

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A CAPTAÇÃO ENERGIA LIMPA FOTOVOLTAICA

Márcio Araújo de Souza

Graduando em Engenharia Civil, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
marcimaraujo@ig.com.br

Maria Lana de Souza

Graduando em Engenharia Civil, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
lana.lana@terra.com.br

Oliver Maurício Calheiros

Graduando em Engenharia Civil, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
olivercalheiros@hotmail.com

Henrique Apolinário Rody

Mestre em Engenharia Civil pela UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
henriqueapolinario@gmail.com

RESUMO

A dependência de eletricidade e o crescente consumo, exclusivo de concessionárias, que diante de crises hídricas se apresentam ineficientes quanto ao fornecimento elétrico, aumentam os impactos ambientais vindos de alternativas não limpas, que operam de modo a contribuir com a degradação do planeta. Contudo, ao decorrer do tempo, novas pesquisas desenvolvem meios de produção de células fotovoltaicas a custos menores, exemplo de obtenção de energia elétrica sustentável, além de cooparticipativa ou autônoma. Motivados na viabilidade técnica e econômica de implantação de sistema solar, obter energia elétrica a partir da luz do sol é uma alternativa limpa, entretanto, pouco utilizada pelas residências e indústrias. Este trabalho consiste em propor um projeto de instalação do sistema foto conversor, mostrando ao público em geral que é possível ter acesso a essa tecnologia de uma forma mais fácil, por meio de incentivos de financiamentos e valores reduzidos de mercado, visando sustentabilidade e vantagens financeiras ao longo prazo.

Palavras-chave: Luz Solar. Econômica elétrica. Projeto sustentável. Fotoconversão.

ANALYSIS OF ECONOMIC FEASIBILITY FOR CLEAN ENERGY GENERATION PHOTOVOLTAIC

ABSTRACT

The dependence of electricity and the increasing consumption, exclusive dealerships, that facing water crises, appear inefficient as the electricity supply, increase the environmental impacts coming from unclean alternatives, operating in order to contribute to the degradation of the planet. However, in course of time, further research develop means for producing solar cells at lower costs example of obtaining sustainable energy, and cooparticipativa or unattended. Motivated on technical and economic feasibility of solar system deployment, obtain electricity

from sunlight is a clean alternative, however, little used by homes and industry. This work is to propose a photo converter system installation project, showing the general public that it is possible to have access to this technology in an easier way, through financing incentives and reduced market values, aiming at sustainability and financial benefits the long term.

Keywords: Sun light. Economic power. Sustainable design. Fotoconversão.

1 INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica é a eletricidade gerada a partir da luz do sol. Diferentemente dos coletores de energia solar térmica – cuja única função é aquecer a água através da captação do calor do sol –, os painéis fotovoltaicos promovem uma transformação da luz solar em energia elétrica, cujo resultado é comprovadamente aplicável a todas as utilidades da energia elétrica convencional.

Os painéis de energia solar fotovoltaica são compostos por materiais semicondutores (sendo o silício cristalino o mais utilizado), cujos elétrons interagem com a radiação solar. O movimento destes elétrons produz uma corrente elétrica. Tal processo não deixa nenhum tipo de resíduo, por isso a energia fotovoltaica é considerada limpa ou ecológica. Também é silenciosa, já que não envolve nenhum movimento mecânico.

A energia elétrica proveniente dos painéis fotovoltaicos tem as mesmas utilidades da energia proveniente dos sistemas convencionais. Sendo assim, ela atende tanto a usuários domésticos quanto empresariais, governamentais ou agrícolas. Com a instalação dos painéis de energia solar fotovoltaica, cada propriedade se transforma em uma micro usina de geração de energia – ou seja: o usuário deixa de ser apenas consumidor e passa a ser um autoprodutor de energia elétrica.

Diante deste cenário, o presente trabalho propõe analisar as possibilidades econômicas, para implantação de um sistema de energia solar através da foto conversão em locais onde já possui a rede elétrica da concessionária ou em construções civis residenciais. Para tal foi desenvolvido um projeto de fornecimento de energia fotovoltaica, que atua a partir da conversão de fótons solares em eletricidade. Trata-se de um simples projeto residencial com perspectivas de valores atualizados e novas possibilidades de aquisição.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O efeito fotovoltaico é o fenômeno da transformação da energia da iluminação em energia elétrica. Este efeito já foi observado há longas datas, tal como observa Becquerel:

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839, por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num electrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz. (BECQUEREL, 1839).

