

Eduardo Corrêa de Souza
UNISUAM

Flávia da Silva
UNISUAM

Rachel Cristina Santos Pires
UNISUAM

RESUMO

A produção de energia através das hidrelétricas utiliza um recurso natural e renovável, a água. No entanto, durante a construção das usinas hidrelétricas ocorrem grandes desmatamentos, além de possíveis desvios de rios, o que pode acarretar prejuízos à fauna e à flora do local. Por conta disso, novos métodos de geração de energia vêm se popularizando. Este artigo tem como principal função mostrar as vantagens e desvantagens do sistema fotovoltaico, dissertar sobre os desafios para a sua implantação, além de compará-lo com o sistema hidrelétrico e testar sua viabilidade. Buscou-se, através de exemplos reais com base em pesquisas de custo, apresentar uma comparação do valor e do tempo de retorno do investimento feito na instalação e execução do sistema solar fotovoltaico, para que mediante essas informações pudessem ser feitas as comparações e testes citados acima. Por fim, verificou-se o custo da energia produzida pelo sistema solar fotovoltaico com base na média da sua expectativa de vida útil e de seus componentes, baseado nas informações fornecidas por seus fabricantes. Com base nessas informações foi possível afirmar que o custo da implantação de um sistema solar fotovoltaico ainda é pouco viável, e é necessário a implantação de políticas de incentivo fiscal, para torná-lo mais competitivo em relação a energia hidrelétrica.

Palavras-chave: Energia solar; Sistema fotovoltaico; Energia renovável.

INTRODUÇÃO

Devido a crescente demanda por fontes de energia elétrica renovável e a forte preocupação em preservar o meio ambiente, além da crescente demanda por energia e desenvolvimento industrial, cada vez mais pode-se verificar o surgimento e desenvolvimento de técnicas de se produzir energias mais baratas e eficientes do que a convencional energia hidrelétrica. Isso se dá por que, por mais que a princípio as fontes de energia solar exijam um investimento muito alto, o custo-benefício, em longo prazo, acaba por compensar (NASCIMENTO, 2017).

Esta preocupação com a geração de energias renováveis se tornou ainda maior para o Brasil logo após o fechamento do Acordo de Paris, na COP 21, do ano de 2015, pois o mesmo se comprometeu a reduzir as emissões de gases do efeito estufa. As metas estipuladas são de 37% e 43% em relação aos níveis do ano de 2005. Essas metas devem ser batidas nos anos de 2025 e 2030, respectivamente (NASCIMENTO, 2017).

No Brasil há um alto nível de irradiação solar, ou seja, o país tem um grande potencial para gerar a energia elétrica a partir dessa fonte. Entretanto, essa fonte de energia é pouco utilizada e apresenta relevância inferior a de outros países onde a incidência solar é bem inferior a do Brasil, como Alemanha, Espanha e França (NASCIMENTO, 2017).

Segundo o ambientalista Stephen Tindale, do Greenpeace, "O Brasil é privilegiado, pois além de ventos, tem muito sol. A energia solar pode ser uma boa alternativa para o país cumprir suas metas" (COSTA, 2002).

A pesquisa foi desenvolvida com o intuito de testar a viabilidade do uso do sistema solar fotovoltaico no Brasil, além de, compará-lo ao sistema de geração de energia hidrelétrico, verificar a capacidade do sistema solar on-grid e off-grid, e por fim calcular uma média de custo da energia produzida pelo sistema solar fotovoltaico mediante a sua vida útil e de seus componentes.

Os experimentos foram realizados com base em cálculos teóricos feitos com base em valores pesquisados na internet, assim como, estudos precedentes a este.

Este estudo tem o objetivo de apresentar as vantagens e desvantagens da instalação de painéis solares fotovoltaicos em edifícios, além de fazer uma análise de custos de instalação do sistema e seus métodos no Brasil, assim como apresentar uma comparação de custo entre a energia solar fotovoltaica e a energia hidrelétrica. Além disso, visa realizar um estudo de caso da implantação do sistema fotovoltaico no Museu do Amanhã e Aquário Marinho do Rio de Janeiro (AquaRio).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Módulos Solares Fotovoltaicos

Divergindo do consenso, os módulos solares fotovoltaicos não produzem eletricidade através do uso de calor, mas sim por uma reação química, logo, eles são compreendidos como elementos básicos para a transformação de energia eletromagnética em energia elétrica. Podem também, ser considerados dispositivos semicondutores, que quando expostos à luz, produzem uma corrente elétrica (MARQUES et al, 2009).

Os módulos solares fotovoltaicos são produzidos com materiais semicondutores. Geralmente utilizam-se os elementos do grupo IV da tabela periódica, pois os mesmos têm como característica principal a presença de 4 elétrons de valência, logo, possibilitam a ocorrência de 4 ligações covalentes. Um dos exemplos destes elementos é o silício (Si), que é o mais utilizado na

produção das células fotovoltaicas. Na concepção destas placas são utilizados dois tipos de silício diferentes, criando assim, cargas positivas e negativas. Na criação da carga positiva o silício é combinado com o fósforo, já para a carga negativa temos a combinação com o boro (MARQUES et al, 2009).

