



DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE UM APLICATIVO PARA SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Stéphane Rodrigues da Silva – stephane.rodrigues.silva@gmail.com
Erika Tiemi Anabuck – tiemianabuki@gmail.com
Luis Claudio Gambôa Lopes – lcgamboa@gmail.com
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus III
Rua José Peres 558 – Centro
36700-000 – Leopoldina – Minas Gerais

Resumo: *Devido ao aumento crescente no preço da energia e aos incentivos governamentais aplicados a fontes renováveis de geração de energia elétrica, a energia solar fotovoltaica vem se tornando uma das principais alternativas quanto ao suprimento da geração de energia no país. Tendo em vista esse cenário, é proposto nesse artigo o desenvolvimento de um aplicativo interativo para dispositivos móveis de fácil manuseio a ser utilizado para dimensionar sistemas fotovoltaicos além de monitorar o histórico de geração de energia através dos mesmos. O dimensionamento leva em consideração as condições climáticas da localização do usuário conforme a base de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a energia consumida pelo mesmo anualmente. Possibilita desse modo que o usuário possa escolher os equipamentos adequados para compor seu sistema com base em uma análise de requisitos técnicos e econômicos. O aplicativo proposto pode ser utilizado por usuários interessados na instalação de sistemas fotovoltaicos em suas residências e por instituições de ensino e pesquisa.*

Palavras-chave: *Dimensionamento, Sistemas fotovoltaicos, Aplicativo, Sistema conectado.*

1. INTRODUÇÃO

Um país é definido como desenvolvido conforme sua capacidade de dar acesso à população a serviços de infraestrutura, como saneamento, transporte, telecomunicações e energia. Sendo a energia, um fator dominante para o desenvolvimento econômico e social do país (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2008).

Devido ao aumento constante nos preços da energia, devido a incentivos fiscais e as condições climáticas e à queda nos preços da energia gerada pelas fontes fotovoltaicas, a energia solar fotovoltaica vem se tornando uma das principais alternativas para suplementar a geração de energia elétrica no país. Os estudos do Plano Nacional de Energia - PNE 2050, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética apontam que até 2050 18% dos municípios contarão com geração fotovoltaica, desses 18% em torno de 13% serão de consumo residencial (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2008).

Atualmente o governo possui diversos incentivos buscando promover a

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





utilização da energia fotovoltaica no país como o ProGD (Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica que estimula a geração de energia elétrica pelos próprios consumidores), a isenção do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) e do ICMS (Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias). Outro incentivo promovido é o Plano Inova de Energia, que é um fundo de R\$ 3 bilhões, criado em 2013, pelo BNDES, Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ANEEL, com foco na empresa privada e com o objetivo de pesquisa e inovação tecnológica nas áreas de: redes inteligentes de energia elétrica, linhas de transmissão de longa distância em alta tensão; energias alternativas, como a solar; e eficiência de veículos elétricos (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016).

Motivado pelo cenário exposto foi proposto o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis de fácil manuseio em que o usuário pudesse realizar um prévio dimensionamento de um sistema fotovoltaico para sua propriedade, possibilitando dessa forma, a redução da utilização dos recursos da concessionária de energia e de custos com a conta de energia elétrica do usuário. O aplicativo busca otimizar a quantidade de equipamentos a serem utilizados na instalação, conforme os requisitos inseridos pelo utilizador reduzindo assim o custo com a aquisição dos equipamentos. O dimensionamento do sistema leva em consideração a região onde o usuário irá instalar o sistema e o consumo médio de energia elétrica anual do mesmo, possibilitando desse modo que ele escolha os equipamentos e principais acessórios adequados para compor seu sistema. Além disso o aplicativo também permite um monitoramento da energia gerada pelo sistema fotovoltaico, conforme os dados de insolação da região onde está instalado. Também, através dos dados de consumo e geração, é possível monitorar o gasto médio com energia do usuário.

Esse aplicativo leva em consideração a geração de energia através de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede. São sistemas que dependendo da faixa de capacidade de potência nominal utilizada (ordem de dezenas de kWp) produzem energia que pode atender parte da carga gerada localizada e/ou ser injetada diretamente na rede de serviço de abastecimento elétrico convencional (BARBOSA *et al.*, 2007). Neste caso, através da resolução 482 da Aneel (MOREIRA, 2012) pode-se gerar crédito de energia a ser utilizado nos meses seguintes.