Tal efeito, descoberto já há tempo considerável, ainda hoje não é acessível em larga escala para a população. Hoje podemos visualizar outros modelos fotovoltaicos a partir do modelo de Becquerel e formas econômicas que viabilizam a aquisição da proposta.

Para obras residenciais, os painéis solares instalados sobre o telhado são conectados uns aos outros e então conectados no inversor, que por sua vez, converte a energia. A energia do inversor vai para o “quadro de luz” e é distribuída para residências ou empresas e assim, reduz a quantidade de energia que comprada.

Desde 2010, o governo brasileiro tem incentivado essa modalidade de energia através da Aneel, a Agência Nacional de Energia Elétrica. O incentivo consiste em permitir que os consumidores possam fornecer a energia que sobra de seus painéis solares e obter créditos na conta de luz.

Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, [...] (ANEEL, 2012)

A energia solar que vai para a rede transforma-se em “créditos de energias” para serem utilizados quando necessários.

Também, a Caixa Econômica Federal anunciou que os equipamentos de energia solar fotovoltaica passaram a constar como itens financiáveis no Construcard, Producard, com vigência a partir 2014, podendo assim ser financiado.

2.1 Benefícios da energia solar

A interação entre o silício e a luz solar, que gera a energia fotovoltaica, não produz resíduos. Por isso, ela é considerada uma fonte de energia limpa ou ecológica. Além disso, a radiação solar é abundante e inesgotável, com grande potencial de utilização, enquanto o silício, principal semicondutor utilizado nos painéis fotovoltaicos, é o segundo elemento mais encontrado na superfície terrestre. Ou seja: é uma solução energética sustentável.

A energia solar fotovoltaica é uma excelente solução para levar energia elétrica a famílias e pequenos produtores que vivem em áreas remotas. Instalar uma microusina autossuficiente em cada telhado de localidades afastadas dos grandes centros urbanos, como a região amazônica, por exemplo, sai mais econômico do que montar redes elétricas.

À parte do investimento inicial, com compra e instalação do equipamento, a energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico não tem outros custos, dado que os painéis demandam pouca manutenção. Com a evolução tecnológica, o prazo de retorno deste investimento inicial está cada vez menor.

Além disso, tal energia é autossuficiente e, portanto, mais segura em termos de abastecimento, principalmente para os consumidores corporativos, para quem a falta de energia pode significar perdas de produção. A energia fotovoltaica também é a solução mais barata para a eletrificação de grandes propriedades rurais formadas por sistemas elétricos dispersos.

2.2 Projetos de microusinas solares

Antes de iniciar a explanação acerca do dimensionamento de Microusinas Solares iremos entender um pouco como funciona o sistema fotovoltaico. Em curtas palavras, o efeito fotovoltaico é a diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor,

produzida pela absorção da luz, o que pode ser usado para gerar eletricidade. Para produção de tal efeito são utilizados semicondutores (tipicamente painéis de silício cristalino de alta pureza).

A célula fotovoltaica é o menor elemento do sistema fotovoltaico, produzindo tipicamente potências elétricas da ordem de 1,5 W (correspondentes a uma tensão de 0,5V e uma corrente de 3 A). Para obter potências maiores, as células são ligadas em série e/ou paralelo, formando módulos (tipicamente com potências da ordem de 50 a 100W) e painéis fotovoltaicos (com potências superiores).

Encontram-se no mercado células de Silício Cristalino (s-Si) e Silício Amorfo (a-Si). O s-Si é a tecnologia dominante no mercado, compreendendo 95% da produção de placas fotovoltaicas. Atualmente esse sistema possui um rendimento de 15 a 21% em suas células. Já o Silício Amorfo possui um rendimento muito inferior (7%), porém conta como vantagem o processo de fabricação rápido e barato.

Um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias distintas: Sistemas isolados; Sistemas híbridos e Sistemas conectados a rede.

Os sistemas obedecem a uma configuração básica onde o sistema deverá ter uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento. Atualmente, muitos sistemas fotovoltaicos vêm sendo utilizados em instalações remotas possibilitando vários projetos sociais, agropastoris, de irrigação e comunicações. As facilidades de um sistema fotovoltaico tais como: modularidade, baixos custos de manutenção e vida útil longa, fazem com que sejam de grande importância para instalações em lugares desprovidos da rede elétrica.

