



ESTRATÉGIA DE CONVERSÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR NATALENSE EM GATILHO DE CONSTRUÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES

Allan David Silva da Costa – allandavid.projetos@yahoo.com.br

Programa de pos graduação profissional em energia elétrica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Pollianna Torres dos Santos Medeiros da Silva – polliannat@gmail.com

Programa De Pós-graduação gestão de pessoas – Universidade Potiguar

Silvania de Souza Araújo – silvania.araujodesign@gmail.com

Programa De Pós-graduação Em Ciência, Tecnologia E Inovação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Zulmara Virginia de Carvalho – zvcarvalho@gmail.com

Escola de Ciências e Tecnologia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Resumo — A sociedade exige pesquisas e desenvolvimentos na área de energia limpa e renovável como a energia solar, a capacidade que uma cidade possui em ser sustentável, que pode servir de degrau para classificá-la como sendo uma Cidade Inteligente. A possibilidade de converter a energia fotovoltaica como uma estratégia para o desenvolvimento de cidades inteligentes, viabiliza o incentivo às suas vantagens e benefícios proporcionados à sociedade. É importante notar que estas tecnologias têm se desenvolvido cada vez mais ao longo destes últimos anos, com o aumento da sua eficiência energética e diminuição dos seus custos de produção, o que possibilita um futuro com avanços significativos nas tecnologias de aproveitamento de energias renováveis. Este artigo aborda temas como: conceitos de Cidade Inteligente, recurso solar, energia fotovoltaica, *smart meter* e *smart grid*, e os aspectos de engenharia envolvidos nos mesmos, com uma breve conceituação dos mesmos e seus respectivos históricos, demonstrando as reais vantagens e benefícios que a energia renovável fotovoltaica oferece, apontando a potencialidade que o Estado do Rio Grande do Norte detém quando comparado às demais regiões do país, em termos de localização geográfica. Trazendo um breve apanhado dos possíveis gargalos que impedem atualmente uma gestão energética eficiente na cidade de Natal-RN. O artigo baseia-se em um estudo bibliográfico acerca da importância da gestão das energias renováveis para o desenvolvimento de uma região ou cidade, a fim de que ela se torne futuramente uma Cidade Inteligente (CI), a metodologia do artigo se alicerça em pesquisa de caráter descritivo, exploratório e analítico.

Palavras-chaves—Energia fotovoltaica, cidades inteligentes, potencialidades.

Abstract—Society demands research and development in clean and renewable energy, such as solar. The city ability to be sustainable can serve as a parameter to classify it as a Smart City. The possibility of converting photovoltaic energy into a strategy for the smart cities development due to its advantages and benefits provided to society enables its incentive. It is important to note that these technologies have been developing more and more over the last few years - increasing their energy efficiency and reducing their

production costs - which makes possible a significant advances future in technologies for the renewable energies use. This article deals with topics such as: Smart City concepts, solar resources, photovoltaic energy, smart meter and smart grid, and the engineering aspects involved, besides a brief conceptualization of them and their respective history, showing the real advantages and benefits that photovoltaic renewable energy offers, pointing out the potential that the State of Rio Grande do Norte holds when compared to other regions of the country in terms of geographical location. Bringing a brief overview of the possible bottlenecks that currently prevent efficient energy management in Natal-RN. The article is based on a bibliographical study about the renewable energy management importance for the development of a region or city in order to become a Smart City (SI). This article methodology is based on descriptive, exploratory and analytical research.

Keywords—Photovoltaic energy, smart cities, potentialities.

1 INTRODUÇÃO

Com os constantes avanços na ciência e tecnologia na área de energias renováveis, foi possível o crescente avanço rumo ao desenvolvimento conduzido pelas cidades globais inteligentes, reaproveitando ao máximo os recursos naturais que lhes são oferecidos, otimizando a produção de energias sustentáveis. Tudo isso graças a difusão da consciência ambiental, visando minimizar os impactos causados pelas formas convencionais de obtenção de energias que comprometem tragicamente o meio ambiente devido ao seu uso prolongado.

A sustentabilidade é um dos focos para classificar uma cidade como sendo inteligente. É primordial para uma cidade obter essa classificação que suas edificações e formas de utilização de energias sejam realizadas de forma sustentável, isso pode ser alcançado através da previsão de sua utilização preferencialmente desde o início do projeto dessas edificações, porém o que irá ocorrer na maioria das cidades que almejam se tornarem inteligentes é uma adaptação das suas edificações e substituição gradual das energias não renováveis utilizadas.