2. METODOLOGIA

Para dimensionar um sistema fotovoltaico é preciso levar em consideração inicialmente dois equipamentos: painéis e inversores.

Um painel fotovoltaico é formado por um conjunto de células fotovoltaicas que em conjunto são responsáveis por transformar a energia luminosa solar em corrente elétrica (MARQUES, 2009).

O inversor é um equipamento que faz a interface entre um ou mais painéis e a rede elétrica buscando adequar as formas de onda das grandezas elétricas DC (Corrente Contínua) do painel às formas de onda AC (Corrente Alternada) exigidas pela rede (CASTRO, 2002).

O dimensionamento realizado pelo aplicativo consiste em calcular o número de painéis e inversores necessários para compor o sistema do usuário levando em consideração um determinado modelo de painel e inversor escolhido pelo mesmo, o consumo de energia do usuário do último ano e a Irradiância da região.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





Irradiância é a densidade de energia solar incidente sob uma determinada superfície, ela permite identificar a condição climática de um local. Essa informação foi retirada da base de dados do *INMET (Instituto Nacional de Meteorologia)* e três cidades de Minas Gerais foram utilizadas como base de dimensionamento: Barbacena, Belo Horizonte e Juiz de Fora. Para cada uma dessas cidades foi feita uma coleta dos valores de irradiância diários referentes a 5 anos (2011-2015) e após a coleta, uma média mensal foi aproximada para cada região. O dado de consumo de energia elétrica mensal durante o ano é inserido pelo próprio usuário no aplicativo, onde este dado é retirado da própria conta de energia elétrica. O *software* utilizado para fazer a implementação do aplicativo foi o *Android Studio*.

Dimensionamento do número de painéis

Para calcular o número de painéis necessários para suprir uma demanda de energia é preciso calcular a energia produzida diariamente por um painel, encontrar a energia gerada mensalmente e então dividir a energia consumida pelo usuário pela energia gerada mensal. O cálculo da energia produzida diariamente por um painel pode ser expresso conforme a Equação (1):

$$E_D = E_S \times A_p \times \eta_p \times TD \quad (1)$$

Em que:

E_D = Energia produzida diariamente por um painel

E_S = Irradiância média diária da região

A_p = Área do painel

η_p = Eficiência do painel

TD = Taxa de desempenho. Referente a influência da sujeira, poeira, sombreamento e outros fatores. Em geral é considerado 0.75 (75%).

A eficiência do painel pode ser expressa pela Equação (2):

$$\eta_p = \frac{P_{MAX}}{A_p \times 1000} \quad (2)$$

Em que:

P_{MAX} = Potência máxima do painel

A energia mensal gerada por cada painel será a energia produzida pelo painel diariamente vezes o número de dias do mês. Para facilitar o dimensionamento, todos os meses foram considerados como sendo compostos por 30 dias. O cálculo da Energia média produzida pode ser expresso através da Equação (3):

$$E_M = E_D \times 30 \quad (3)$$

O Número de painéis necessários para suprir a demanda do sistema será dado pela Equação (4):

Organização



Promoção





$$N_p = \frac{E_{necessária}}{E_M} \quad (4)$$

Em que:

$E_{necessária}$ = Média da energia consumida pelo usuário

A partir dos cálculos realizados previamente, o aplicativo oferece os modelos de painéis e a quantidade necessária dos mesmos para suprir a instalação.

Dimensionamento do número de inversores

A especificação dos inversores depende basicamente de dois dados: a tensão total dos painéis utilizados e a potência total deste conjunto. Os painéis são associados em série. Num sistema em série, sabe-se que a tensão total é a soma da tensão de cada painel, isso é demonstrado na Equação (5).

