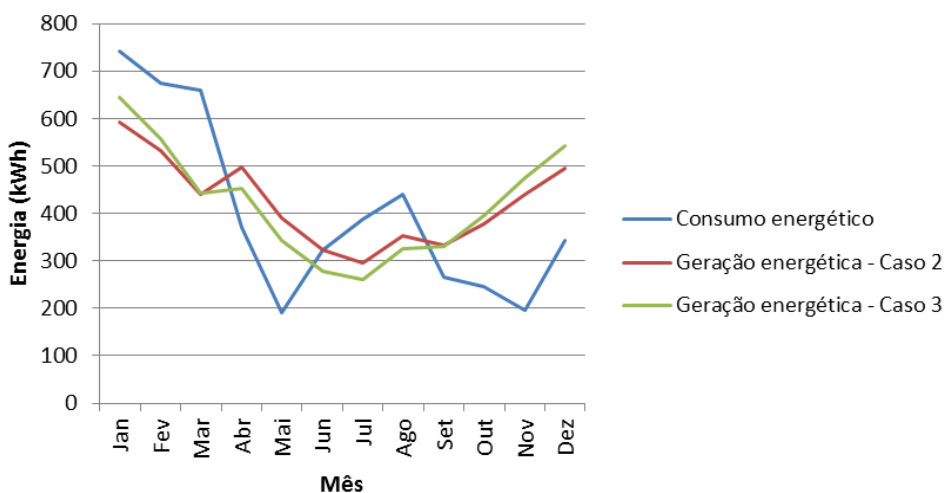


Figura 6 - Comparação do consumo com as gerações energéticas dos casos 2 e 3.



## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou as influências que módulos FV de m-Si instalados na cobertura de uma residência causaram nas temperaturas dos ambientes internos da edificação e no consumo de energia da rede elétrica pública. Também foram comparados dois métodos de cálculo de estimativa de geração energética com o objetivo de validar um deles.

Para o estudo das temperaturas médias mensais dos ambientes internos, foram analisados três casos: (1) Cobertura sem módulos FV; (2) Módulos FV na cobertura inclinados a 27°; (3) Módulos FV na cobertura inclinados a 10°. O caso 1 apresentou as menores temperaturas médias dos ambientes da residência em todos os meses do ano. O caso 3 apresentou valores de temperaturas maiores que no caso 2 nos meses de inverno e, no verão, as temperaturas dos casos 2 e 3 se aproximaram bastante. Além disso, as diferenças entre as temperaturas médias mensais para cada caso tiveram menor variação nos ambientes onde havia a presença de um sistema de condicionamento de ar, que limitou uma temperatura mínima de 20°C e máxima de 24°C para os ambientes.

O cálculo de estimativa de geração energética para os casos 2 e 3 foi feito utilizando dois métodos diferentes. O método 1 utilizou o *software* EnergyPlus 8.5.0 e o método 2, teve como base uma equação de geração solar FV diária com aplicação de um percentual de sombreamento anual dos módulos FV. No método 1, a geração energética anual para o caso 2 foi de 5069,50 kWh/ano e de 5046,86 kWh/ano para o caso 3. Já no método 2, a geração energética anual foi de 4.869,75 kWh/ano para o caso 2 e de 4.776,77 kWh/ano para o caso 3. Como essas diferenças foram consideradas pequenas, validou-se o método 1 e ele foi então utilizado para a comparação da geração energética com o consumo de energia da residência.

A análise do impacto da geração energética no consumo de energia da rede elétrica pública demonstrou que o valor anual de geração do caso 2 foi de 4% a mais que o consumo anual da edificação, e para o caso 3 foi 5% maior que o consumo anual. Em alguns meses do ano o consumo é maior que as gerações e, em outros, menor. Assim, pode-se utilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ANEEL;2012), para injetar a energia excedente gerada na rede e consumir esse crédito nos próximos 60 meses e/ou em outras unidades que estejam na mesma área de atendimento da distribuidora e no nome do mesmo titular (ANEEL;2015).

