

XI-143 - DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA PARA O DIMENSIONAMENTO DE MÓDULOS SOLARES COM A UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA VBA - WINDOWS®

Clauciana Schmidt Bueno de Moraes⁽¹⁾

Professora Doutora e Pesquisadora na UNESP. Pós-Doutorado Empresarial em Ciências Ambientais (CNPq). Doutorado e Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental (EESC/ USP). Graduação em Geografia (UNESP) e Administração (UNIP).

Ana Luíza Giacon de Miranda⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). cursando especialização em Higiene Ocupacional pela Faculdade de Tecnologia da Universidade de Campinas (UNICAMP).

Endereço⁽¹⁾: Avenida 24-A, 1515. Bela Vista. Rio Claro – SP. CEP: 13.515-000 – e-mail: clauciana.schmidt@unesp.br

RESUMO

A crescente utilização de eletricidade pela sociedade moderna provocou o aumento de sua produção a partir das mais variadas fontes. São cada vez mais disponíveis fontes renováveis e menos poluentes de energia que podem compor a matriz energética dos países, como a energia elétrica produzida a partir de células fotovoltaicas. O presente trabalho propõe um modelo que a partir da insolação local e consumo da população considerada define o número de módulos solares necessários para suprir a demanda e seu custo final aproximado. Para possibilitar o desenvolvimento do modelo “Energia Solar”, realizou-se pesquisa bibliográfica sobre a aplicação dessa tecnologia no Brasil e sobre os módulos solares disponíveis no mercado. O modelo fornece dados para simular a implantação de sistemas fotovoltaicos tanto em cidades como em residências. Através dessa estratégica prática é possível verificar a quantidade de módulos a serem instalados, área necessária, economia anual, redução de dióxido de carbono e tempo de retorno do investimento. Com isso, discutiu-se as vantagens da energia solar, observando diferentes cenários da aplicação desse sistema, como ilustrado no estudo de caso. Ao utilizar o modelo para simular a instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência em Rio Claro – SP – Brasil, assumindo que este produziria toda a energia consumida pelos 4 moradores, os resultados foram 25 módulos solares, uma área de 38,9 metros quadrados, o investimento de R\$ 29.538,50, economia anual de R\$ 5282,30 com o tempo de retorno de 5,6 anos e redução da emissão de 0,00263 toneladas de dióxido de carbono por dia.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, Sistema Fotovoltaico, ferramenta computacional.

INTRODUÇÃO

A sociedade moderna é extremamente dependente da energia. A crescente utilização de eletricidade provocou o aumento de sua produção a partir das mais variadas fontes. Mesmo países com grandes recursos hídricos, como o Brasil, acabam fazendo uso de outras fontes mais poluentes para suprir a demanda em períodos de estiagem, as quais afetam o meio ambiente e aceleram a destruição dos recursos naturais. Paralelamente, são cada vez mais disponíveis fontes de energia alternativas, potencialmente sustentáveis, renováveis, menos poluentes e de baixo impacto ambiental que podem compor a matriz energética dos países. Dentre as fontes de energia alternativas, a radiação solar é um recurso energético que pode ser transformado em outras formas úteis de energia, como eletricidade e calor.

Por ser um recurso energético presente em todo o mundo, a energia solar permite a geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas que podem ser instaladas em regiões isoladas e afastadas, abrangendo locais onde a rede de distribuição não está disponível. Aborda-se nesse artigo o grande potencial brasileiro para a utilização de módulos solares para a produção energética e pesquisas bibliográficas relacionadas à energia solar e às tecnologias fotovoltaicas disponíveis, visando à redução do valor do investimento inicial e à disseminação

dessa alternativa. Finalmente, destaca-se a importância da ferramenta de fácil uso desenvolvida nesse estudo, a qual simula a instalação de sistemas fotovoltaicos.