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (5)$$

Onde:

V_T = Tensão total

V_1 = Tensão do painel 1

V_2 = Tensão do painel 2

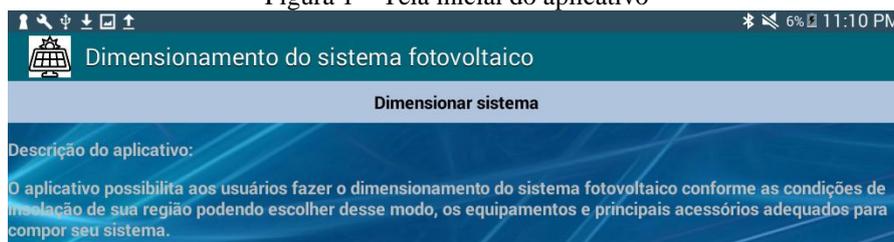
V_n = Tensão do painel n

Caso todos painéis sejam idênticos, então a tensão total será o número de painéis multiplicado pela tensão gerada por cada um deles. O mesmo é válido para a potência. Com a tensão total e a potência total dos painéis, é possível determinar o número inversores. O inversor deve atender as especificações de tensão e potência dos painéis, no caso de não atender, outro inversor de mesmo modelo deve ser conectado em série para suprir a demanda do sistema.

RESULTADOS

Nas figuras 1 e 2 estão demonstradas a tela inicial do aplicativo e a tela onde o usuário escolhe o município de sua instalação. Inicialmente o aplicativo permite apenas escolher entre os municípios de Barbacena, Belo Horizonte e Juiz de Fora, porém futuramente serão inseridas outras demais localidades.

Figura 1 – Tela inicial do aplicativo



Organização

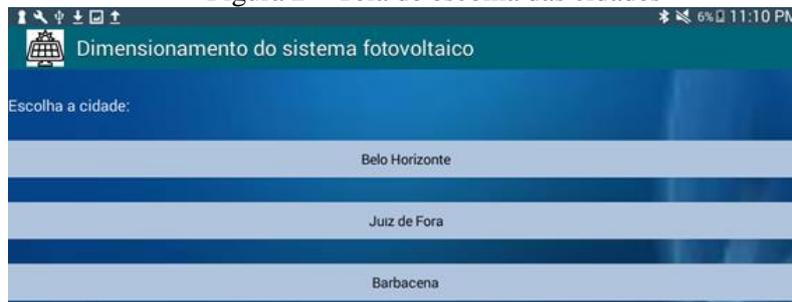


Promoção





Figura 2 – Tela de escolha das cidades



No aplicativo foram definidos alguns tipos de inversores e painéis fotovoltaicos conforme os modelos mais comumente encontrados no mercado. O cliente pode escolher um modelo de inversor e em seguida verificar as especificações do mesmo verificando assim se deseja prosseguir. Nas figuras 3 e 4 estão demonstradas as telas de escolha e de especificação do inversor.

Figura 3 – Modelo de inversor

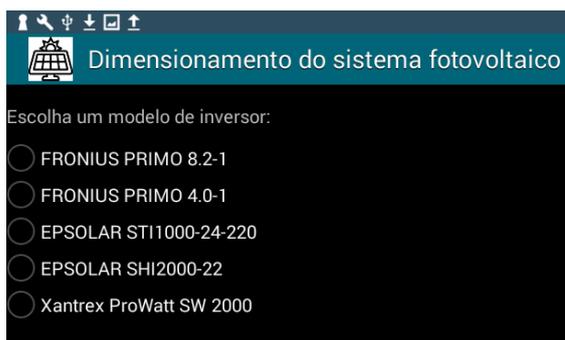


Figura 4 – Especificação do inversor



Assim, com os modelos de inversor são escolhidos pelo usuário, o tipo de painel também deve ser escolhido. Ele também foi inserido no aplicativo conforme os modelos do mercado. A tela de escolha do modelo e a tela de especificação podem ser vistas nas figuras 5 e 6.

