

## PLANILHA PARA A ESTIMAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

RICARDO DE ASSIS FERREIRA\*, ADRIANO RODRIGUES DE SANTANA, FABIO KENJI TANIGUCHI, CAIO CESAR SILVA DANTAS & NELSON BOVO JUNIOR

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica – FEEC/UNICAMP

E-mail do autor correspondente: [ricardo.assisf@gmail.com](mailto:ricardo.assisf@gmail.com)

**RESUMO:** No Brasil, com exceção das usinas hidrelétricas, os sistemas renováveis de geração de energia ainda não foram extensamente difundidos na sociedade. Isso pode ser explicado pela dificuldade em encontrar informações sobre tais sistemas, seus benefícios e economia financeira gerada após a sua adoção. Nesse projeto, programou-se uma planilha utilizando o software Excel, em que é possível obter a potência de um sistema fotovoltaico, a área necessária para a instalação das placas, inclinação das placas, investimento médio e economia financeira. Além disso, elaborou-se um folder informativo com os benefícios da adoção de sistemas fotovoltaicos e com instruções para a utilização da planilha. Realizou-se uma pesquisa com quatro estabelecimentos comerciais da cidade de Paraty-RJ. Constatou-se o alto grau de interesse por sistemas de geração de energia fotovoltaicos e a dificuldade que encontravam em dispor de informações práticas, técnicas e econômicas sobre esse tipo de sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia fotovoltaica, Planilha, Excel, Economia.

### PHOTOVOLTAIC SYSTEM TECHNICAL AND FINANCIAL ESTIMATE SPREADSHEET

**ABSTRACT:** In Brazil, with the exception of hydroelectric power plants, the renewable systems are almost not spread in the society. This can be explained by the lack and the difficulty to find information about these systems and financial savings due to its adoption. In this project, it was built an Excel spreadsheet which calculates the power of the system, the required area of the installation of the panels, inclination of the panels, average investment and further savings. Besides that, a brochure was made in a way to explain the benefits of the adoption of photovoltaic systems and with instructions for the spreadsheet. It was made a survey with four commercial establishments in the city of Paraty-RJ. It was noted the interest in photovoltaic systems and the difficulty in having practical, technical and economic information about this kind of system.

**KEYWORDS:** Photovoltaic Energy, Spreadsheet, Excel, Economy

### INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda de energia elétrica e do apelo ambiental, nos últimos anos, muitos países passaram a investir em instalações de sistemas renováveis de energia, tais como energia eólica, hidrelétrica, biomassa e solar.

A diretoria da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2013) aprovou no dia 17/04/2012 regras destinadas a reduzir barreiras para instalação de geração distribuída de

pequeno porte. A Resolução da ANEEL cria o Sistema de Compensação de Energia, que permite ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e “trocar energia” com a distribuidora local. A regra é válida para geradores de fontes renováveis (ANEEL, 2013).

Pelo sistema, a unidade geradora instalada em uma residência, por exemplo,



produzirá energia e o que não for consumido será injetado no sistema da distribuidora, que utilizará o crédito para abater o consumo dos meses subsequentes. Os créditos poderão ser utilizados em um prazo de 36 meses e as informações estarão na fatura do consumidor

Por sua vez, o PROGRAMA LUZ PARA TODOS foi criado com o objetivo de acelerar o acesso universal à energia elétrica no Brasil através de financiamento e subsídios para os investimentos em projetos de eletrificação rural executados pelas concessionárias de distribuição e outros agentes executores. Até o ano de 2010, o Programa Luz para Todos levou os benefícios da energia elétrica para mais de 12 milhões de pessoas em áreas rurais (MME, 2013). No entanto, ainda existem muitas pessoas em locais isolados que não podem contemplar os benefícios da energia elétrica. Nesses casos, podem ser realizados projetos de geração de energia através de sistemas renováveis isolados (não conectados à rede), como os sistemas fotovoltaicos, por exemplo, (MME, 2013).

Devido à falta de informação prática disponível e visando incentivar a difusão da geração de energia elétrica através sistemas fotovoltaicos, elaborou-se uma planilha em que é possível calcular a potência e o investimento necessário para a aquisição do sistema e um folder explicativo, detalhando os benefícios desse tipo de geração elétrica.