Propõe-se um modelo que, a partir da insolação e do consumo da população considerada, define os parâmetros para a instalação de um sistema fotovoltaico que supra a demanda local, determinando também seu custo final aproximado. Com essa estratégia prática é possível verificar a quantidade de módulos a serem instalados, área necessária para sua instalação, economia anual proporcionada, redução de dióxido de carbono e tempo de retorno do investimento. Com isso, discute-se as vantagens da energia solar para essa finalidade, observando diferentes cenários da aplicação de sistemas fotovoltaicos, como ilustrado no estudo de caso, e pretende-se colaborar com o incremento da utilização da energia solar para a produção de eletricidade, fonte menos poluidora e, portanto, mais sustentável.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho se constituiu em 4 etapas explicadas nos itens abaixo.

- Etapa 1 - Pesquisa Bibliográfica: Nessa primeira etapa, foram consultadas bibliografias abrangendo os temas: energia solar e a possibilidade de implantação dessa solução energética no Brasil, processo de geração de energia fotovoltaica e características das tecnologias e módulos solares disponíveis atualmente.
- Etapa 2 - Pesquisa de Mercado para Obtenção de Dados: Foram contatadas empresas do setor de energia solar, para as quais foi enviado questionário com perguntas relacionadas aos módulos solares disponíveis no mercado, a área e a eficiência dos mesmos e o custo final do sistema.
- Etapa 3 - Aprendizado sobre o a linguagem do VBA e utilização dessa ferramenta para o Desenvolvimento do Modelo “Energia Solar”: Para programar o Modelo “Energia Solar” no Excel foi necessário aprender sobre essa ferramenta e sobre alguns códigos para automatizar o sistema, assim como desenvolver a interface principal. Além disso, também foram realizadas pesquisas sobre os cálculos de geração de energia por meio de radiação solar, eficiência dos módulos solares e fatores de perda energética para determinar quais parâmetros e fórmulas seriam utilizados no modelo.
- Etapa 4 - Discussões e Conclusões: Nessa etapa, foram ilustradas as fases de desenvolvimento do modelo e as equações usadas, os resultados que podem ser obtidos e foi proposto um estudo de caso que apresenta duas situações nas quais foi possível analisar os resultados apresentados pelo sistema o que muito auxiliou nas conclusões do trabalho.

RESULTADOS

Como resultados da pesquisa bibliográfica realizada, temos que em 2014, o potencial global instalado de energia solar atingiu 178 GW, porém a geração de energia utilizando módulos fotovoltaicos no Brasil ainda é pequena, contando com menos de 1 GW instalado (PORTAL SOLAR, 2016). A principal dificuldade para a expansão do uso da radiação solar para gerar energia elétrica é o custo da tecnologia necessária, afinal incidência de sol não é um problema para o nosso país.

Além disso, o Atlas de Energia Elétrica do Brasil de 2005 disponibiliza um mapa solarimétrico com as médias dos valores de insolação das capitais dos estados. No Brasil, os valores são relativamente altos e uniformes, 4500 a 6300 o que possibilita a geração de energia utilizando módulos solares (Atlas de Irradiação Solar no Brasil. 1998 (adaptado) apud (ANEEL, 2005). Dados mais precisos e detalhados dos valores de radiação solar estão disponíveis no programa SunData desenvolvido pelo “CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito”.

Visando ampliar a competitividade desta forma de energia alternativa, as Resoluções Normativas ANEEL 482/2012 e 687/2015 possibilitam a implantação do “Sistema de Compensação de Energia” (ANEEL, 2016). Este sistema consiste na mini e microgeração independente de energia no país e na conversão do excedente de energia produzido pelos módulos fotovoltaicos em créditos de energia para serem consumidos posteriormente.

Dessa forma, a energia gerada durante picos de insolação que ocorrem em determinados horários do dia geram créditos em kWh que serão subtraídos do consumo energético noturno ou em dias nublados (ANEEL, 2012, 2015).