A energia fotovoltaica supre com êxito as demandas regionais e residenciais, onde muitos prédios também já fazem uso mesclado com a energia elétrica não renovável, se sobressaindo em relação aos outros tipos de energias renováveis por ter um sistema que se adequa a todas as localidades o que ainda não é possível com a energia eólica em virtude dos fracos e agitados nas áreas urbanas. O território brasileiro é privilegiado para o uso da energia fotovoltaica por estar localizado nas proximidades da linha do Equador o que favorece o não acontecimento de variações extremas na duração solar durante o dia. Mesmo com as cidades que concentração as maiores populações e atividades socioeconômicas mais proeminentes estarem localizadas geograficamente mais distantes da linha do Equador, não inviabiliza o seu uso (DOS SANTOS, 2016).

Para o alcance de uma melhor e crescente eficiência energética, bem como da oferta de energias obtidas de fontes renováveis é imprescindível a implementação de tecnologias que prestam suporte a utilização dessas energias. Em se tratando de gestão energética atualmente os *smart meter* que são medidores inteligentes de consumo de energia, que também pode ser utilizado pela concessionária para acessar e gerenciar o uso da energia, possibilitado pelo aparelho que também poder funcionar como roteador enviando todas as informações necessárias, beneficiando o usuário por dar feedback, o que possibilita o ajustes dos hábitos de consumo individualizado de acordo com os valores que deseja pagar em suas tarifas (FUGITA, 2014).

Tendo em vista que para a criação de uma Cidade Inteligente (CI) são necessários sistemas inteligentes e responsivos capazes de monitorar, controlar e verificar a qualidade juntamente com a

quantidade de energia entregue ao consumidor, para isso se faz necessário a transformação dessas tecnologias de monitoramento já existentes em *smart grid*. O *Smart Grid* se trata da combinação das tecnologias com a rede de distribuição de energia que possam interagir com o usuário, a fim de torná-la confiável e segura, tornando-as inteligentes atendendo as demandas bem como a economia de energia (FUGITA, 2014).

2 ENERGIA FOTOVOLTAICA

A geração de energia a partir da energia solar está em um crescente desenvolvimento no País. Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) (2016), em 2015, a fonte registrou um crescimento superior a 300%, com expectativa de ampliação de mais de 800% em 2016(1). Considerando apenas o estado do Rio Grande do Norte, dado que a ampliação da sua potência instalada e do número de unidades foi de 4000%, considerando os anos de 2013 a 2017 (JÁCOME, 2017).

2.1 HISTÓRICO

Os primeiros registros dos efeitos fotovoltaicos foram observados ainda no Século XIX, em 1839, por Edmond Becquerel, onde ao mergulhar placas metálicas, de platina ou de prata, em eletrólitos era gerado uma pequena diferença de potencial elétrico quando expostos a luz. Em 1877, W. G. Adams e R. E. Day, dois norte-americanos, usaram o selênio, na ocasião exposto a luz, para a produção de eletricidade. Os experimentos seguiram até março de 1953, quando Calvin Fuller, dos Bell Laboratories (Bell Labs) desenvolveu um processo de difusão para introduzir impurezas em cristais de silício para controlar suas características elétricas. A este processo se deu o nome de Dopagem. O Químico Fuller, produziu uma barra de silício dopada com Gálio 3 que a tornara condutora, sendo suas cargas em movimentos, as positivas.

Com a ajuda do físico Gerald Pearson, também do Bell Labs, foi mergulhada a barra em um banho quente de lítio, criando assim na superfície da barra, uma zona com excesso de elétrons livres, portadores de cargas negativas 4. Na região entre os dois compostos, chamada de junção P-N, foi observado um campo elétrico permanente. Outro ponto constatado foi que a barra, quando exposta a luz, havia um fluxo de elétrons, ou seja, uma corrente elétrica. Então, assim, foi criada a primeira célula fotovoltaica (ver figura 1). Depois de discutir seus experimentos com o Engenheiro Daryl Chapin, do Bell Labs, que tinha trabalhos semelhantes, mas com rendimentos pífios de menos de 1%, chegaram a valores de até 4%, fantásticos para a época.

1 Dados a serem divulgados no Boletim Energético Nacional - BEN de 2017, ano base 2016.

2 Localizado em Murray Hill, New Jersey, EUA.

3 elemento químico - SiGa - Tipo P

4 SiLi - Tipo N.

Figura 1 - Primeiro modulo solar do Bell Labs



Fonte: KAZMERSKI, 2006.

