

# ANÁLISE E UTILIZAÇÃO DO POTENCIAL SOLAR EM EDIFICAÇÕES DE NATAL-RN

*Aline Barboza da Silva<sup>1</sup>  
Fábio Sergio da Costa Pereira<sup>2</sup>*

## RESUMO

Pelo fato do Brasil se encontrar no equador, é um dos países que mais recebe incidência dos raios solares e segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000), Natal/RN teve um índice de radiação solar anual de 18 MJ/M<sup>2</sup>dia. Apesar do alto grau de insolação, o Brasil não está na lista dos 10 países do mundo que mais utilizam energia limpa e renovável, mostrando que infelizmente esse potencial energético não é explorado apropriadamente. A utilização de painéis solares é uma alternativa viável e sustentável para produção de energia elétrica ou térmica nas edificações. Este artigo tem como objetivo avaliar o potencial solar da cidade de Natal/RN nas edificações e suas diferentes utilizações sendo dividido em 2 fases. Na primeira fase fizemos o uso de pesquisas para salientar o potencial energético de Natal/RN, mostrando os fatores que influenciam a energia solar: O sol, o espectro solar, as massas de ar, o ângulo de incidência dos raios solares e a radiação incidente sobre a superfície inclinada, o histórico dos painéis foto voltaicos, o histórico da energia no Rio Grande do Norte, a análise da radiação global em Natal, os ângulos da instalação dos painéis (ângulo de inclinação da superfície, ângulo azimutal da superfície [Y]), os diferentes tipos de painéis solares foto voltaicos, os painéis solares térmicos, a tecnologia usada no sistema de aquecimento solar e a utilização da energia solar nas construções. Na segunda fase os dados coletados de um hotel em Natal (RN) informando o que é uma fração solar, sua relação com a edificação, a utilização do sistema PROMATHER, o dimensionamento médio a ser realizado para o aquecimento da água, os melhores programas para auxiliar na instalação dos painéis solares, e todo o sistema de aquecimento de água através dos painéis para a garantia de uma edificação sustentável.

**Palavras-chave:** Energia solar. Sustentabilidade. Custo/benefício

## ANALYSIS AND UTILIZATION OF SOLAR POTENTIAL IN BUILDINGS OF NATAL-RN

### ABSTRACT

Because Brazil is in the equator, it is one of the countries that receives the highest incidence of solar rays. According to Solarimetric Atlas of Brazil (2000) Natal/RN had an annual solar radiation index of 18 MJ / M<sup>2</sup> day. Despite the high degree of insolation, Brazil is not on the list of the 10 countries in the world that use the most clean and renewable energy, showing that

- 
- 1 Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN), [aline-barboza123@hotmail.com](mailto:aline-barboza123@hotmail.com). Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/1898419144030073>
  - 2 Docente. PhD em Ciência e Tecnologia dos Materiais, Coordenador do curso de Engenharia Civil - UNI-RN, [engecal.fabio@gmail.com](mailto:engecal.fabio@gmail.com). Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/6695109770318583>.

unfortunately this energy potential is not properly exploited. The use of solar panels is a viable and sustainable alternative for the production of electric or thermal energy in buildings. This article aims to evaluate the solar potential of the city of Natal/RN in the buildings and their different uses being divided into 2 phases. In the first phase we used the research to highlight the energy potential of Natal/RN, showing the factors that influence solar energy: The sun, the solar spectrum, the air masses, the angle of incidence of the solar rays and the incident radiation the history of the photovoltaic panels, the history of the energy in Rio Grande do Norte, the analysis of the global radiation in Natal, the angles of the installation of the panels (angle of inclination of the surface, azimuth angle of the surface [Y]), the different types of photovoltaic solar panels, thermal solar panels, the technology used in the solar heating system and the use of solar energy in buildings. In the second phase the data collected from a hotel in Natal (RN) informing what is a solar fraction, its relationship with the building, the use of the PRO-MATHER system, the average design to be made for water heating, the best programs for help in the installation of the solar panels, we will also show the whole system of water heating through the panels to guarantee a sustainable building

**Keywords:** Eletrochemical techniques. Cathodic protection. Concrete.

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente nenhum país consegue manter sua economia funcionando sem a eletricidade. Devido as intensas explorações as fontes de energia não renováveis estão sumindo por causa da escassez de matéria prima e a grande depredação na natureza, este fato levou os seres humanos a procurar fontes alternativas de energia que não agridam de forma espantosa o meio ambiente e que sejam inesgotáveis, que dentre elas se destaca a energia solar.

Utilizar a energia solar para geração de energia elétrica é uma opção que não só é uma alternativa de baixo custo, com muitas vantagens, mas também é um meio ecologicamente correto.

O mundo inteiro vem usando essa forma de geração de energia, principalmente em regiões com maior incidência de raios solares. Devesse ressaltar que a utilização da energia solar não se restringe apenas a dias e regiões ensolaradas, pois a produção de um dia de sol pode ser armazenada em baterias, que continuam abastecendo a propriedade à noite e em dias de pouco sol.