É possível ainda utilizar o fator de emissão (FE) para calcular a redução da emissão de CO² quando utilizamos fontes de geração de energia alternativas e renováveis. O fator de FE de um país aponta a quantidade de dióxido de carbono (CO²) emitida decorrente da produção de uma determinada quantia de energia, de acordo com a fonte energética utilizada (TIAGO FILHO; ROSA, 2013). Em 2016, o FE brasileiro foi de 0,00817 toneladas de CO² por cada megawatt-hora gerado (MCT, 2016).

As Células fotovoltaicas são o que compõe os módulos solares e são responsáveis pela transformação da radiação solar em eletricidade, constituindo-se na base do sistema fotovoltaico. Os módulos solares mais comuns no mercado são os de silício monocristalino e policristalino. A eficiência dos módulos solares, isto é a porcentagem da energia solar que é transformada em energia elétrica por metro quadrado, varia dependendo do material da célula fotovoltaica e é medida em condições de laboratório. A produção de energia elétrica depende da quantia de radiação que incide na região, da área disponível para instalação dos módulos solares e da posição dos mesmos, para evitar o sombreamento.

Os resultados da pesquisa de mercado confirmaram os dados relacionados ao tamanho e a eficiência dos diferentes módulos solares obtidas nas pesquisas bibliográficas e indicaram que o valor dos módulos solares corresponde, em média, de 60 a 70% do valor total de um projeto residencial, incluindo a estrutura e instalação, e 50% de um projeto industrial ou de grande escala. Essa informação foi utilizada no modelo para simular o valor final aproximado.

Os valores das tarifas de fornecimento de energia de cada capital brasileira foram retirados do ranking de tarifas residenciais desenvolvido pela ANEEL presente no Informativo Tarifário do MME referente ao primeiro quadrimestre de 2016 (ANEEL, 2016). Este ranking apresenta as tarifas de fornecimento de energia homologadas e sem ICMS em R\$/MWh para todas as concessionárias de energia do Brasil. No caso dos estados que são abastecidos por diferentes concessionárias de energia, a média dos valores foi calculada para obter um valor geral coerente para toda a região. Após a coleta desses dados, foram adicionados ao valor os impostos ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadoria e Serviços, o PIS - Programa de Integração Social e o COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social, calculados a partir de uma porcentagem estabelecida nacionalmente. Esse ainda não é um resultado exato pois o CIP - Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública foi desconsiderado já que este varia de acordo com a região e não foi possível determiná-lo.

Os cálculos utilizados na metodologia apresentam como input a população do local escolhido para análise, a carga per capita (kWh/hab/dia), a média anual da insolação por dia (kWh/m²/dia), o valor aproximado da tarifa de fornecimento de energia do local, além das três características dos módulos solares, eficiência em porcentagem, área (m²) e custo da tecnologia. As equações foram programadas para calcular a geração de energia diária por módulo solar, o consumo energético da população estudada, o número de módulos solares e a área requerida, o custo final aproximado da tecnologia, a economia anual, o tempo de retorno do investimento e a quantia de CO² que deixou de ser emitido devido a utilização desse sistema fotovoltaico.

Como resultado, foram desenvolvidos o banco de dados com informações completas de todas as capitais brasileiras e mais quatro cidades do interior paulista (Rio Claro, Campinas, Limeira e Piracicaba), os cálculos do modelo “Energia Solar” e a sua interface. Nesta interface é possível selecionar locais e módulos solares dentre as opções disponíveis no banco de dados, inserir valores específicos das características do local, analisar as tecnologias disponíveis e comparar diferentes cenários resultantes. Todos os cálculos do modelo são realizados na planilha conectada ao “Userform”, a qual contém as fórmulas e o banco de dados do modelo.