A planilha e o folder foram enviados para duas pousadas e duas marinas de Paraty-RJ para que fossem testadas, avaliadas e, posteriormente,

verificassem o interesse em adotar sistemas fotovoltaicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

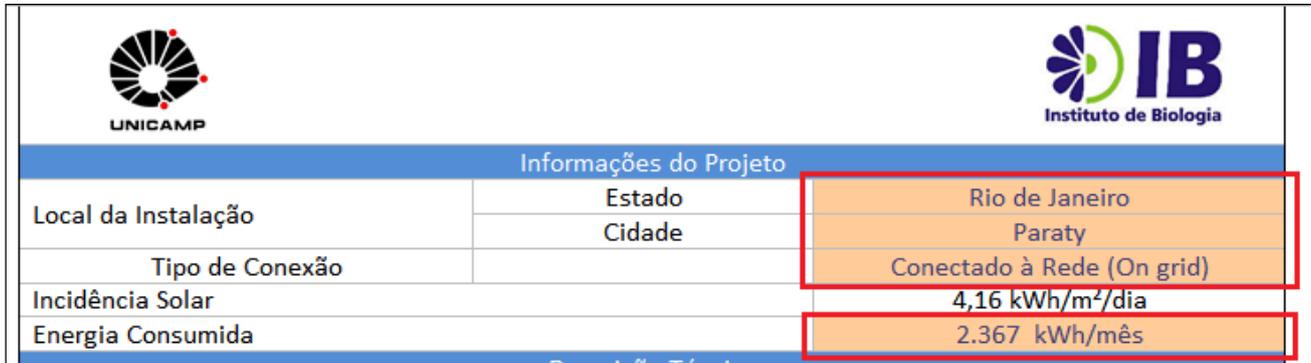
A empresa Antares Energia de Campinas concordou em participar do projeto e ceder a base de preços de seus sistemas fotovoltaicos para a implementação da planilha. Elaborou-se um banco de dados com os preços dos sistemas fotovoltaicos, considerando os equipamentos, instalação e estruturas de montagem. Dentre os equipamentos de sistemas fotovoltaicos, são utilizados: módulos fotovoltaicos, inversores, sistemas de monitoramento e, além disso, em sistemas não conectados à rede, são utilizados também baterias e controladores de fluxo de carga.

Através do banco de dados de 2007 do site do IBGE criou-se uma lista com as cidades mais populosas de cada estado e com o aplicativo Google Earth coletou-se as coordenadas geográficas de cada cidade. Em seguida, utilizando a ferramenta disponibilizada no site do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito e através das coordenadas geográficas, obteve-se a incidência solar mensal média para as cidades escolhidas. Por fim, pelo site da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica - obtiveram-se tarifas de energia elétrica das concessionárias de energia do Brasil (CRESESB, 2013). Dessa forma, elaborou-se um banco de dados relacionando 430 cidades brasileiras, com as incidências de energia solar mensal média e

as concessionárias de energia elétrica de cada região (Planilha – Energia Incidente).

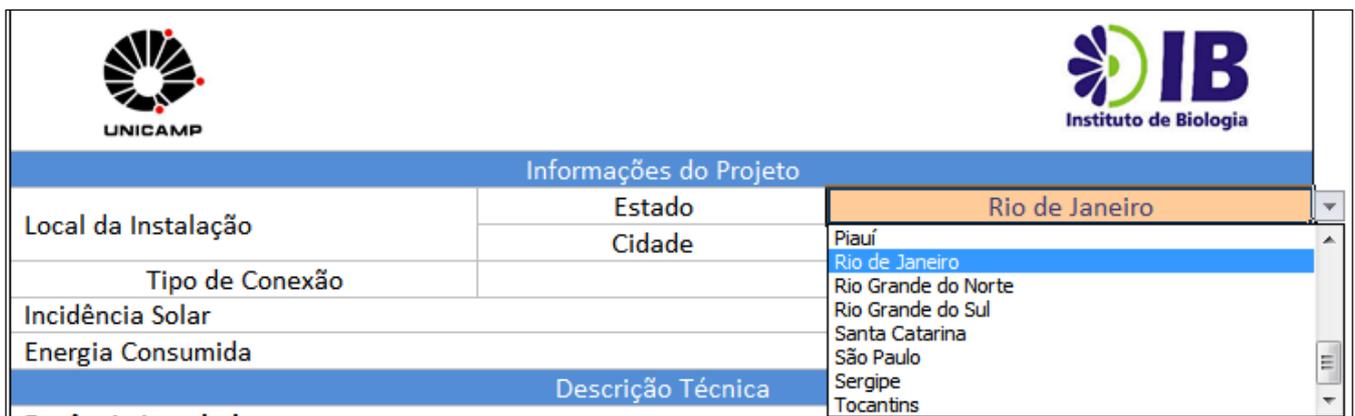
Foi elaborada a interface para o usuário colocar os dados desejados do local onde será instalado o sistema fotovoltaico (Figura 1).