Por esta pesquisa possuir como objetivo avaliar o potencial solar de Natal/RN nas edificações e suas diferentes utilizações ele foi dividido em 2 fases. Na primeira mostraremos o estado da arte da energia solar de Natal/RN, ou seja, a descrição do sistema mostrando o histórico da energia solar fotovoltaica, seu funcionamento e os diferentes tipos de painéis existentes depois mostraremos os dados coletados de um hotel em Natal (RN) que utilizou energia solar

## 2 FATORES QUE INFLUENCIAM NA ENERGIA SOLAR

### 2.1 O sol

O Sol é a [estrela](#) central do [Sistema Solar](#). A distância da Terra ao Sol é de cerca de 150 milhões de [quilômetros](#), ou 1 [unidade astronômica](#) (UA). Na verdade, esta distância varia com o ano, de um mínimo de 147,1 milhões de quilômetros (0,9833 UA) no periélio a um máximo de 152,1 milhões de quilômetros (1,017 UA) no [afélio](#), em torno de [4 de julho](#). A [luz solar](#) demora aproximadamente 8 [minutos](#) e 18 [segundos](#) para chegar à [Terra](#) e é a responsável pelos [fenômenos meteorológicos](#) e o [clima](#) na Terra.

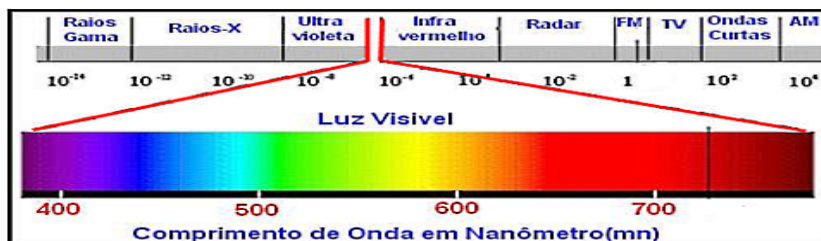
### 2.1.1 Espectro solar

O sol emite energia para o nosso planeta através das radiações eletromagnéticas, sendo isso consequência da sua energia interna, que é proporcional a sua temperatura. A energia que uma onda pode transmitir está proporcionalmente associada a sua frequência, ou seja, quanto maior a frequência, maior a energia transmitida.

As ondas eletromagnéticas se dividem em 7 partes, sendo elas as ondas de rádio (com o maior comprimento de onda, por isso possui a menor frequência), micro-ondas, infravermelho, luz visível, raios ultravioletas, raios x e raios gama

Essas ondas eletromagnéticas incidem sobre os corpos sendo transformadas em energia cinética transmitindo, assim, energia para seus átomos e suas moléculas, mas há ocasiões que quando essas ondas incidem em certos materiais, eles produzem alterações nas propriedades elétricas ou originam tensões e correntes elétricas como é o caso do efeito fotovoltaico.

Figura 1 - Espectro solar.



Fonte: Disponível em :<<http://efeitoazaron.com/>> Acesso em: 20 abr. 2015.

### 2.1.2 Ângulo de incidência dos raios solares

A declinação solar ( $\delta$ ) é definida como a posição angular do sol ao meio-dia em relação ao plano do equador, variando ao longo dos dias do ano no intervalo:  $(-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ)$ . As coordenadas negativas representam o lado sul do globo terrestre e as coordenadas positivas representam o lado norte e quando  $\delta=0$  está localizado na linha do equador. A declinação solar pode ser calculada através da fórmula:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin 2\pi \left( \frac{284 + d}{365} \right)$$

d = corresponde ao dia do ano que varia de 1 a 365, sendo d=1 o dia 1<sup>o</sup> de janeiro.

Para melhor aproveitamento da energia solar é necessário que os raios incidam perpendicularmente ao módulo. Isso significa que para poder captar o máximo de da energia solar, a inclinação do módulo deve ser sempre ajustada para adequar-se a altura do sol do dia em questão.

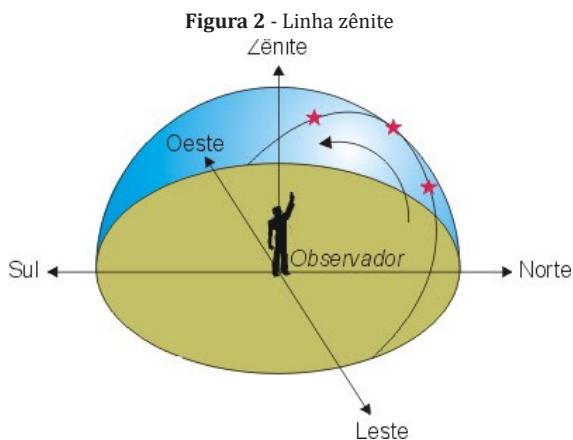
## 2.2 Massas de ar

A radiação solar sofre difusão frequentemente ao atravessar a atmosfera terrestre e suas características dependem da espessura da massa de ar (onde seu tamanho depende da distância do trajeto até o solo e esse trajeto depende do ângulo de inclinação do sol com relação a linha zênite\*) e da composição da atmosfera, incluindo o ar e elementos suspensos como o vapor e a poluição. O valor da massa de ar é obtida através da secante do ângulo Zenital.

O trajeto dos raios solares dependem o ângulo Zenital onde um ângulo maior representa uma camada de ar mais espessa gerando, assim, uma influencia maior da atmosfera sobre a radiação solar um exemplo são os países de zona tropical, como o Brasil, os raios incidem em ângulos azimutais menores e por isso possuem massas reduzidas. Por isso, essas zonas são as mais iluminadas e quentes.