A figura 1 ilustra o design do programa. As etapas para executar o modelo e obter os resultados são:

1. Na categoria dados do local e módulo solar, selecione um local da lista e pressione o botão “Importar Informações do Local”;

2. Ou complete os campos “população”, “consumo (kWh/hab/dia)” e “média insolação por dia (kWh/m²/dia)” com base na localização desejada (observação: os dados mensais de insolação por dia são apenas para conhecimento, cálculo é feito com a média simples dos valores);
3. Na categoria informações do módulo solar, selecione um tipo de módulo solar disponível na lista “tipo de módulo solar” e pressione o botão “Importar Informações do Módulo Solar”;
4. Ainda na mesma categoria, selecione a porcentagem de energia que será produzida pelos módulos solares;
5. Na categoria resultados, pressione o botão “Calcular Resultados” para obter os resultados fornecidos pelo programa.

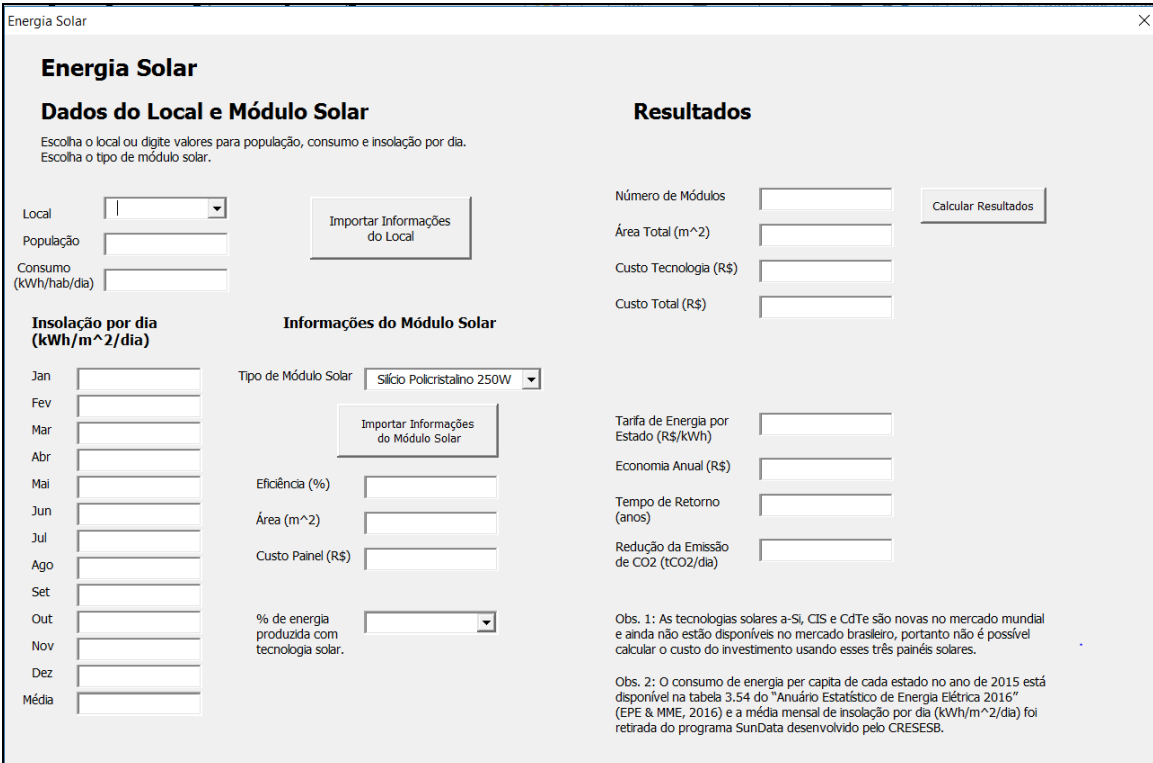


Figura 1. Interface/“Userform” do Modelo “Energia Solar”

Com o intuito de exemplificar a aplicação do Modelo “Energia Solar”, foi desenvolvido um estudo de caso apresentando duas situações: uma considerando a população total da cidade de Rio Claro – SP – Brasil, 199.961 habitantes, e outra analisando a possibilidade da instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência com 4 pessoas localizada no mesmo município.

Para instalar um sistema fotovoltaico em Rio Claro, assumindo que 50 % da energia consumida no local é gerada pelos módulos solares e utilizando o módulo solar mais popular no mercado atualmente - silício policristalino 250 W de potência, seriam necessários 600.319 módulos solares, uma área de 972.517 m² (cerca de 0,2 % da área total do município) e o investimento de R\$ 709.299.987,70 para a compra dos módulos solares e para a instalação. A economia anual para a cidade seria de aproximada R\$ 132.031.249,00 com o tempo de retorno de 5,4 anos e redução da emissão de 65.7 toneladas de CO₂ por dia (Figura 2).

Energia Solar

Dados do Local e Módulo Solar

Escolha o local ou digite valores para população, consumo e insolação por dia.
Escolha o tipo de módulo solar.

Local:

População:

Consumo (kWh/hab/dia):

Insolação por dia (kWh/m²/dia)

Jan	4.93
Fev	5.13
Mar	5.29
Abr	5.15
Mai	5.1
Jun	4.34
Jul	4.95
Ago	5.34
Set	4.86
Out	5.05
Nov	5.58
Dez	4.75
Média	5.04

Importar Informações do Local

Resultados

Número de Módulos:

Área Total (m²):

Custo Tecnologia (R\$):

Custo Total (R\$):

Calcular Resultados

Informações do Módulo Solar

Tipo de Módulo Solar:

Importar Informações do Módulo Solar

Eficiência (%):

Área (m²):

Custo Painel (R\$):

% de energia produzida com tecnologia solar:

Tarifa de Energia por Estado (R\$/kWh):

Economia Anual (R\$):

Tempo de Retorno (anos):

Redução da Emissão de CO₂ (tCO₂/dia):

Obs. 1: As tecnologias solares a-Si, CIS e CdTe são novas no mercado mundial e ainda não estão disponíveis no mercado brasileiro, portanto não é possível calcular o custo do investimento usando esses três painéis solares.

Obs. 2: O consumo de energia per capita de cada estado no ano de 2015 está disponível na tabela 3.54 do "Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016" (EPE & MME, 2016) e a média mensal de insolação por dia (kWh/m²/dia) foi retirada do programa SunData desenvolvido pelo CRESESB.

Figura 1. Interface/“Userform” do Modelo “Energia Solar” – Resultados do modelo assumindo que 100% da energia de Rio Claro é gerada pelos módulos solares.

Ao assumirmos que 100% da energia consumida na cidade de Rio Claro fosse gerada pelo sistema fotovoltaico a ser instalado, seriam necessários 1.200.638 módulos solares de silício policristalino 265W, uma área de 1.945.033 m² (cerca de 0,4 % da área total do município) e o investimento de R\$ 1.418.599.975,40 para a compra dos módulos solares e realização do projeto. A economia anual para a cidade seria de aproximadamente R\$ 264.062.498,00, com o tempo de retorno de 5,4 anos e redução da emissão de 131.35 toneladas de CO₂ por dia (Figura 3).

Resultados

Número de Módulos:

Área Total (m²):

Custo Tecnologia (R\$):

Custo Total (R\$):

Calcular Resultados

Tarifa de Energia por Estado (R\$/kWh):

Economia Anual (R\$):

Tempo de Retorno (anos):

Redução da Emissão de CO₂ (tCO₂/dia):

Figura 3. Resultados do modelo assumindo que 100% da energia é gerada pelos módulos solares.