Primeiramente basta clicar na célula da planilha ao lado de “Estado” e escolher o Estado desejado (como apresentado na figura 2) e em seguida escolher a cidade desejada.



Informações do Projeto	
Local da Instalação	Estado: Rio de Janeiro
	Cidade: Paraty
Tipo de Conexão	Conectado à Rede (On grid)
Incidência Solar	4,16 kWh/m <sup>2</sup> /dia
Energia Consumida	2.367 kWh/mês

Figura 1. Imagem da interface para os dados do sistema



Informações do Projeto	
Local da Instalação	Estado: Rio de Janeiro
	Cidade: [dropdown menu]
Tipo de Conexão	
Incidência Solar	
Energia Consumida	

Figura 2. Demonstração da escolha do estado do Rio de Janeiro

Em sistemas de geração de energia, há duas possibilidades: sistemas conectados à rede e os sistemas não conectados à rede.

Os sistemas conectados à rede (On Grid) são sistemas utilizados em locais que possuem acesso à rede de distribuição de energia elétrica. Nesses sistemas a energia gerada é utilizada pela residência e o excedente é injetado na rede elétrica. Atualmente, existe no Brasil, como mencionado anteriormente, uma regulamentação por parte da ANEEL que permite o pleno funcionamento do sistema fotovoltaico

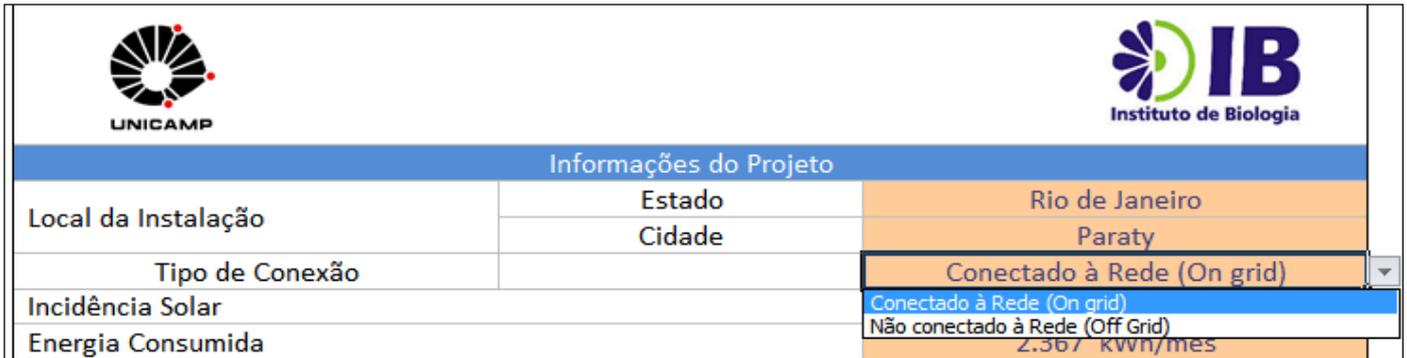
conectado à rede, habilitando o consumidor de energia elétrica das distribuidoras a produzirem sua própria energia e pagar apenas uma taxa mínima em sua conta de luz, podendo se beneficiar do Sistema de Compensação de Energia.

Por sua vez, sistemas fotovoltaicos não conectados à rede (Off Grid) são aqueles que não possuem acesso à rede de distribuição de eletricidade das concessionárias, gerando energia através de placas fotovoltaicas e armazenando energia em bancos de baterias para o consumo

durante a noite (em que não há sol para gerar energia).

Assim como mencionado anteriormente, os dois tipos de sistemas (On Grid e Off Grid) apresentam módulos fotovoltaicos, inversores e sistemas de monitoramento. No entanto, sistemas fotovoltaicos que não são conectados à

rede apresentam também, em sua composição, baterias e controladores de fluxo de carga. Tais fatores aumentam o preço do sistema fotovoltaico e, portanto, são fundamentais para a precificação de um sistema, sendo considerados na Planilhas, como apresentada na figura 3, no qual o usuário deve escolher o tipo de conexão.

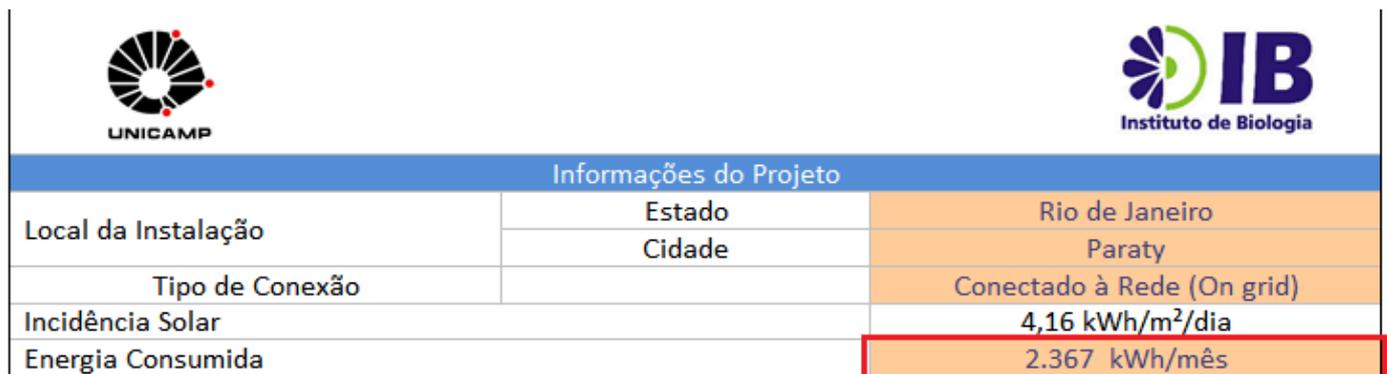


Informações do Projeto		
Local da Instalação	Estado	Rio de Janeiro
	Cidade	Paraty
Tipo de Conexão	Conectado à Rede (On grid)	
Incidência Solar	Conectado à Rede (On grid)	
Energia Consumida	Não conectado à Rede (Off Grid)	
	2.367 kWh/mês	

Figura 3. Escolha entre Sistema conectado à rede e não conectado à rede

Finalmente, o último fator que define o tamanho do sistema que deve ser adotado, é a energia consumida mensalmente e que deve ser gerada pelo sistema fotovoltaico. Quanto maior o consumo de energia, maior será o sistema de geração fotovoltaica. O usuário deve definir na

célula destacada na Figura 4, a energia consumida média na propriedade onde será instalado o sistema de geração. A energia de consumo de uma residência pode ser verificada na conta de energia elétrica.



Informações do Projeto		
Local da Instalação	Estado	Rio de Janeiro
	Cidade	Paraty
Tipo de Conexão	Conectado à Rede (On grid)	
Incidência Solar	4,16 kWh/m <sup>2</sup> /dia	
Energia Consumida	2.367 kWh/mês	

Figura 4. Inserção do consumo de energia médio

Para efetuar os cálculos necessários foram utilizados como base de informação os livros: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos do Grupo de Trabalho de Energia

Solar (GTES, 2004) e o livro Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede (VILLALVA M. G. & GAZOLI J. R., 2012).



Após adicionar o Estado, Cidade, o tipo de Conexão e a energia consumida a planilha calcula a potência total do sistema que deve ser instalada, a quantidade de módulos fotovoltaicos, a área necessária para a instalação, a direção e inclinação dos módulos e o investimento para a compra do sistema. Além

disso, são apresentados três gráficos: a relação do gasto com energia elétrica antes e depois da adoção do sistema, a energia incidente média no local ao longo dos meses do ano (kWh/m<sup>2</sup>/dia) e a produção estimada de energia elétrica pelo sistema adotado (kWh/mês) (Figura 5).