Figura 5 – Modelo de painel



Figura 6 – Especificação do inversor



Organização



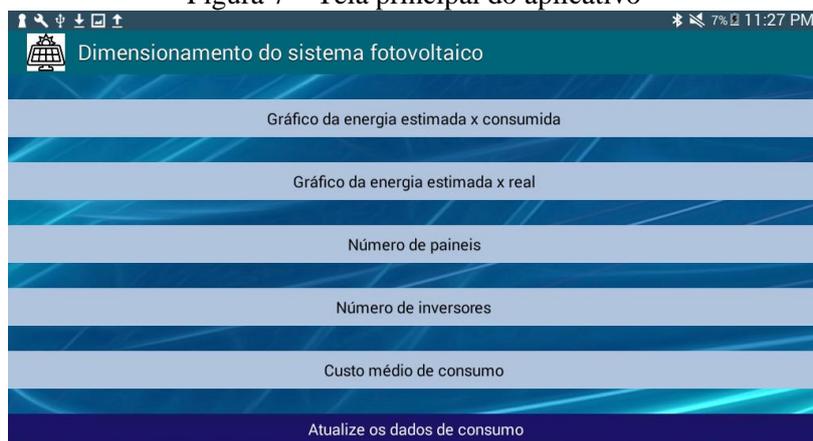
Promoção





Após a escolha dos equipamentos principais necessários para compor o sistema, a tela principal do aplicativo é aberta (figura 7). Na tela principal o cliente pode escolher entre diversas opções como *gráfico da energia estimada x a consumida*, *gráfico da energia estimada x a real*, *número de painéis*, *número de inversores*, *custo médio de consumo* e *atualização dos dados de consumo*.

Figura 7 – Tela principal do aplicativo



Campo atualize os dados de consumo

Todo o dimensionamento do sistema é feito com base na localidade do usuário e nos dados de consumo do mesmo, buscando assim especificar um sistema de baixo custo e que atenda as requisições do mesmo durante todo o período anual. Sendo assim, ao iniciar o aplicativo o usuário deve clicar no campo *Atualize os dados de consumo* e inserir seus dados de consumo do último ano (figura 8). Após a inserção de dados o sistema volta para a tela principal.

Figura 8 – Tela de preenchimento dos dados do usuário



Campo gráfico de energia estimada x consumida

Ao clicar nesse campo na tela principal, o usuário pode comparar seu consumo de energia com a energia gerada estimada pelo sistema fotovoltaico para cada mês do ano através de um gráfico de barras (figura 9). Como a energia estimada pelo sistema leva

Organização



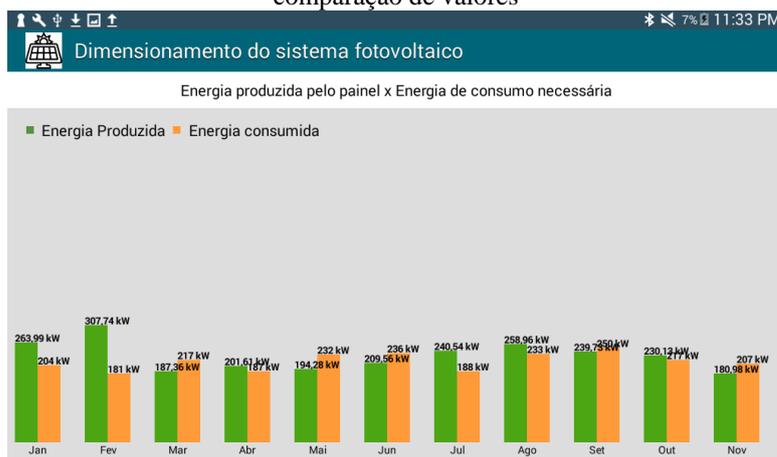
Promoção





em consideração além das condições de insolação da região também a média aritmética de dados de consumo de energia elétrica do usuário, dependendo do mês, a produção de energia do sistema pode ficar inferior ao consumo. O contrário também pode acontecer, tornando a produção muito superior ao consumo, ocasionando uma compensação nesse caso.

Figura 9 – Gráfico da energia consumida e estimada que possibilita ao usuário fazer uma comparação de valores

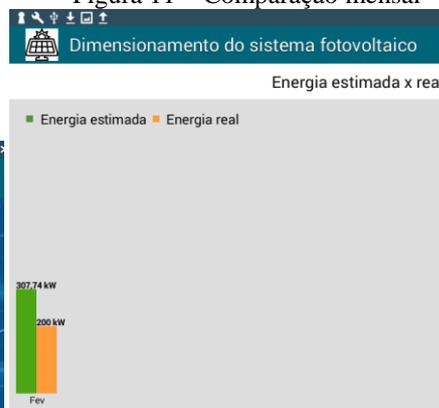


Campo gráfico da energia estimada x real

No campo *gráfico da energia estimada x real*, o usuário pode verificar se a energia produzida pelo sistema está acima ou abaixo do valor real de consumo de energia para um determinado mês do ano (figura 10). No campo *Número do mês a ser consultado* ele deve inserir o mês ao qual deseja consultar a energia estimada pelo sistema e no campo *Valor real da conta de luz* o usuário deve inserir o valor real de consumo em kW inserido na conta de energia elétrica. A comparação pode ser vista na figura 11.