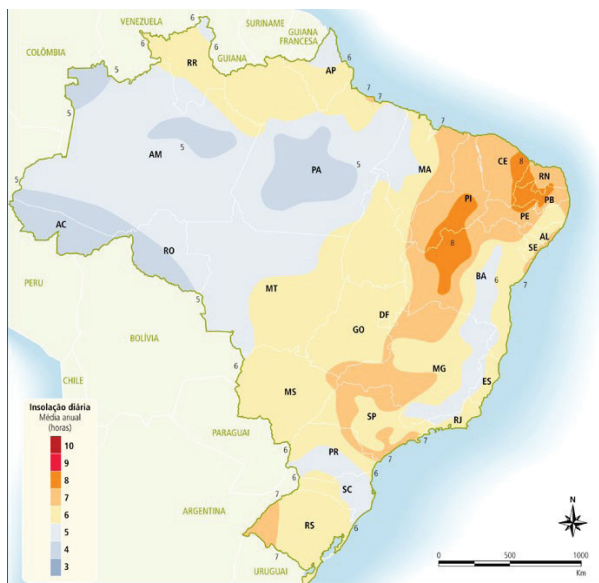
2.3 Parâmetros de projeto

O primeiro parâmetro de projeto a ser considerado é a radiação solar. Como bem sabemos, a disponibilidade de radiação solar incidente sobre a superfície terrestre varia segundo alguns parâmetros. Um deles é a latitude local e posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução). O mapa da Figura 1 apresenta a média anual de insolação diária, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).

[illegible]

A radiação solar depende também das condições climáticas e atmosféricas. Somente parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Mesmo assim, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial (CRESESB, 1999).

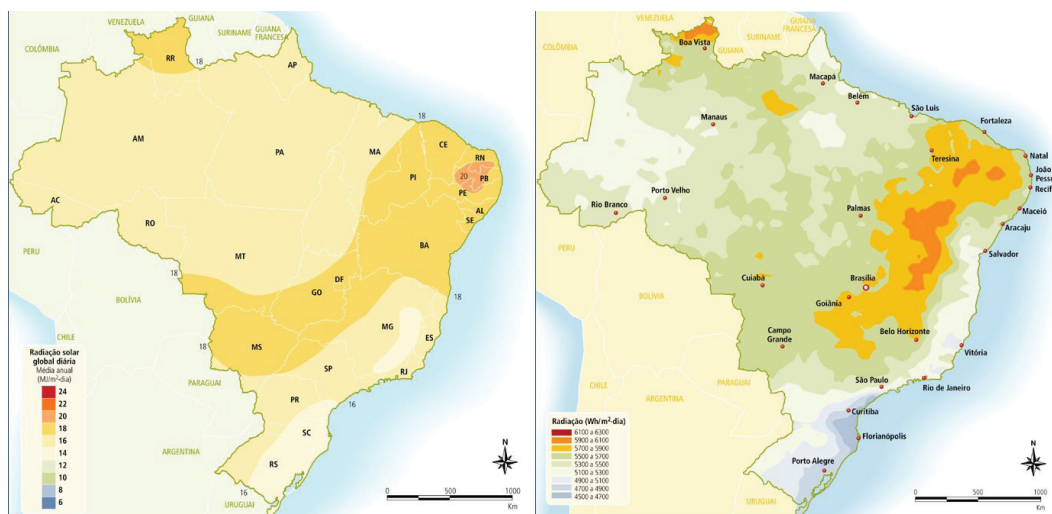
Figura 2 – Mapa de insolação diária anual



Fonte: (ANEEL, 2002)

As Figuras que seguem apresentam o índice médio anual de radiação solar no País, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil e o Atlas de Irradiação Solar no Brasil, respectivamente. Como pode ser visto, os maiores índices de radiação são observados na região Nordeste, com destaque para o Vale do São Francisco.

É importante ressaltar que mesmo as regiões com menores índices de radiação apresentam grande potencial de aproveitamento energético. Como se poderá observar nos próximos itens, existe uma infinidade de pequenos aproveitamentos da energia solar no Brasil, mas isso ainda é pouco significativo, diante do grande potencial existente.

Figura 3 – Radiação solar global diária - média anual típica (MJ/m².dia) e radiação (Wh/m².dia)

Fonte: (ANEEL, 2002)

2.4 Legislação e normatização

O Brasil hoje carece de especificações e normatizações para Sistemas Fotovoltaicos. O primeiro passo a ser considerado é a construção de uma legislação que incentive esta matriz energética.

Dentro do Ministério de Minas e Energia (MME), está sendo debatido a microgeração de Energia Elétrica por meio das Microusinas Solares e Aerógrafos. A microgeração é vista como aposta decisiva para que a energia solar finalmente decole no país. “Temos projetos de usinas solares em andamento e isso é importante para esse setor, mas realmente acredito que consolidação da energia fotovoltaica se dará por meio dessa geração distribuída”, afirma Altino Ventura Filho, secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do MME (BORGES, 2012).

Foram selecionados aqui as principais Leis e Decretos que afetam direta e indiretamente o desenvolvimento do sistema energético brasileiro e a Energia Solar e Eólica no Brasil. Seguem os nomes e o resumo:

Lei 11.488 (Jun/2007): Trata do REDI, Regime Especial de Incentivos Para O Desenvolvimento da Infra-Estrutura. É beneficiária do Reidi a pessoa jurídica que tenha projeto aprovado para implantação de obras de infra-estrutura nos setores de transportes, portos, energia, saneamento básico e irrigação.

Decreto 6048 (Fev/2007): Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica.

Lei 10848 (Mar/2004): Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências.

Lei 10762 (Nov/2003): Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica, altera as Leis nos 8.631, de 4 de março de 1993, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências.

Lei 10438 (Abr/2002): Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica.

Lei 9991 (Jul/2000): Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.

Lei 9648 (Mai/1998): Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências.

Decreto 2335 (Out/1997): Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências.

Lei 9427 (Dez/1996): Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências.

Lei 9074 (Jul/1995): Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências.

Lei 8987 (Fev/1995): Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências.

Artigo 175 da Constituição Federal (Out/1988): Incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos.

No que tange a normatização da conversão fotovoltaica de energia solar, temos como referência basicamente as resoluções e normas:

Resoluções da ANEEL para SFCR:

- Resolução nº 505/2001 – Níveis de tensão de energia elétrica
- Ficha Fotovoltaica – Cadastramento junto à ANEEL

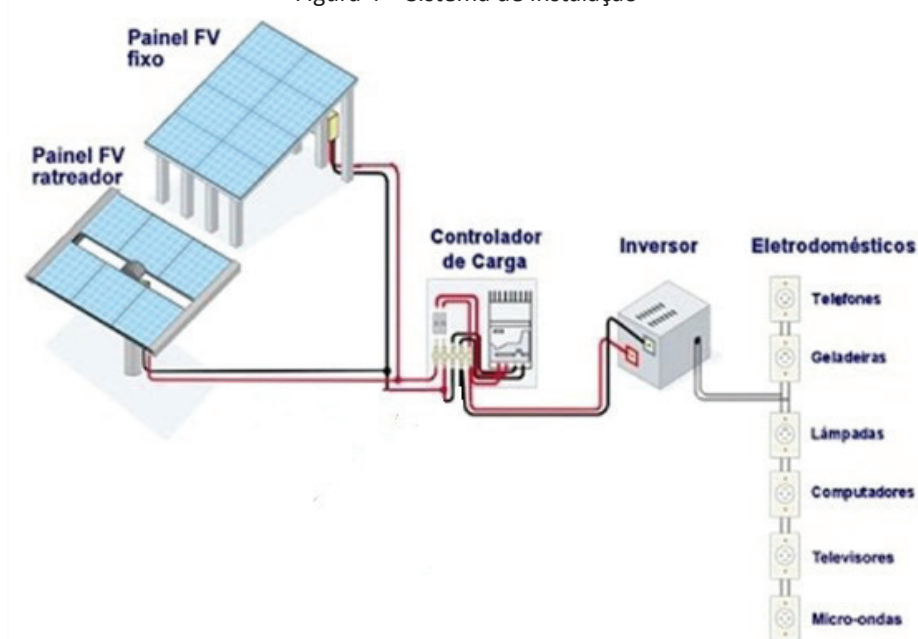
Sistemas Fotovoltaicos:

- NBR 10899:2006 – Energia solar fotovoltaica – Terminologia
- NBR 11704:2008 – Sistemas fotovoltaicos – Classificação
- NBR 14298:2006 – Dimensionamento

3 ESTUDO DE CASO

Pesquisas de mercado sobre sistemas fotovoltaicos com inversores, permitem propor este projeto para fornecer eletricidade em uma residência de dois quartos, uma sala, uma cozinha e uma varanda, utilizando placas fotovoltaicas demonstrado na figura 4.

Figura 4 – Sistema de instalação



Fonte: INPE, 2006. Atlas Brasileiro de Energia Solar

Para os cálculos, estimaram-se valores médios de consumo de uma residência popular, até quatro pessoas. A área necessária para a instalação de um sistema similar ao de estudo, é de 16m², pode ser instalado em lajes ou telhados de variadas inclinações e o valor total do investimento gira em torno de R\$ 26.900,00, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 – Consumo estimado para casa com dois quartos e uma suite.

Aparelhos	Qtd.	Potência W	Watts / h	Consumo kWh
Tv Led	2	145	1,5	13,05
Computador	2	200	2	24
Chuveiro	2	3200/5400	1,1	154,8
Microondas	1	1400	0,25	1,50
Lava-roupas	1	880	0,8	21,12
Ferro elét.	1	1000	0,3	9
Ar Cond.	1	950	2	57
Lâmpadas LED	12	13	6	28,08
Outros	5(*)	5	6	1,80
TOTAL	-	-	-	354

*Outros: São todos os aparelhos que somados gastam menos que 5W.

Fonte: os autores

Baseados em 90% do total consumido por mês com o perfil apresentado na tabela 1, são apresentadas as informações técnicas de cada componente de funcionamento do sistema: um inversor de 2500w, 550V, 60Hz, eficiência (%) 96.1, dimensões (mm): 645 x 431 x 204, 25kg; um quadro elétrico fotovoltaico, 16ª, 660V, dimensões (mm) 27x20x110mm e de 4kg; nove painéis fotovoltaicos, 250w cada, tipo policristalino, tolerância: ±5%. 29.8V. 8.39A, eficiência máxima (%) 15.4, dimensões (mm): 1650 x 990 x 35 e 25kg cada.

Considerando um local de alta incidência solar e valores estimados para geração de energia durante o ano, em relação à incidência solar na localidade, zona oeste do Rio de Janeiro. Pode-se estipular o retorno financeiro da compra e instalação do projeto estudado, em até 9 anos. Tendo uma economia de R\$ 2.976,48 ao ano. Adotando-se o valor de R\$ 0,78 (com impostos) pela unidade do kwh.

Para obter os valores apresentando, necessário se fez os seguintes cálculos de acordo com a equação:

$$Tr = \frac{Vi}{12 \times Ep \times P}$$

Onde, Tr é o tempo de retorno do investimento (em anos), Vi é o valor investido (em reais), Ep é a energia produzida ao mês (kw), e P é preço por (kwh) consumido da concessionária. Assim, substituindo os valores obteremos:

$$Tr = \frac{26900}{12 \times (318) \times (0,78)} \Rightarrow Tr \cong 9,03$$

Esse valor varia consideravelmente em relação a distância do comprador e o fornecedor. Para o dado projeto estimou-se a distância de 350 Km. Dessa forma o custo de traslado e instalação ficou em torno de 30% do valor total do investimento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os resultados obtidos, pode-se observar que o equipamento atualmente pode ser adquirido de forma acessível e em parcelas, ou em outras opções de financiamentos e o custo pode diminuir com projetos menores.

O tempo médio para retorno do investimento é da ordem de 9 anos para o projeto em questão, de acordo com este porte de instalação. Todavia, o equipamento poderá ser pago antes das estimativas, o que torna esta proposta ainda mais, econômica e sustentável.

Através da conscientização, fontes de energia limpa podem se tornar mais presentes no dia a dia da população, tendo seus custos reduzidos. E ao usarmos um sistema sustentável de consumo elétrico, podemos contribuir ecologicamente com o planeta e com gerações futuras.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Ed. Brasília: ANEEL. 2002. ISBN 978-85-87491-10-7

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Resolução normativa Nº 482, abril, 2012.

BECQUEREL, E., **Memoires sur les effets electriques produits sous l'influence des rayons**, Comptes Rendues, 9 (1839) 561.

BORGES, Andre. **Regras vão permitir que casas tenham microusinas**. Notícia publicada no jornal Valor em 27-01-2012.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, CRESEB, 1999.

GONÇALES, D.B. **Desenvolvimento sustentável: o desafio da presente geração**, Revista Espaço Acadêmico, SP, agosto. 2005, nº 15, ISSN: 1519.6186

MONITORAMENTO DE DADOS E TÉCNICO PARA MONTAGEM – Loja Virtual Disponível em: www.neosolar.com.br. Acesso em: 30 agosto, 2015.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.