2.2 COMPOSIÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

São quatro elementos que os compõem como pode ser visto na figura 3, os elementos que compõem um sistema fotovoltaico: O primeiro é o Módulo que é o elemento que transforma a energia solar em energia elétrica. Também são chamados de painéis fotovoltaicos. A potência do sistema em questão é limitada pela capacidade de geração das placas que o compõem. O segundo é o Regulador/Inversor um equipamento eletrônico que regula a carga da bateria com a energia oriunda dos painéis fotovoltaicos e libera energia para as cargas consumidoras. O terceiro é a Bateria um componente acumulador de energia elétrica. E o quarto é o Inversor um equipamento que converte a corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada necessária para alimentar os mais diversos equipamentos eletroeletrônicos.

No entanto, há um quinto elemento que pode ser considerado, o que de fato é, um componente do sistema fotovoltaico. Trata-se do Sol, com sua peculiaridade, tem fundamental importância no sistema em questão e sua incidência nas placas solares têm impacto direto na produção de energia elétrica. Pois, quanto maior é a incidência, maior será a corrente originada a partir das placas. Como forma de orientar o "uso" do Sol foi elaborada o mapa solarimétrico do Brasil, figura 2, onde podemos ver as regiões que mais tem exposição ao sol e, conseqüentemente, é mais apropriado a instalação dos SFV. Ainda analisando a figura 2, podemos perceber que o RN está em uma posição privilegiada nacionalmente. Pois, está na região onde tem-se a maior incidência dos raios solares em relação ao restante do país.

Figura 2 – Atlas Solarimétrico do Brasil

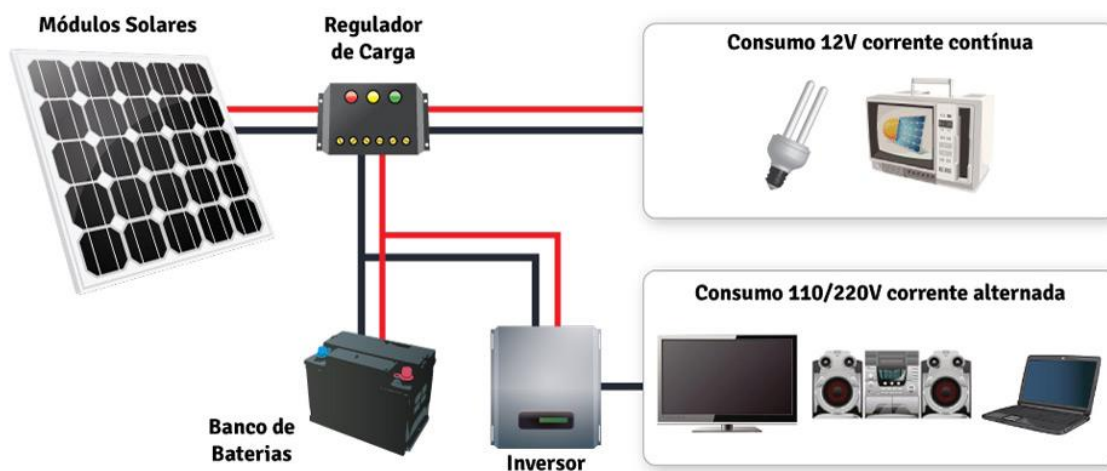


Fonte: CHIGUERU, 2000.

2.3 TIPOS DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

Há dois tipos de sistemas fotovoltaicos. Esses dois grupos são divididos em ligados à rede elétrica da concessionária, *On Grid* ou *Tie*, visto na figura 5, e os que não são ligados à rede. Este último, *Off Grid*, explicitado na figura 3, tem a característica de ter em sua composição baterias estacionárias para armazenamento de energia no período diurno e fornecer energia durante o período noturno. As vantagens e desvantagens de cada tipo de sistema FV pode ser visto na figura 4. Há também um terceiro tipo que é a junção dos dois modelos acima, chamado sistema híbrido.

Figura 3 – Composição do Sistema Fotovoltaico *Off Grid*.