Figura 10 – Valor mensal e real

Figura 11 – Comparação mensal



Número de painéis

Organização



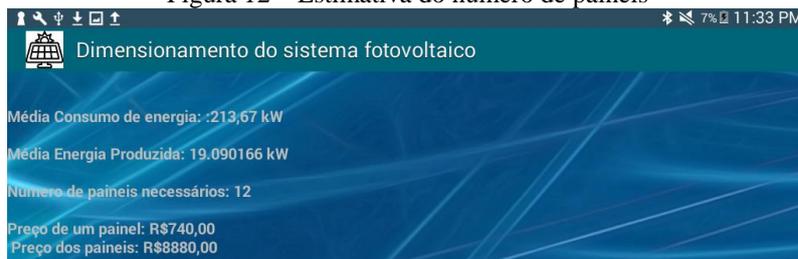
Promoção





O sistema permite dimensionar o número de painéis através dos dados de consumo do usuário, e dos dados de Irradiância da localidade. Através dos cálculos realizados pelo aplicativo, o mesmo traz informações tais como a quantidade de painéis necessários para suprir aproximadamente o consumo do usuário, o preço médio do modelo escolhido e o valor médio à ser gasto com a quantidade total de painéis do modelo escolhido (figura 12). O número de painéis varia conforme o modelo e tamanho do painel.

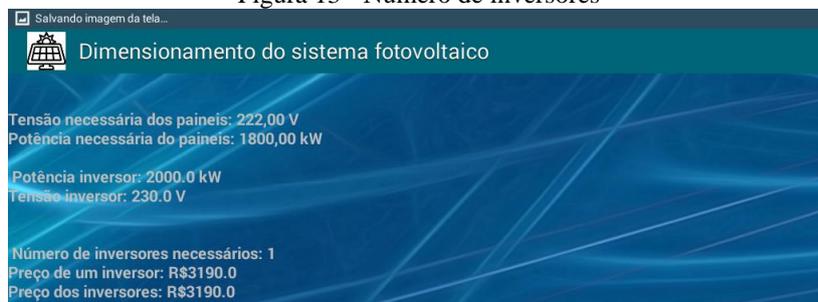
Figura 12 – Estimativa do número de painéis



Número de inversores

No campo número de inversores é possível estimar o número de inversores necessários para alimentar o sistema. Os inversores são responsáveis pela alimentação dos painéis fotovoltaicos e precisam ter tensão e potência suficientes para alimentar todos os painéis necessários. Na figura 13 é informado o número de inversores necessários conforme o modelo escolhido anteriormente.

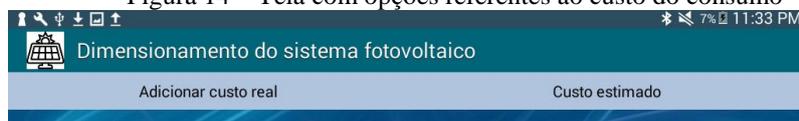
Figura 13 - Número de inversores



Campo custo médio de consumo

O campo custo médio de consumo permite comparar o custo real de energia da conta de luz com o custo estimado de pagamento de energia com o sistema implementado. Nesse campo o usuário tem duas opções ao qual pode acessar (o campo Adicionar custo real e o campo Custo estimado) representado na figura 14.

Figura 14 – Tela com opções referentes ao custo do consumo





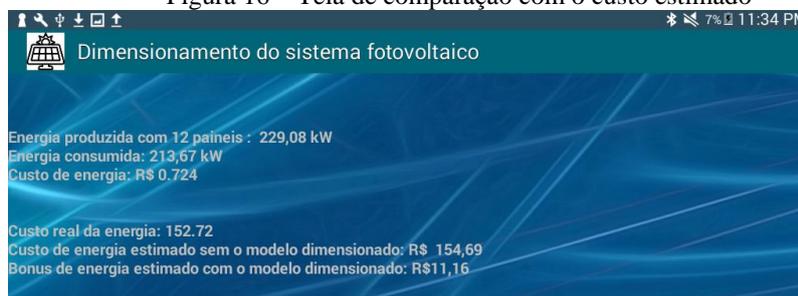
No campo adicionar custo real o cliente pode inserir o valor de energia cobrado na conta de luz (figura 15).