Com o crescimento da utilização da tecnologia fotovoltaica integrada a edificações e a constante criação de diferentes tipos de módulos fotovoltaicos, fabricados com diversos tipos de materiais, torna-se cada vez mais necessário o estudo da influência desses elementos no exterior, no interior e até no entorno das edificações. Estudos dos impactos no aquecimento, refrigeração e iluminação causados pelos módulos fotovoltaicos, são exemplos de dados que podem ajudar os projetistas a aprimorar cada vez mais seus projetos, fazendo o uso da tecnologia fotovoltaica da melhor maneira possível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. A. B. D. N. Técnicas. Rio de Janeiro 2005.

ANEEL. REN 482/2012: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 2012.

\_\_\_\_\_. REN 687/2015: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 2015.

ASHRAE. ASHRAE Handbook – Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers 2005.

AUTODESK.Ecotect Analysis 2011

BIG. Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Acesso em: 05/03/2017.

BPSOLAR. BP 275F Datasheet. Disponível em <[www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosModulosSolares/BP-275F.pdf](http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosModulosSolares/BP-275F.pdf)> Acessado em 29/11/2016

DECKER, B.; JAHN, U. Performance of 170 grid connected PV plants in Northern Germany - Analysis of yields and optimization potentials. Solar Energy. v.59, p.6, 1997.

DOE.Energy Plus 8.5.0 2016

MAKEITFROM. Ethylene Vinyl Acetate (EVA). Disponível em <[www.makeitfrom.com/material-properties/Ethylene-Vinyl-Acetate-EVA](http://www.makeitfrom.com/material-properties/Ethylene-Vinyl-Acetate-EVA)> Acessado em 29/11/2016

MARION, B.; ADELSTEIN, J.; BOYLE, K.; HAYDEN, H.; HAMMOND, B.; FLETCHER, T.; CANADA, B.; NARANG, D.; SHUGAR, D.; WENGER, H.; KIMBER, A.; MITCHELL, L.; RICH, G.; TOWNSEND, T. Performance Parameters for Grid-Connected PV Systems: 31st IEEE Photovoltaics Specialists Conference and Exhibition. Lake Buena Vista, Florida, 2005.

MONDOL, J.; DEB, J.; YOHANIS, Y.; SMYTH, M.; NORTON, B. Long term performance analysis of a grid connected photovoltaic system in Northern Ireland. *Energy Conversion and Management*. v.47, p.12, 2006.

ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Metodologia Utilizada na Elaboração da Biblioteca de Materiais e Componentes Construtivos Brasileiros para Simulações no VisualDOE-3.1 Florianópolis: LabEEE 2003.

REICH, N. H.; SARK, W. G. J. H. M. V.; TURKENBURG, W. C.; SINKE, W. C. Using CAD software to simulate PV energy yield – The case of product integrated photovoltaic operated under indoor solar irradiation. *Solar Energy*. v.84, p.11, 2010.

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

RÜTHER, R.; NASCIMENTO, L.; URBANETZ, J.; PFITSCHER, P.; VIANA, T. Long-term performance of the first grid-connected, building-integrated, thin-film amorphous silicon PV installation in Brazil: 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference. Honolulu - HI, EUA, 2010.

UFRGS.Radiasol Porto Alegre,2001

URBANETZ, J.; ZOMER, C. D.; RÜTHER, R. Compromises between form and function in grid-connected, building-integrated photovoltaics (BIPV) at low-latitude sites. *Building and Environment*. Issue 10, v.46, p.2107-2113, 2011.

ZOMER, C. D. Método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas solares fotovoltaicos integrados em edificações. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. 234 p.

ZOMER, C. D.; COSTA, M. R.; NOBRE, A.; RÜTHER, R. Performance compromises of building-integrated and building-applied photovoltaics (BIPV and BAPV) in Brazilian airports. *Energy and Buildings*. v.66, p.607-615, 2013.

ZUMTHOR, P. *Pensar a Arquitetura*. p.96, 2009.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).