A distribuição de luz depende da localização geográfica (quanto menor a angulação dos raios maior será a sua incidência), da hora, do dia do ano (a inclinação do eixo da terra faz com que os hemisférios norte e sua fiquem mais afastados ou mais pertos do sol), das condições climáticas, da altitude, etc.

*\*Zênite: é a linha imaginária perpendicular ao sol e seu ângulo é nulo quando se encontra exatamente em cima do observador.*



**Fonte:** Disponível em: <http://montessorianos11.blogspot.com.br/2011/05/zenite-ponto-em-que-vertical-de-um.html>. Acessado em: 2014

### 2.3 Radiação incidente sobre a superfície inclunada

A radiação solar média mensal incidente no plano inclinado pode ser encontrada por meio da equação (DUFFIE; BECKMAN, 1991)

Formula 02 – Radiação solar média mensal

$$\overline{H}_r = \overline{H} \cdot \left( \frac{1-HD}{H} \right) \cdot RB + \overline{HD} \cdot \left( \frac{1+\cos\beta}{2} \right) + HPS \left( \frac{1-\cos\beta}{2} \right)$$

Em que:

Hr: radiação solar global incidente no plano inclinado

H: radiação solar incidente no plano horizontal

HD: radiação solar difusa incidente no plano inclinado

HPS: refletância da vizinhança nas proximidades do coletor

RB: razão entre a radiação extraterrestre incidente no plano inclinado e na horizontal, calculada por meio da equação:

Formula 03 - Razão entre a radiação extraterrestre  
incidente no plano inclinado e na horizontal

$$RB = \frac{\left( \frac{I}{180WS'} \right) (\text{sen}\delta \cdot \text{sen}\varphi \cdot \text{cos}\beta - \text{sen}\delta \cdot \text{cos}\varphi \cdot \text{sen}\beta \cdot \text{cos}\gamma) + \text{sen}_{ws} \text{cos}\delta (\text{cos}\varphi \cdot \text{cos}\beta + \text{sen}\varphi \cdot \text{sen}\beta \cdot \text{cos}\gamma)}{\text{cos}\varphi \cdot \text{cos}\delta \cdot \text{sen}_{ws} + \left( \frac{I}{180WS'} \cdot (\text{sen}\delta \cdot \text{sen}\gamma) \right)}$$

Em que:

WS': ângulo horário em que ocorre o pôr do sol para na superfície inclinada

Os valores de WS' para o hemisfério sua podem ser calculados através a equação:

Formula 04 - WS'

$$WS' = \begin{cases} \cos^{-1}(-\text{tag}\varphi \text{tag}\delta) \\ \cos^{-1}(-\text{tag}(\varphi + \beta) \text{tag}\delta) \end{cases}$$

## 3 HISTÓRICO

### 3.1 Histórico dos painéis fotovoltaicos

O efeito fotovoltaico foi observado em 1839 pelo físico francês [Alexandre Edmond Becquerel](#) que observou pela primeira vez o paramagnetismo do oxigênio líquido. Ele conduzia experiências eletroquímicas quando, por acaso, verificou que a exposição à luz de elétrodos de platina ou de prata dava origem ao efeito fotovoltaico. Esse acaso foi determinante na construção da primeira célula. Anos depois, em 1877, Adams e o seu aluno Richard Day desenvolveram o primeiro dispositivo sólido de fotoprodução de eletricidade, um filme de selênio depositado num substrato de ferro em que um filme de ouro muito fino servia de contato frontal. Este dispositivo apresentava uma eficiência de conversão de aproximadamente 0,5%.

Charles Fritts duplicou essa eficiência para cerca de 1% uns anos depois construindo as primeiras verdadeira células solares, construindo dispositivos assentes igualmente em selênio, primeiro com um filme muito fino de ouro e depois um sanduíche de selênio entre duas camadas muito finas de ouro e outro metal na primeira célula de área grande.

No entanto, não foram as propriedades fotovoltaicas do selênio que excitavam a imaginação da época mas sim a sua fotocondutividade, isto é, o fato de a corrente produzida ser proporcional à radiação incidente e dependente do comprimento de onda de uma forma que o tornava muito atraente como medir a intensidade da luz em fotografia. E de fato, estes dispositivos encontraram a sua primeira aplicação nos finais do século XIX pela mão do engenheiro alemão Werner Siemens (o fundador do império industrial homônimo) que os comercializou como fotômetros para máquinas fotográficas.

Embora tenha sido [Russell Ohl](#) quem inventou a primeira solar de silício, considera-se que a era moderna da energia solar teve início em 1954 quando Calvin Fuller, um químico dos Bell Laboratories em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu o processo de dopagem do silício. Fuller partilhou a sua descoberta com o físico Gerald Pearson, seu colega nos Bell Labs e este, seguindo as instruções de Fuller, produziu uma junção p-n ou díodo mergulhando num banho de lítio uma barra de silício dopado com um elemento doador electrónico. Ao caracterizar eletricamente a amostra, Pearson descobriu que esta exibia um comportamento fotovoltaico e partilhou a descoberta com ainda outro colega, Daryl Chapin, que tentava infrutiferamente arranjar uma alternativa para as baterias eléctrica que alimentavam redes telefônicas remotas.