Figura 15 – Tela de inserção do custo real



No campo Custo estimado ele pode comparar o valor que ele pagou (custo real) com o custo estimado pelo sistema sem os painéis e com os painéis fotovoltaicos. Na figura 16 por exemplo, sem o sistema fotovoltaico o usuário poderia pagar uma conta de R\$ 152,72. Com o sistema implementado além de não pagar ele recebe uma bonificação em torno de R\$11,16 que pode ser utilizado nos meses seguintes. O valor de bônus é pequeno devido as características do sistema adotado, que não visa a compensação de energia, mas sim um sistema que forneça a energia consumida pelo usuário através da energia solar.

Figura 16 – Tela de comparação com o custo estimado



3. CONCLUSÃO

O aplicativo possibilita ao usuário recolher diversas informações a respeito dos sistemas fotovoltaicos e fazer o dimensionamento do sistema conforme as condições de insolação de sua região podendo escolher desse modo os equipamentos e principais acessórios adequados para compor seu sistema. Através dele o usuário pode verificar o número de painéis e inversores necessários de acordo com o modelo escolhido, a potência e a energia gerada pelos mesmos, assim como fazer um levantamento do histórico de geração da energia pelo sistema fotovoltaico e de consumo de sua instalação.

O aplicativo desenvolvido é uma ferramenta de fácil utilização e alta interatividade cujo intuito é demonstrar a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos levando em consideração o custo e a região a ser implantada. O dimensionamento possibilita reduzir a dependência do usuário com a concessionária de energia o que é benéfico principalmente nos períodos em que a conta de luz está na bandeira vermelha.

Organização



Promoção





Através do dimensionamento o usuário pode verificar o número de painéis e inversores e o histórico de geração de energia de consumo e a geração estimada conforme os meses do ano. O aplicativo traz ao usuário a possibilidade de fazer uma avaliação de custo da utilização de sistemas fotovoltaicos e escolher tipos de painéis e inversores adequados as suas necessidades e que podem ser facilmente encontrados no mercado, uma vez que foram utilizados modelos comerciais.

Agradecimentos

Esse artigo é resultado da implementação do projeto “Desenvolvimento e estudo de um sistema de geração fotovoltaica para o CEFET-MG” apoiado pela FAPEMIG e CEFET-MG. Agradecemos ambas as instituições pela oportunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. Brasília. 2008.
- BARBOSA, E.M.S.; SILVA, D.O.; MELO, R.O. Sistema Fotovoltaico conectado à rede com baterias. ASADES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Argentina, 2007.
- CASTRO, R.M.G. **Introdução a energia fotovoltaica**. Disponível em: http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf. Acesso em: 21/05/2017
- MARQUES, J.P.P.T; FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO. Modelação e Controlo de Conversor DC/AC para interligação de painéis fotovoltaicos à Rede, 2009. 148p, il. Dissertação (Mestrado).
- MOREIRA, N.J.H. **Resolução Normativa N°482, de 17 de Abril de 2012**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 21/05/2017
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Energia Solar no Brasil e no Mundo. Julho, 2016.

DEVELOPMENT AND STUDY OF AN APPLICATION FOR PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEMS

Abstract: *Due to the increasing price of energy and government incentives applied to renewable sources of electric power generation, solar energy is becoming one of the main alternatives for the supply of energy generation in the country. Considering this scenario, it is proposed in this article, the development of an interactive application for mobile devices of easy handling a being used to size PV systems besides monitoring the history of power generation through them. The Sizing of Gross Domestic Product: Within the scope of INMET (National Institute of Meteorology) and the energy consumed by it annually. Possibility to make your equipments suitable for your system based on an analysis of technical and economic requirements. The proposed application can be used by users interested in the installation of photovoltaic systems in their homes and by educational and research institutions.*

Key-words: *Scaling, Photovoltaic systems, Application, Connected system.*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção