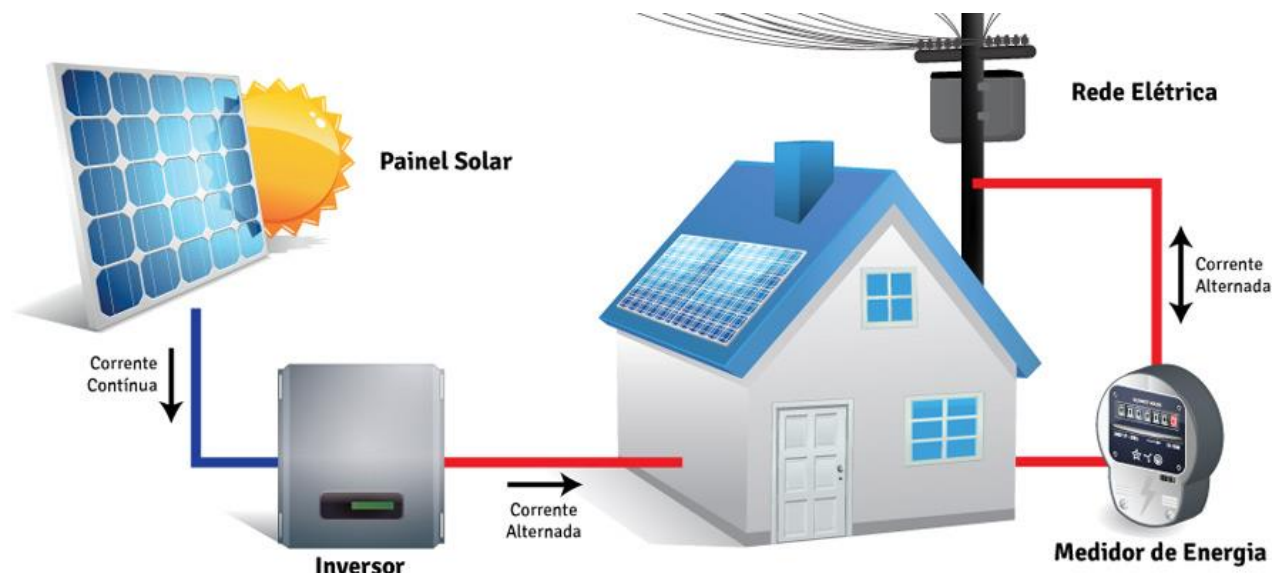
Fonte: <http://real-solar.com/como-funciona.php>

Figura 4 – *On Grid* x *Off Grid*.

Sistema	Vantagens	Desvantagens
<i>Off grid</i>	Pode ser utilizado em regiões remotas	Necessita de baterias e controladores de carga
	Não tem conta de luz	Custo Elevado
	Possui sistema de armazenamento de energia	Menos eficiente
<i>On grid</i>	Dispensa a utilização de baterias e controladores de carga	Acesso à rede de energia
	Geração de créditos de energia	Não há armazenamento de energia
	Créditos usados em outros consumidores	Pagar conta de luz. no mínimo taxa de disponibilidade
	Mais eficiente	

Fonte: <http://real-solar.com/como-funciona.php>

Figura 5 – Composição do Sistema Fotovoltaico *On Grid*.



Fonte: <http://real-solar.com/como-funciona.php>

2.4 POTENCIALIDADES ENERGÉTICAS DO RIO GRANDE DO NORTE

Com periodicidade anual, a Empresa De Pesquisas Energéticas - EPE lança o Balanço Energético Nacional - BEN. Este documento é um relatório que mostra a evolução da geração de energia de diversas fontes encontradas no Brasil. Essas fontes podem ser Eólicas, Solar, Hídrica e etc. Além disso, ele estratifica os dados por estados da federação, bem como por fontes de conversão de energia. Em se tratando da energia solar fotovoltaica, e analisando os dados dos BEN 2016, ano base 2015 e do seu anterior, o BEN de 2015, ano base 2014, temos um crescimento interessante no ponto de vista numérico. No BEN de 2015 a energia fotovoltaica marca 0,0% na matriz energética nacional, que é a soma de toda a energia gerada no Brasil. Já no BEN de 2016 ela aparece com 0,01%.

Numericamente, é um crescimento irrisório. Mas, em se tratando da matriz energética nacional que no ano de 2016 alcançou 299,2 MTep (Milhões de Tonelada equivalente de petróleo) (BEN, 2016), este crescimento corresponde a 20,4 GW produzidos. (BEN, 2016 - pág. 7).