Já ao assumirmos que 50 % da energia consumida na residência com 4 pessoas fosse gerada pelo sistema fotovoltaico, seriam necessários 13 módulos solares silício policristalino 265W, uma área de 19,5 m² e o investimento de R\$ 15360,00 para a compra dos módulos solares e a realização do projeto. Com isso, a economia anual atingiria R\$ 2641,00, com o tempo de retorno de 5,8 anos e redução da emissão de 0,00131 toneladas de CO₂ por dia (Figura 4).

Resultados	
Número de Módulos	<input type="text" value="13"/>
Área Total (m ²)	<input type="text" value="19.5"/>
Custo Tecnologia (R\$)	<input type="text" value="9984"/>
Custo Total (R\$)	<input type="text" value="15360"/>
<input type="button" value="Calcular Resultados"/>	
Tarifa de Energia por Estado (R\$/kWh)	<input type="text" value="0.45"/>
Economia Anual (R\$)	<input type="text" value="2641.14"/>
Tempo de Retorno (anos)	<input type="text" value="5.82"/>
Redução da Emissão de CO ₂ (tCO ₂ /dia)	<input type="text" value="0.00131"/>

Figura 4. Resultados do modelo para uma residência com 4 pessoas assumindo que 50% da energia é gerada pelos módulos solares.

E por fim, se assumirmos que 100 % da energia consumida na residência em questão é gerada por energia solar, seriam necessários 25 módulos solares silício policristalino 265W, uma área de 38,9 m² e o investimento de R\$ 29.538,50 para a compra e instalação do sistema fotovoltaico. Nesta última simulação, a economia anual seria R\$ 5282,30 com o tempo de retorno de 5,6 anos e redução da emissão de 0,00263 toneladas de CO₂ por dia (Figura 5).

Energia Solar

Dados do Local e Módulo Solar

Escolha o local ou digite valores para população, consumo e insolação por dia. Escolha o tipo de módulo solar.

Local:

População:

Consumo (kWh/hab/dia):

Resultados

Número de Módulos:

Área Total (m²):

Custo Tecnologia (R\$):

Custo Total (R\$):

Insolação por dia (kWh/m²/dia)

Jan	4.93
Fev	5.13
Mar	5.29
Abr	5.15
Mai	5.1
Jun	4.34
Jul	4.95
Ago	5.34
Set	4.86
Out	5.05
Nov	5.58
Dez	4.75
Média	5.04

Informações do Módulo Solar

Tipo de Módulo Solar:

Eficiência (%):

Área (m²):

Custo Pannel (R\$):

% de energia produzida com tecnologia solar:

Tarifa de Energia por Estado (R\$/kWh):

Economia Anual (R\$):

Tempo de Retorno (anos):

Redução da Emissão de CO₂ (tCO₂/dia):

Obs. 1: As tecnologias solares a-Si, CIS e CdTe são novas no mercado mundial e ainda não estão disponíveis no mercado brasileiro, portanto não é possível calcular o custo do investimento usando esses três painéis solares.

Obs. 2: O consumo de energia per capita de cada estado no ano de 2015 está disponível na tabela 3.54 do "Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016" (EPE & MME, 2016) e a média mensal de insolação por dia (kWh/m²/dia) foi retirada do programa SunData desenvolvido pelo CRESESB.

Figura 5. Interface/“Userform” do Modelo “Energia Solar” – Resultados do modelo para uma residência com 4 pessoas assumindo que 100% da energia é gerada pelos módulos solares.

CONCLUSÕES

Tomando como base os aspectos discutidos, conclui-se que a radiação solar é uma ótima fonte alternativa de energia, pois é renovável, limpa e não produz qualquer tipo de poluição ambiental durante o período de geração. No entanto, é necessário melhorar a eficiência de conversão energética, expandir a pesquisa em torno das dificuldades relativas à capacidade de armazenamento e à perda de energia, incentivar os investimentos em medidas de mitigação sobre os impactos negativos na produção dos módulos solares e tornar o custo de produção da energia solar mais competitivo.