As primeiras células fotovoltaicas assim produzidas tinham alguns problemas técnicos que foram superados pela química quando Fuller dopou silício primeiro com arsênio e depois com boro obtendo células que exibiam eficiências recorde de cerca de 6%.

A primeira célula solar foi formalmente apresentada na reunião anual da National Academy of Sciences, em Washington, e anunciada numa conferência de imprensa no dia 25 de Abril de 1954. No ano seguinte a célula de silício viu a sua primeira aplicação como fonte de alimentação de uma rede telefônica em Americus, na Geórgia.

### **3.2 Histórico de energia do Rio Grande do Norte**

Muitas pessoas ainda usavam lamparinas para fugir da escuridão em 1990 nas periferias do Rio Grande do Norte, pois o custo para a instalação de energia eléctrica era caro, os equipamento pouco confiáveis e o armazenamento



problemático. Atualmente a matriz energética do Brasil é predominantemente renovável, sendo mais de 74% energia hidráulica. Devido a falta de chuvas ocorrida em 2001, o Brasil teve que racionalizar a energia elétrica, este fato levou nosso país a incrementar a participação de fontes alternativas de energia. Esta necessidade por novas fontes de energia faz com que as potencialidades regionais sejam aproveitadas, o que configura a mudança do modelo de geração, passando de geração centralizada para geração distribuída. Devido ao fato do Brasil se encontrar próxima da linha do equador, os dias possuem maior duração solar, tornando a energia solar mais promissora. O Rio Grande do Norte (RN) tem um dos maiores índices de incidência solar do território brasileiro (300 horas de sol por ano), o que o torna apto a receber investimentos para a instalação de usinas solares fotovoltaicas.

De acordo com o SEDEC e com o IDEMA o governo do Rio Grande do Norte receberá mais nove parques eólicos com capacidade instalada de 235,6 MW e uma usina de energia fotovoltaica com capacidade de 30 MW. Os novos números são provenientes do resultado do Leilão de Energia de Reserva realizado nesta sexta-feira (31) pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Com previsão para entrar em operação até outubro de 2017, os novos parques e a usina fotovoltaica somados aos empreendimentos no ACR (Ambiente de Contratação Regulada), ACL (Ambiente de Contratação Livre) e Proinfra (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica) garantirão ao Rio Grande do Norte capacidade instalada total de 4,6 GW a partir de fontes renováveis (eólica e solar).

De acordo com a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico (SEDEC) esses investimentos trarão mais R\$ 1,062 bilhão para o setor de energia renovável do RN, o que representa um total de R\$ 16 bilhões de investimentos contratados e em operação. Na análise do titular da SEDEC, Silvio Torquato, a partir desse primeiro leilão - onde a energia fotovoltaica teve uma disputa exclusiva para essa fonte - o aumento de números de empreendimentos de energia solar no RN terá uma participação cada vez mais significativa. “Teremos novos leilões com a disputa apenas entre empreendimentos de energia solar e a tendência é que os próximos contemplem o estado com um número maior de usinas”, destacou Torquato.

## 4 TIPOS E FUNCIONAMENTO DOS PAINÉIS SOLARES

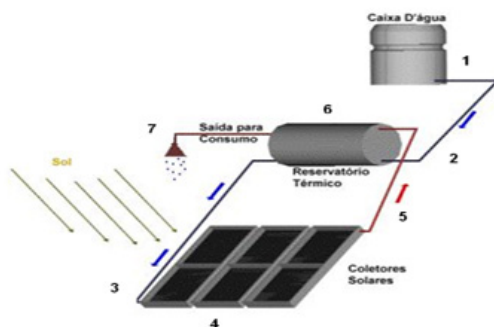
Os tipos de painéis solares mais usados são os painéis térmicos e os fotovoltaicos.

### 4.1 Painéis solares termicos

O painel solar térmico é um equipamento mais simples do que o fotovoltaico. Esse tipo é bastante utilizado no aquecimento de água de piscinas como também em chuveiros e torneiras.

A tecnologia usada no sistema de aquecimento solar é simples bastando apenas de um coletor, um reservatório e um consumidor.

Figura 3 – Sistema de aquecimento de água



Fonte: Disponível em: <https://ecodhome.wordpress.com/tag/economia-de-agua/>.

Acesso em: 2014

#### 4.1.1 Coletor dos painéis solares térmicos

O coletor é responsável pelo aquecimento do fluido de trabalho, que pode ser a água, ar ou outro fluido térmico, através da conversão da radiação solar em energia térmica. Há 2 tipos de coletores, os abertos e os fechados, a escolha do coletor mais apropriado para a instalação é feita com base na temperatura escolhida pelo usuário.

- a) **COLETORES ABERTOS:** São apropriados para o aquecimento de piscinas que não exijam temperaturas muito elevadas, variando entre 26 a 30<sup>o</sup>C. O nome aberto se dá ao fato de não obterem cobertura transparente ou isolamento térmico. Seu rendimento cai consideravelmente em altas temperaturas.

Figura 4 – Coletor solar aberto



Fonte: Disponível em: <http://www.sempresustentavel.com.br/solar/aquecedor/aquecedor-solar.htm>. Acesso em : 2015

- b) **COLETORES FECHADOS :** Atingem temperaturas entre 70 e 80<sup>o</sup>C e normalmente são usados para fins sanitários. Quando há uma queda significativa na temperatura, com dias nublados e períodos de chuvas, provocam certa defasagem entre o período de produção de água quente pelos coletores solares e o seu uso. Logo, se deve usar utilizar reservatórios térmicos para que se possa fazer a adequação entre a produção e o uso da água quente.

Figura 5 – Coletor solar fechado



Fonte: Disponível em: [http://www.dicaspraticas.com/articles.php?article\\_id=682](http://www.dicaspraticas.com/articles.php?article_id=682). Acesso: em 2014

#### 4.1.2 Reservatório dos painéis solares térmicos

Responsável por acumular a água quem para ser usada no momento em que houver demanda

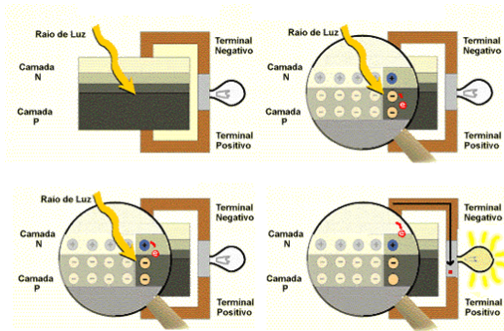
#### 4.1.3 Consumo

Consiste na distribuição da água aquecida entre o reservatório térmico e o ponto de consumo.

### 4.2 Painéis solares fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são, basicamente, dispositivos utilizados para converter a energia da luz do sol em energia elétrica. Os painéis coletam fótons da luz solar e os convertem em corrente elétrica, gerando energia para o funcionamento dos aparelhos elétricos, como geladeira, televisão, computador, entre outros. Suas células são fabricadas com materiais semicondutores que precisam passar por um processo de purificação e de dopagem com a adição de determinada quantidade de elementos químicos, como boro e fósforo, para que ocorra o efeito fotovoltaico. A junção P-N (responsável pelo efeito fotovoltaico) é criada quando os elétrons livres N se deslocam para o lado P, onde existem lacunas que os capturam. Dessa forma, os elétrons se acumulam do lado P e o tornam carregado negativamente. Consequentemente, o N tem a quantidade de elétrons reduzida e fica carregado positivamente. Essas cargas dão origem a um campo elétrico que impede a passagem de mais elétrons através da junção. Quando a junção P-N é exposta à radiação solar, a incidência de fótons faz com que os elétrons se desloquem através de campo elétrico criado e gerem um corrente elétrica quando os terminais da junção são conectados a um circuito elétrico.

Figura 6- Ligações P-N

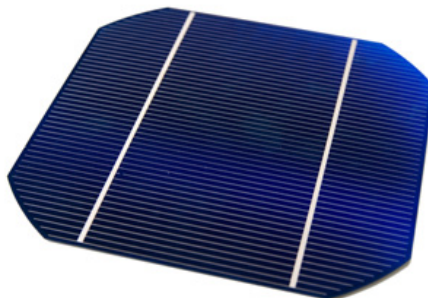


Fonte: Disponível em: <http://projetolabfisica.zip.net/>. Acesso em: 2014

Atualmente existem 3 tipos de painéis solares que são :

- a) **PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM CÉLULAS MONOCRISTALINAS:** Esse tipo de painel são os mais eficientes produzidos em larga escala e disponíveis comercialmente. Alcançam a eficiência de 15% a 18%, mas têm o custo elevado do que outros tipos de células. São células rígidas e quebradiças, que precisam ser montadas em módulos para adquirir resistência mecânica para o uso prático.

Figura 7- Painel fotovoltaico com células monocristalinas

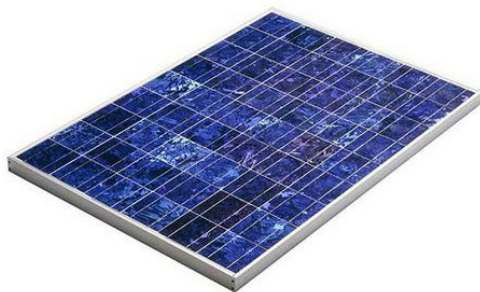


Fonte: Disponível em: <http://www.mrwatt.eu/pt/10-monocristalino->. Acesso em: 2014.

## **b) PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM CÉCULAS POLICRISTALINAS:**

As células de silício policristalino têm eficiência comercial de 13 a 15%, ligeiramente inferiores às das células monocristalinas, entretanto seu custo de fabricação é menor e isso compensa a redução de eficiência. Suas células são rígidas e quebradiças, que precisam ser montadas em módulos para adquirir resistência mecânica.

**Figura 8** – Painel fotovoltaico com células policristalinas

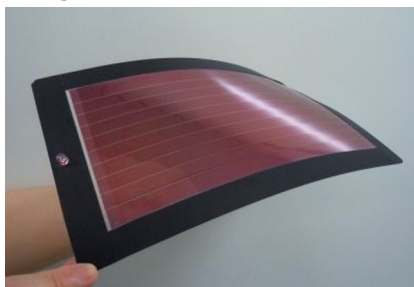


**Fonte:** Disponível em: <http://www.paineisfotovoltaicos.com/policristalinos.php>. Acesso em: 2014

## **c) PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM FILMES FINOS:** Os principais tipo de células fotovoltaicas de filmes finos no mercado são:

- Células de silício amorfo: São construídas com grandes áreas e consomem pouca energia em seu processo de fabricação. Porém apresentam algumas desvantagens como a baixa eficiência de conservação (5 a 9,5%) e o processo de degradação que ocorre nos primeiros meses de operação reduzindo a eficiência de célula ao longo da sua vida útil.

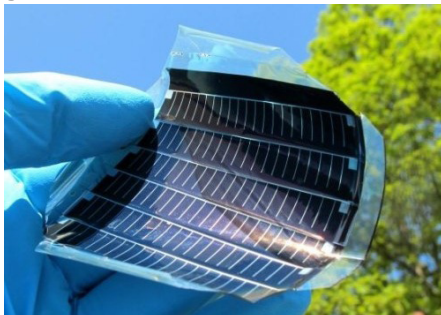
**Figura 9** - Filme fino de silício amorfo



**Fonte:** Disponível em :<http://www.mercosolar.com/tecnologia/>. Acesso em: 2014

- Células de disseleneto de cobre-índico: Elas têm como um de seus pontos fortes sua estética, podendo ser usadas de forma integrada com a arquitetura da edificação. Sua eficiência é mediana e varia em 7 a 19,2%.

**Figura 10**-Filme fino de disseleneto de cobre-índico



**Fonte:** Disponível em: [http://www.newhome.com.br/htmls/Ekohome/Solar/Fotovoltaico/Cristalino/primeiros\\_passos\\_ger\\_fotovolt.htm](http://www.newhome.com.br/htmls/Ekohome/Solar/Fotovoltaico/Cristalino/primeiros_passos_ger_fotovolt.htm). Acesso em: 2014

- Células de telureto de cádmio: Essas células possuem atualmente a maior aplicação encontra-se em pequenas calculadoras, porém a tecnologia na forma de filmes finos fez com essas células passassem a concorrer com as células de silício cristalino e amorfo com vantagem em relação à aparência estética e ela possui a melhor eficiência em comparação as citadas anteriormente. Sua eficiência varia de 8 a 16,5%.

**Figura 11**-Filme fino de telureto de cádmio



**Fonte:** Disponível em: <http://www.blue-sol.com/energia-solar/energia-solar-como-funciona-tipos-de-celulas-fotovoltaicas/>. Acesso em: 2014

## 5 ÂNGULOS PARA A INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS

Grande parte dos painéis possuem ângulo fixo de inclinação, então para que haja a captação máxima possível é necessário a escolha de um ângulo cujo os raios incidam perpendicularmente, para isso é necessário saber o ângulo de inclinação da superfície (é o ângulo formado entre o plano do coletor e o plano horizontal de referência) e o ângulo azimutal da superfície (ângulo formado entre o eixo norte-sul e a projeção no plano horizontal da reta normal à superfície da placa do coletor).

### 5.1 Ângulo da inclinação da superfície

Essa angulação depende da latitude do local para um bom aproveitamento dos raios solares, Natal, por exemplo, possui uma latitude de 05°S então a inclinação recomendada é a mínima de 10° ( não se recomenda uma angulação menor pois assim, evita o acúmulo de poeira nas placas ).

### 5.2 Ângulo azimutal da superfície ( $Y$ )

Seu ângulo varia no intervalo  $(-180^{\circ} \leq \beta \leq 180^{\circ})$ , sendo  $Y=0$  no sul, positivo para o oeste e negativo para o leste. É recomendável direcionar o coletor para o norte.

## 6 UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM CONSTRUÇÕES

Nas cidades, o sistema de aproveitamento da energia solar mais utilizado é para o aquecimento de água em residências. Isso acontece principalmente devido ao alto consumo de eletricidade dos chuveiros elétricos e de sistemas de aquecimento de água em tanques ou boilers, que utilizam grandes resistências elétricas e fazem com que as contas de eletricidade sejam bastante elevadas. Com a utilização do sistema solar, a conta de luz passa a ser bem menor, pois todo o consumo será apenas da iluminação doméstica e dos eletro-eletrônicos (TV, geladeira, máquina de lavar, etc.).

No campo e na agroindústria, a geração de eletricidade através da energia do sol, além de reduzir custos e não agredir o meio ambiente, pode



ser utilizada em muitas atividades, como na produção avícola, piscicultura, bovinocultura de corte e leite, criação de cavalos, avestruzes, em mini-indústrias, em sistemas de hidroponia, irrigação e em todas as dependências da propriedade, como galpões, residências, etc.

No Brasil, ainda há pessoas de áreas rurais que não possuem energia elétrica. Para retirar essas pessoas da idade média um meio eficaz seria a instalação de painéis solares.

No futuro as tecnologias solares podem trazer uma contribuição especial para o orçamento de energia dos edifícios modernos e consequentemente no consumo de energia mundial. Edifícios podem ser os maiores coletores de energia solar e consequentemente o consumo de aparelhos elétricos, eletrônicos aliados a modelos inovadores de consumo de energia, pode reduzir a demanda por eletricidade e aumentar a importância de energia fotovoltaica no orçamento energético. Desenhos de prédios que utilizam energia solar passiva podem reduzir o consumo convencional de energia em até 75% e a energia fotovoltaica pode fornecer o resto. Nestes projetos os painéis fotovoltaicos substituem alguns outros componentes do edifício como, por exemplo, área do telhado, painéis de parede, ou venezianas de janelas, etc. Os fabricantes de painéis fotovoltaicos estão desenvolvendo padrões muito atraentes de cores e desenhos de painéis e arquitetos estão integrando-os em edifícios, tornando a aparência ainda mais interessante.

## **7 RESULTADOS OBTIDOS**

Há vários estudos que mostram o elevado potencial solar que Natal possui, dentre eles tem o artigo científico feito em 2012 pelos estudantes do IFRN Alexandre Vladno da Rocha, Cecília Caroline Andrade de Oliveira, Jessica Aline Rodrigues de Lima, Jessica Celly de Oliveira Paula, Sayonara da Silva Souza mostrando a análise da radiação global em Natal-RN entre abril de 2011 a março de 2012 e sua influência na produção de energia elétrica. Neste artigo eles mostram que os horários nos quais é possível a produção de energia são por volta das 05h30min até às 17h30min, e seu ápice é atingido entre 11h30min às 12h30min., produzindo 827 W/m<sup>2</sup> de energia.

Eles também verificaram que há meses em que a produção de energia solar é maior, com radiação solar global acima de 250W/m<sup>2</sup> (outubro

a março), como também haverá uma diminuição de incidência nos meses chuvosos, com radiação solar global abaixo de  $200\text{W}/\text{m}^2$  (maio a julho) e um período de média intensidade, com radiação solar global na faixa entre  $200\text{W}/\text{m}^2$  a  $250\text{W}/\text{m}^2$  (abril, agosto e setembro). Também descobriram que a energia solar total produzida durante um ano ( $2.083\text{kWh}/\text{m}^2$ ) fosse integralmente aproveitada e, considerando um consumo médio mensal de uma residência no valor de 400 kWh ( $4.800\text{kWh}/\text{ano}$ ), seria possível alimentar 100 residências ( $480.000\text{kWh}/\text{ano}$ ) com uma área de geração de energia de apenas  $230\text{m}^2$ , ou seja, em um terreno de  $10\text{m} \times 23\text{m}$ , poderia ser gerada a energia elétrica de 100 residências mas infelizmente não é possível aproveitar 100% da energia solar incidente.

Neste artigo eles consideraram que o painel trabalhará nas condições ideais que possibilitam máxima potência gerada, ou seja, instalação perpendicular à incidência da radiação solar e temperatura de trabalho de  $25^\circ\text{C}$  (padrão de teste do fabricante). E descobriram através de cálculos potência gerada durante o mês de 51 W e a energia anual é de 448 kWh de potencia. Considerando um preço médio de R\$ 0,54 por kWh, o painel instalado nas condições apresentadas acima irá gerar uma economia média anual de R\$ 241,37

## 8 FRAÇÃO SOLAR

A fração solar é o sistema e que descreve a fração de energia consumida para o aquecimento da água, ou seja, mede o quanto efetivamente a água foi aquecida. Sabendo que a fração solar é medida pela razão da quantidade de luz incidente pelo coluna de água a ser aquecida na obra em questão foi dimensionado que  $70\text{m}^2$  (Metros quadrados) de área de painéis solares térmicos eram suficientes para aquecer  $7000\text{m}^3$  (Metros cúbicos) de água.

Em um hotel, há períodos de cheia e períodos em que o hotel não recebe tantos hóspedes fazendo com que a fração solar oscile de acordo com o consumo dos hóspedes, ou seja, em época de cheia a fração solar decai e em épocas com poucos hóspedes a fração solar aumenta. Para evitar o constrangimento da água chegar fria para o hóspede em época de cheia é comum a utilização de um sistema de apoio, nesse hotel em particular, se foi usado um sistema de gás.

**Figura 12-** Sistema de gás



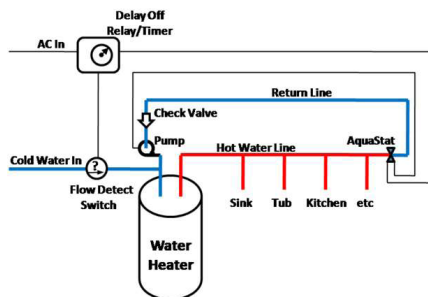
Fonte: Autorial própria

## 9 SISTEMA PROMATHER

É o sistema responsável por manter a água circulando por entre os tubos, evitando assim a desperdício, e fazendo com que a água não só se mantenha uniformemente aquecida como também chegue quente ao usuário. Essa circulação é feita a partir de sensores instalados no começo e no final da tubulação, quando a diferença entre os dois for maior ou igual a  $8^{\circ}\text{C}$  o sistema PROMATHER é ligado mantendo a temperatura da água aquecida.