2.5 ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PLAYERS DO MERCADO

O líder global em utilização de energia elétrica fotovoltaica é a Alemanha. O programa alemão de 1999, destinado a cobrir 100.000 telhados com células solares, é considerado o primeiro do mundo destinado a promover a tecnologia fotovoltaica em grande escala, e previa empréstimos a juro zero e diferimento dos pagamentos, que iniciavam apenas a partir do terceiro ano de implementação do sistema. Adicionalmente, os prazos de pagamento eram mais longos que os usuais (Scheer, 2012).

Há, contudo, empresas no segmento de energia solar que já instalaram, estão instalando ou têm planos de instalar unidades fabris no Brasil. São os casos de: Astro Solar (sediada em Santos, estado de São Paulo); Orteng e Celf, a partir da transferência de tecnologia da empresa francesa ECM Technologies; Grupo Brasil Solair, na Paraíba; Eco Solar do Brasil, a partir de tecnologia transferida da empresa suíça Oerlikon; Aider Telecom, no Paraná; S4 Solar, em Anápolis, Estado de Goiás; Foto Energy, em Minas Gerais; BYD, em Manaus, Estado do Amazonas; Pure Energy Geração de Energia, em Marechal Deodoro, Estado de Alagoas; Solar-Par, no Mato Grosso do Sul; Kyocera Solar do Brasil; Tecnometal, em Campinas (SP); a espanhola Isofoton, em Sobral, no Ceará; a portuguesa ViV Energia Renovável, em Entre Rios, na

Bahia; as italianas Real Solar e Astra, no Rio Grande do Norte; Samsung; LG; Sharp; SunEdison; ABB; Yingli Green Energy do Brasil; WEG.

Outro destaque importante foi o estudo da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) em parceria com a Eletrosul produziu células solares com a maior eficiência do Brasil, 17,3%, e de forma totalmente industrial. Intitulado “Desenvolvimento de Processos Industriais para Fabricação de Células Solares com Pasta de Alumínio e Passivação”, o projeto de P&D Aneel comprovou que é possível a produção de mais potência elétrica com a mesma quantidade de silício.

O projeto foi desenvolvido pela equipe do Núcleo de Tecnologia em Energia Solar (NT-Solar) da PUCRS. A maior eficiência registrada até então no Brasil, de 17%, era de uma célula solar (foto) produzida em laboratório pelo NT-Solar, em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e com o Instituto de Energia Solar da Universidade Politécnica de Madri, da Espanha.

2.6 ELEMENTOS VERSOS NACIONALIDADE DO FABRICANTE

Inúmeros fabricantes atuam no mercado de elementos do Sistema Fotovoltaico. Diversas empresas de origem internacional ganham espaço no oferecimento e fabricação de produtos de energia solar de alto desempenho.

Abaixo os compositores do Sistema Fotovoltaico e suas respectivas origens:

Placas solares: schneider (francesa), Sices (italiana), JA Solares (Chinesa).

Baterias: Moura (nacional), Bluesun (China), Siemens (Canadá)

Inversor: Schenzhen (China), Xindun (China),

O Rio Grande do Norte tem um dos maiores índices de incidência solar do território brasileiro, o que o torna apto a receber investimentos para a instalação de usinas solares fotovoltaicas. Avanços importantes foram e estão sendo dados para a implantação e consolidação da energia solar fotovoltaica no Brasil, como exemplo podemos citar a VR Painéis, localizada no estado de São Paulo e a empresa Minasol, atuante na fabricação de módulos fotovoltaicos e projetos especiais para residências e indústrias, localizada no Estado de Minas Gerais.

Contudo, observamos que em sua maioria os fabricantes desses equipamentos são de origem estrangeira e sabemos que o estado do RN é um excelente promissor para a difusão e distribuição dessa energia alternativa. Tendo em vista sua localidade e sua insolação ser mais forte que em outros territórios, porém existe a falta de investimentos e a decadência de linhas de créditos com boas condições de investimentos, mas existe promessas para o Estado, já que é um ambiente propício para investidores, cumpre mencionar também que, no caso das usinas eólicas, a sua expansão no Brasil também ocorreu, inicialmente, com a importação de equipamentos estrangeiros e, posteriormente, com a produção em território nacional.

3 CONCLUSÃO

Para que tudo isso ocorra é necessário o desenvolvimento de toda a cidade para criar e implementar as normas e atividades regulatórias do setor energético bem como a criação de uma política que abranja todas as questões que envolvem a formação das cidades inteligentes e a forma que eles tratam os recursos energéticos.