O banco de dados desenvolvido contém informações gerais das capitais brasileiras e de quatro cidades do interior paulista. A média de insolação mensal que atinge cada cidade foi extraída do programa SunData disponível no site “CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito”, o qual assume que o posicionamento dos módulos solares sempre terá a mesma inclinação que a latitude local e, portanto, utiliza os valores de insolação medidos nessa posição. Em relação ao consumo per capita e ao custo da energia em cada local, esses dados foram retirados de tabelas da ANEEL, as quais apresentam as informações por estado e não por cidades brasileiras.

Os softwares e aplicativos de energia solar já disponíveis no mercado têm como input o consumo energético do cliente para realizar o projeto e apresentam como resultado a potência que deve ser instalada. O modelo desenvolvido neste trabalho traz o diferencial de realizar um cálculo aproximado e geral de um projeto de geração de energia solar baseado na insolação do local e no consumo médio de energia per capita da região. Assim, é possível realizar o cálculo tanto para uma residência, quanto para uma empresa ou até mesmo para uma cidade inteira. Além disso os resultados apresentados são o número de módulos solares necessários, dependendo da tecnologia escolhida, e o custo aproximado do projeto ao invés da potência a ser instalada. Dessa forma é possível ilustrar de pronto os prováveis resultados do projeto e já se ter uma ideia da economia energética e monetária que pode ser obtida.

Considerando as observações do parágrafo anterior, para um melhor aproveitamento do sistema desenvolvido é ideal que se utilize parâmetros particulares de cada local estudado no modelo. A utilização desse modelo por empresas responsáveis por projeto de energia solar também seria interessante. Assim, não só os dados locais seriam mais precisos, como também dados relativos aos módulos solares por elas comercializados.

Em relação aos estudos de caso, as simulações que consideraram a instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência apresentaram resultados coerentes. Ao simular a geração de 100 % da energia da cidade de Rio Claro, os valores foram bem altos. Quando analisamos a área requerida, ela não representa nem 1% da área total do município. Assim, acredita-se que o maior empecilho para a instalação dessa tecnologia em larga escala seja a questão econômica, visto que o investimento inicial é realmente elevado.

Finalmente, acredita-se que a ferramenta desenvolvida possa simplificar o dimensionamento de sistemas de produção de energia elétrica a partir de células fotovoltaicas e vir a contribuir com o aumento da utilização dessa importante fonte energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Energia Solar. In: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil), Org (s). Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2. ed. Brasília, 2005. p 29-42. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em 30 de maio de 2016.
2. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Micro e Minigeração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Cadernos Temáticos ANEEL. 2016. 2ª ed. 34 p.
3. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015. 2015.
4. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012. 2012.
5. MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. Arquivo dos Fatores de Emissão, 2016. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_despacho.html>. Acesso em 11 de dezembro de 2018.
6. MIRANDA, A. L. G. ; SANTESSO, C. A. ; GARCIA, M. L. ; MORAES, C. S. B. Desenvolvimento de Programa para Simulações do Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos para os Municípios do Brasil. Revista Brasileira de Energia Renováveis, v. 8, p. 216-223, 2019.
7. PORTAL SOLAR – Tudo sobre Energia Solar Fotovoltaica. Energia Fotovoltaica. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>>. Acesso em 07 de junho de 2016.
8. SANTESSO, C. A. ; MORAES, C. S. B. ; SANTARINE, G. A. ; GONCALVES, J. C. Economia de Energia através de Estratégias Passivas e Ativas: Um Estudo de Caso para Habitação de Interesse Social. ESPACIOS (CARACAS), v. 38, p. 23, 2017.
9. TIAGO FILHO, G. L.; ROSA, C. A. Análise da Capacidade de Amortização dos Passivos Energéticos e Ambientais dos Módulos Fotovoltaicos. Revista Brasileira de Energia, Vol. 19, No. 1, 1o Sem. 2013, pp. 171-194.