**Figura 13-** Sistema PROMATHER

Demand Sensing Hot Water Recirculation Control



Fonte: Autorial própria

**Figura 14-** Painel do sistema PROMATHER



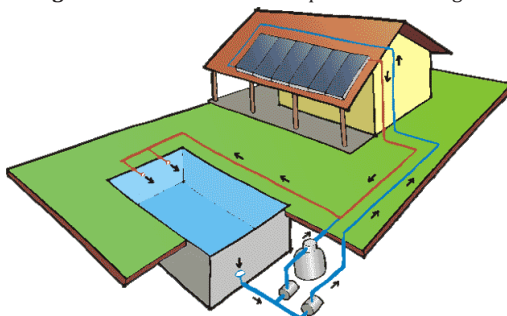
**Fonte:** Aatoria própria

## 10 DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento dos painéis são necessários as seguintes informações: Número de unidades ( apartamentos ), o consumo médio ( no Brasil é 50 litros ), tempo de banho (usualmente o tempo usado é 10 minutos), a vasação da ducha, se estiver tratando de um hotel precisa saber também da taxa de ocupação pois se hospedarem 2 pessoas em um hotel, uma pode gostar de banho quente e a outra pode não gostar, por isso que normalmente é adotado a taxa de ocupação de 1,5 por apartamento.

Em média é dimensionado que para cada 100L (Litros) de água para aquecimento se faz necessário  $1m^2$  (metros quadrados) de painel solar, em Natal foi convencionado que para cada 100L (Litros) de água são necessários  $1,3m^2$  (metros quadrados) de painel.

**Figura 15-** Sistema solar de aquecimento de água



**Fonte:** Aatoria própria

## 11 SISTEMAS DE APOIO USADOS DA OBRA EM QUESTÃO

### 11.1 Pressurizador

Sabendo que os apartamentos da cobertura são os que possuem o maior valor, é necessário um sistema com um pressurizador para garantir a pressão da água nesses locais, mantendo assim um sistema de alimentação pequeno (A água passar passa pelo pressurizador para chegar com pressão necessária até o consumidor) e um sistema de alimentação grande (Onde a água por meio da gravidade alimenta todos os apartamentos sem precisar de um pressurizador pois quanto maior a queda d'água gerada pela gravidade maior é a pressão.)

**Figura 16-** Pressurizador usado na obra



**Fonte:** Aatoria própria

### 11.2 Sistema de gás

Em uma construção não se pode construir um sistema unicamente alimentado por painéis solares, pois haverão dias chuvosos ou dias em que o total de energia produzida é inferior ao que se consome e em obras como a de um hotel, por exemplo, não se pode ocorrer esses empecilhos, havendo assim a necessidade de um sistema misto. No caso da obra em questão foi o sistema de gás.

## 12 SISTEMA DE PAINÉIS SOLARES

É necessário um sistema de 4 boilers (cilindros de aço nitrificado, isolado pelo reservatório térmico que são protegido por uma capa de vidro) para manter a temperatura da água quente como mostra a figura 17, onde eles ficam a alta pressão, com um sistema para evitar o aparecimento de bolhas quando a água for aquecida como mostra a figura 18.

**Figura 17-** Conexão dos boilers



Fonte: Autoria própria

**Figura 18-** Sistema para evitar as bolhas



Fonte: Autoria própria

Esse sistema de boilers são conectados as placas por canos que aguentam temperaturas elevadas, sempre mantendo o fluxo de baixo para cima para garantir que a água se aqueça. As placas normalmente possuem uma inclinação de 20°, mais para a obra em questão foi usado 30°.

## 13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das pesquisas obtidas chegamos à conclusão de que a energia solar é uma das fontes mais ecológicas e viáveis para a produção de energia em Natal-RN, pois é considerada uma alternativa energética muito promissora para enfrentar os desafios da expansão da oferta de energia com menor impacto ambiental.

As vantagens da energia solar ficam evidentes quando os custos ambientais de extração, geração, transmissão, distribuição e uso final de fontes fósseis de energia são comparadas à geração por fontes renováveis, como elas são classificadas.

Futuramente, na segunda fase deste artigo, vamos mostrar as aplicações dos painéis solares em Natal/RN, onde vamos entrar em contato com no mínimo 10 hotéis, mais 3 residências para avaliarmos a aplicação dos painéis solares no Rio Grande do Norte, para quantificarmos a quantidade de radiação solar que Natal-RN recebe diariamente e sabermos quanto se pode economizar ao instalar os painéis solares.

## REFERÊNCIAS

SANTOS, Marco Aurélio dos. **Fontes de energia nova e renovável**. Rio de Janeiro, 2013.

VILLALVA, Marcelo; GAZOLI, Jonas. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicação**. São Paulo, 2013.

ROCHA, Alexandro Vladno da; OLIVEIRA, Cecília Caroline Andrade de; LIMA, Jessica Aline Rodrigues de Lima; PAULA Jessica Celly de Oliveira; SOUZA, Sayonara da Silva. **Análise da radiação global em Natal-RN entre abril de 2011 a março de 2012 e sua influência na produção de energia elétrica**. Natal-RN, 2012.

SILVA, Francisco Raimundo da; OLIVEIRA, Hugo Sérgio Medeiros de; MARINHO, George Santos. **Análise das componentes global e difusa da radiação solar em Natal-RN entre 2007 e 2008**. Natal-RN, 2008.

PEREIRA, Fábio Sérgio da Costa. **Utilização de energia solar em construções no Rio Grande do Norte**. Natal-RN, 2014.