A ausência dessas ações conjuntas inviabilizaria o aproveitamento das fontes de energia renováveis que funcionam em pequena escala por se tratar de um regime de operação irregular e fortemente dependente do clima em que está instalado.

Após expor as necessidades para que o anseio da efetivação de Natal como uma Cidade Inteligente através da conversão do seu potencial energético solar, é comprovado que no quesito energias renováveis, Natal está muito próximo de se tornar uma cidade inteligente, mesmo que para isso ainda seja necessárias alterações na gestão desses recursos que ela dispõe. Essa gestão pode ter início na utilização do sistema

que melhor se adequa a cada realidade seja ele On Grid, Tie ou Off Grid

Por fim, apesar do artigo ter focado suas análises na cidade de Natal por ela possuir uma ótima localização geográfica conforme já citado neste artigo, a metodologia proposta para gestão da energia fotovoltaica pode ser reproduzida em qualquer região do Brasil, através da utilização de tecnologias que facilitem esse gerenciamento. É fato que quanto maior for o investimento em pesquisas e desenvolvimento dessas tecnologias mais rápido será a transição da utilização das energias não renováveis pelas renováveis, impactando positivamente na vida da população, e no ambiente em que se encontra.

REFERENCIAS

ABSOLAR. BRASIL SOLAR POWER 2016. 2016. Disponível em:

<<http://absolar.org.br/brasil-solar-power-2016-o-evento-oficial-do-setor-solar-fotovoltaico-brasileiro.html>>. Acesso em: jun. 2017.

CHIGUERU, T. Atlas Solarimétrico do Brasil, Banco de dados terrestres. Ed. Universitária da UFPE, Recife, 2000.

EPE, B. Balanço energético nacional 2016. 2016.

KAZMERSKI, L. L. Solar photovoltaics R&D at the tipping point: a 2005 technology overview. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena 150, 105-135, 2006.

JÁCOME, I. Produção de energia solar fotovoltaica no RN. 2017. Disponível em:

<<http://www.novonoticias.com/economia/em-4-anos-producao-de-energia-solar-fotovoltaica-cresceu-4000-no-rn>>. Acesso em: jun. 2017.

DOS SANTOS, Jaeme GONÇALVES et al. A contribuição das fontes de energia renováveis para a construção de cidades digitais inteligentes: Uma breve análise do contexto brasileiro. Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 11) Ano 2016, 2016. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a16v37n11/16371112.html>>. Acesso em: jun. 2017.

FORTES, Márcio Zamboti et al. ANÁLISE DA ADOÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES COMO INSTRUMENTO DA POLÍTICA PÚBLICA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Engevista, v. 19, n. 2, p. 316-327, 2017. Disponível em:

<<http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/view/836/413>>. Acesso em: jun. 2017.

FUGITA, Sergio Date. Smart meter integrado a analisador de qualidade de energia para propósitos de identificação de cargas residenciais. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-23022015-133145/en.php>>. Acesso em: jun. 2017.

COSTA, F. F. ; JUCÁ, Paulyne Matthews . Cidades Inteligentes: Uma Visão Geral. In: Encontros Universitários de Quixadá, 2013, Quixadá. Encontros Universitários de Quixadá, 2013.

LEMOS, André. Cidades Inteligentes: De que forma as novas Tecnologias - Como a computação em nuvem, o big data e a internet das coisas - podem melhorar a condição de vida nos espaços urbanos?. GVexecutivo, v 12, n. 2, ano 2013, p. 46-49.

PRADO, Kárys Cristina Diederichs; SANTOS, Patrícia Estevão dos. Smart Cities: Conceito, Iniciativas e o Cenário Carioca. Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014. X, p 123.

Portal Educação, Google Analytics. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/informatica/artigos/48358/google-analytics>>. Acesso em 3 de julho de 2013.

Tribuna do Norte, Chineses confirmam fábrica para energia solar no Brasil. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/chineses-confirmam-fa-brica-para-energia-solar-no-rn/378938>>. Acesso em: jun. 2017.

Portal Solar- Lista de empresas de energia solar fotovoltaica. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empresas-de-energia-solar/rio-grande-do-norte>>. Acesso em: jun. 2017.

SCHEER, Hermann. The energy imperative: 100 percent renewable now. Routledge, 2013.

Real Solar - Energia renovável do Brasil. Disponível em: < <http://real-solar.com/como-funciona.php>>. Acesso em: jun. 2017.