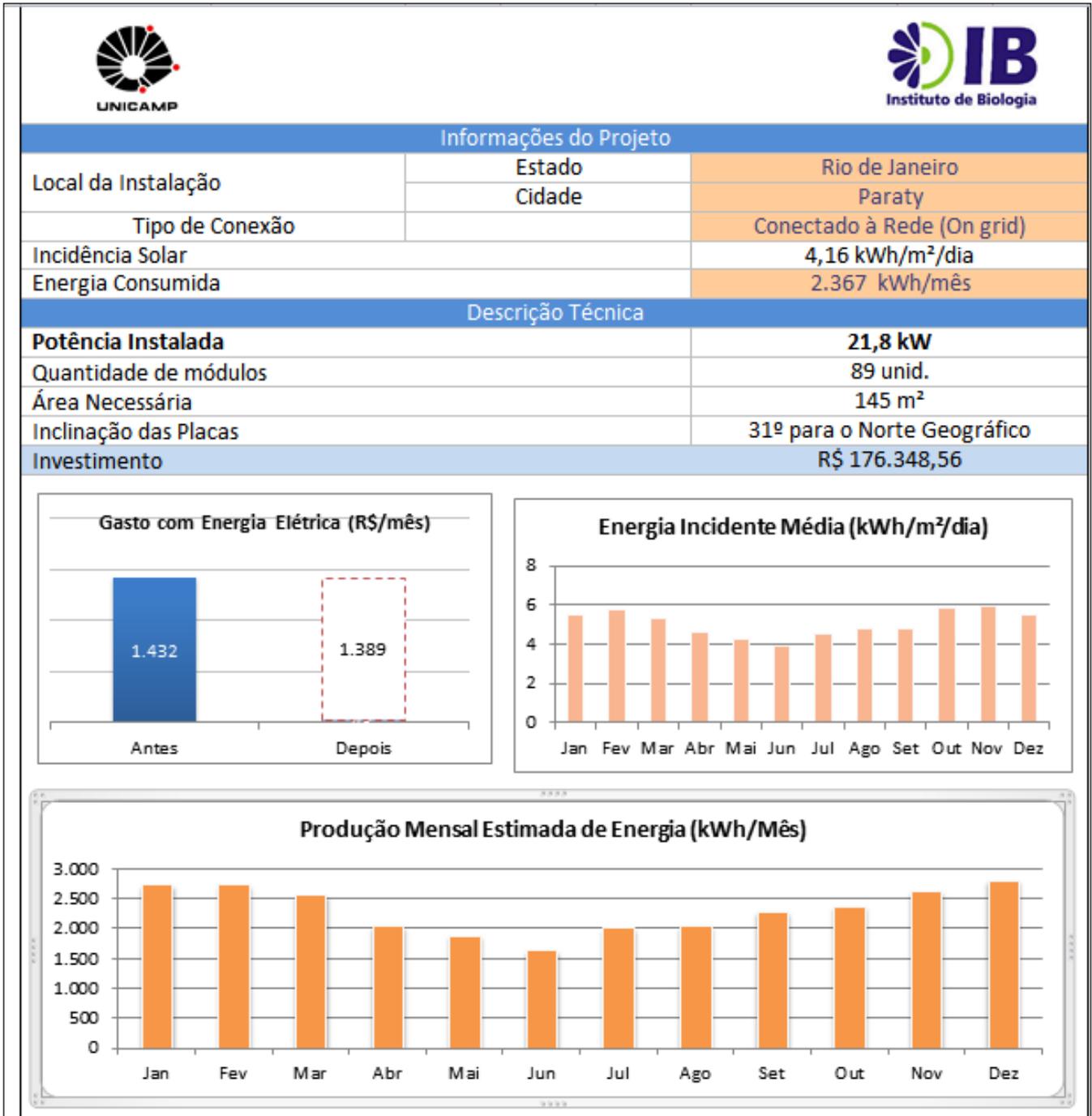


Figura 5. Imagem da planilha completa

Por fim, realizou-se a elaboração de um simples folder contendo informações sobre sistemas fotovoltaicos e de uma sucinta instrução para a utilização da Calculadora Solar (Planilha).






## Projeto Sol mais Energia

### ENERGIA SOLAR E SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



Energia Solar é toda e qualquer energia proveniente do Sol, ela é utilizada no aquecimento da Terra, no processo de fotossíntese das plantas e em outras diversas formas encontradas na natureza, sendo fundamental para o nosso planeta. Com aumento da demanda de energia elétrica no mundo e a crescente preocupação com o ecossistema, ocorreu o avanço nos estudos de fontes renováveis. Ganhando destaque os sistemas de geração de energia elétrica através da energia de irradiação do Sol. Com isso, a energia fotovoltaica se mostrou uma opção viável e inteligente para a composição da matriz energética mundial. A energia fotovoltaica tem como base o uso de placas ou módulos fotovoltaicos. Essas placas "captam" a energia solar gerando energia elétrica de forma limpa e sustentável.

#### E QUAIS AS VANTAGENS???

- Viável em praticamente todo território brasileiro pela alta incidência solar
- Baixo custo de manutenção
- Grande vida útil do sistema, em torno de 20 a 25 anos
- Econômica se comparada a utilização de energia elétrica de distribuidoras brasileiras
- Sustentável, sendo ainda possível de utilização de uma campanha de "Marketing Verde" pelas empresas.

#### MAS COMO CALCULAR O SISTEMA FOTOVOLTAICO NECESSÁRIO??

### CALCULADORA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Após conhecer todos os benefícios da energia solar, porque não calcular o investimento e a área necessária para economizar e respeitar o meio ambiente??

Com esse objetivo foi criada uma calculadora de placas fotovoltaicas, auxiliando pessoas e empresas em seus projetos. O princípio de funcionamento é bastante simples e requer apenas algumas informações como explicado a seguir.



#### COMO UTILIZAR?

Apenas alguns dados são necessários:

- Cidade e Estado onde será instalado o sistema (o local influencia na energia solar incidente)
- Tipo de Conexão\*
- Consumo de energia mensal (obtido na conta de energia elétrica, por exemplo)

Inversões de Projeto		
Estado	Rio de Janeiro	
Local de Instalação	Paraty	
Cidade	Paraty	
Tipo de Conexão	Conectado à Rede (On-grid)	
Incidência Solar	4,16 kWh/m <sup>2</sup> /dia	
Energia Consumida	600 kWh/mês	

\* O tipo de conexão On-grid é utilizado em locais que possuem acesso à rede elétrica de energia e o tipo Off-Grid em regiões que não possuem acesso à rede elétrica de energia (locais rurais, barcas, etc)

### DADOS OBTIDOS PELA CALCULADORA

Dados Totais	
Potência Instalada	5,2 kW
Quantidade de módulos	21 unid.
Área Necessária	34 m <sup>2</sup>
Inclinação das Placas	21° para o Norte Geográfico
Investimento	R\$ 96.221,61

Com base nessas informações são gerados:

- Potência Instalada do Sistema
- Quantidade de Módulos
- Área Necessária para a instalação dos módulos
- Inclinação das Placas
- Investimento médio para a compra do sistema
- Gráfico da Energia Incidente no Local, Energia Gerada pelo sistema e Economia Financeira considerando os gastos de energia elétrica antes e depois da adoção do sistema.

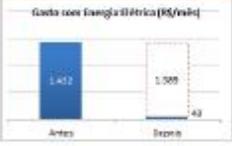
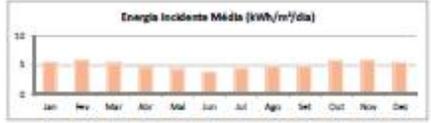




Figura 6. Imagem do Folder Elaborado

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a conclusão da Planilha Calculadora Solar, reuniram-se através do site do Laboratório de Estudos e Pesquisas em Artes e Ciências da Unicamp em Paraty (LEPAC, 2012) duas pousadas e duas marinas da cidade Paraty-RJ que aderiram ao Programa de Carbono compensado do LEPAC e aceitaram participar da pesquisa: Pousada Rumo dos Ventos, Pousada Villas de Paraty, Marina Porto Imperial e Náutica Perequê Açu. Os dados do consumo de energia elétrica dos entrevistados e os valores de seus sistemas fotovoltaicos estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados dos clientes (duas pousadas e duas marinas em Paraty), seus consumos médios mensais (CMM), valor mensal atual das suas contas de luz (Valor Antes), o valor depois de instalado o sistema (Valor Depois) e investimentos necessários (IN).

Clientes	CMM (kWh/mês)	Valor Antes (R\$)	Valor Depois (R\$)	IN (R\$)
Rumo dos Ventos	2.300	1.302	43	173.000
Villas de Paraty	2.400	1.358	43	175.000
Porto Imperial	6.200	3.509	43	550.000
Perequê Açu	830	471	43	70.000

As pousadas e as marinas se mostraram muito interessadas pela instalação de sistemas fotovoltaicos. Os comentários são apresentados abaixo:

1) Rumo dos Ventos: Segundo Ângelo Piovesan, a empresa já possuía interesse em sistemas fotovoltaicos. Apesar do alto

investimento, a adoção do sistema é possível e viável. Como já possuem uma linha de crédito com o BNDES, pretendem verificar como seria o financiamento de tal sistema. Além disso, a calculadora foi fornecida no momento ideal, uma vez que não sabiam como obter a área necessária e o investimento necessário para o sistema.

2) Pousada Villas de Paraty: Segundo o Gerente Murilo, apesar do alto investimento, já possuíam interesse em sistemas pelo impacto ambiental e comercial causado. Já estavam com planos para pesquisar orçamentos para aquisição do sistema e, portanto, a Planilha seria muito conveniente para que se tenha uma base de dados e parâmetros de comparação.

3) Marina Porto Imperial: segundo o gerente Márcio Richer a empresa possui muito interesse em tais sistemas e que sempre gostou de trabalhar com essa linha de energia sustentável. O grande problema, no entanto, é que a marina fica em um loteamento e que existe uma restrição por parte da Secretaria do Meio Ambiente para a instalação das placas fotovoltaicas no local.

4) Náutica Perequê Açu: o contato foi feito com Marcelo Guimarães, que desde o início demonstrou bastante interesse no sistema e disse que já fazia ideia de que o investimento seria alto, porém possível. Segundo ele, seria muito bom ter um valor calculado para se basear.



Pelos dados obtidos, nota-se que além do impacto ambiental positivo, os sistemas fotovoltaicos podem causar um apelo positivo no Marketing dos estabelecimentos. No entanto, há uma preocupação devido ao alto investimento necessário para a compra de tais sistemas. Por fim, todos os estabelecimentos destacaram a utilidade e praticidade da Calculadora Solar fornecida.

Foi notado que a maior parte da recusa da adoção do sistema fotovoltaico é o alto investimento. No entanto, a calculadora solar foi muito bem recepcionada pelo nicho pesquisado. Podendo ser, portanto, uma ferramenta muito útil para a disseminação de sistemas fotovoltaicos no Brasil.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos à empresa Antares Energia pela ajuda na implementação da calculadora, aos entrevistados dos estabelecimentos: Pousada Villas de Paraty, Pousada Rumo dos Ventos, Marina Porto Imperial e Náutica Perequê Açu por colaborarem na pesquisa e análise da calculadora.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL, 2013. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Regulamentação da ANEEL para microgeração distribuída. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/FAQ\\_482\\_18-12-2012.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/FAQ_482_18-12-2012.pdf) Acesso em: 15 maio 2013
- CRESESB, 2013. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Ferramenta de cálculo de energia solar incidente. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/sundata/> Acesso em: 12 maio 2013.
- GTES, 2004. GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, 2004.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007. Contagem da população estimada por estado. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007> Acesso em: 28 abril 2013.
- LEPAC, 2012. LABORATÓRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ARTES E CIÊNCIAS, 2012. Empresas participantes do programa de carbono compensado – LEPAC. Disponível em: <http://www.preac.unicamp.br/lepac=8> Acesso em: 12 junho 2013
- MME, 2013. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012. Informativo nº38, Programa Luz Para Todos. Disponível em: <http://www.luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/informativos.asp> Acesso em: 20 junho 2013.
- VILLALVA M. G. & GAZOLI J. R., 2012 Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações, São Paulo, Érica, 2012, 224 p.