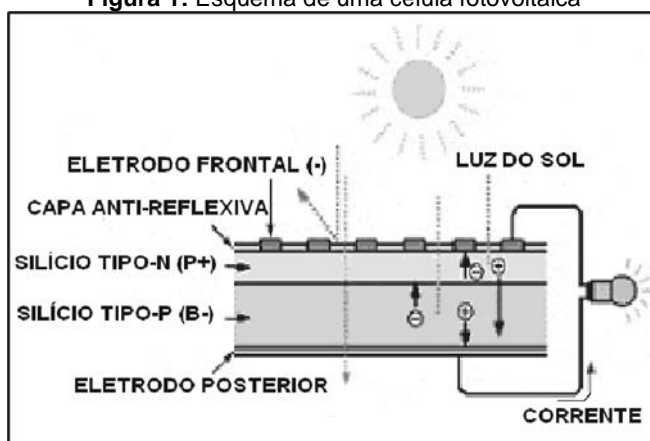
Já no grupo V tem-se a presença de átomos pentavalentes, que quando inseridos na rede cristalina, precisam de uma quantidade de energia pequena para liberar o elétron a mais, contido em sua camada de valência, para a banda de condução. A energia necessária é por volta de 1,12 eV, para o elemento silício. Sendo assim, podem-se chamar os elementos do grupo V de dopante N ou impureza N, pois os mesmos são dopantes doadores de elétrons (MARQUES et al, 2009).

Nos átomos do grupo III, temos os elementos denominados dopantes P, pois os mesmos são aceitadores de elétrons. Esses átomos soltam com facilidade a lacuna extra para a banda de valência (MARQUES et al, 2009).

Quando há a junção de um cristal do tipo N e um cristal do tipo P verifica-se a formação de uma junção do tipo N-P. Devido a esta união, se estabelece em P uma carga negativa e em N uma carga positiva, gerando um campo elétrico na região de junção (MARQUES et al, 2009).

Os fótons são as partículas de luz emitidas pelo sol no nível atômico. Quando a junção N-P recebe esta iluminação acontece o efeito fotoelétrico, que é quando os fótons são absorvidos pelos elétrons. Este efeito gera a ocorrência de alguns elétrons saindo da banda de valência para a banda de condução. Quando os elétrons atingem a banda de condução, eles são conduzidos pelo semiconductor até que o campo elétrico da região de junção os puxe, a Figura 1 serve para ilustrar como ocorre esta troca (MARQUES et al, 2009).

Figura 1: Esquema de uma célula fotovoltaica



Fonte: MARQUES et al (2009)

Por intermédio de uma ligação externa, esses elétrons são transportados para fora da célula e podem ser utilizados. A cada elétron retirado da célula outro irá retornar da carga para ocupar o seu lugar, deixando assim claro que, as células fotovoltaicas não conseguem armazenar energia elétrica, tornando obrigatória a inclusão de uma bateria, para o caso de sistemas autônomos, ou ligar o sistema na rede elétrica, para o caso de sistemas híbridos (MARQUES et al, 2009).

Sistemas Autônomos (OFF-GRID)

Como citado anteriormente, os painéis solares autônomos são caracterizados por necessitarem de um conjunto de acumulação de energia. No geral, os bancos de acumulação químicos (baterias) são utilizados. A energia que é produzida pela placa solar fica retida nas baterias e é distribuída a locais onde for solicitada (MARQUES et al, 2009).

As baterias são indispensáveis para quase todos os sistemas autônomos, o que torna a despesa com este sistema um pouco mais elevada, pois, este material necessita de reparos e têm duração funcional de quadro a seis vezes inferior à dos sistemas solares fotovoltaicos.

Esses sistemas são mais consumidos se o valor para estender a rede pública for proibitivo, ou a região for inacessível.

Os sistemas autônomos devem conter: (MARQUES et al, 2009).

- Painel solar fotovoltaico: É o grupamento de módulos fotovoltaicos; quem gera a energia.
- Conjunto de baterias: É a associação das baterias, comumente de chumbo-ácido. É o depósito da energia a ser utilizada em horários e dias em que a incidência de luz é menor ou em que não haja essa incidência.
- Controladores de carga solar: É a proteção da bateria contra o excesso de descarga ou sobrecarga.
- Inversor: É o conversor da energia elétrica de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), para que seja possível utilizá-la em eletrodomésticos convencionais.

Sistemas Conectados (ON-GRID)

Para os sistemas on-grid, sistemas conectados à rede, não é necessário o uso de armazenamento de energia através de baterias, o que o torna mais barato e eficiente do que os sistemas off-grid. O sistema conectado produz energia e redireciona o excedente que não é utilizado para a rede elétrica além de recolher energia da rede em momentos em que o consumo for superior a geração. Sendo assim, a rede elétrica passa a funcionar como um banco de baterias, o que faz com que o sistema on-grid dependa de regulamentação e legislação favorável.

Os principais componentes de um sistema on-grid são:

Painel solar fotovoltaico: É o grupamento de módulos fotovoltaico; quem gera a energia.

Inversor: É o conversor da energia elétrica de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), para que seja possível utilizá-la em eletrodomésticos convencionais.

Proteção contra sobretensões e descargas atmosféricas: Serve para isolar o sistema de transientes de tensão indesejável. Por mais que os módulos fotovoltaicos atuais tenham uma grande tolerância aos picos de tensões, alguns componentes, como os inversores, por exemplo, precisam de proteção contra essas descargas.

Comparação da Despesa da Implantação por Unidade de Potência

A comparação da despesa de implantação por unidade de potência é considerada o modo mais básico de se comparar os modos de se obter energia, porque os investidores não se atraem com facilidade por investimentos iniciais altos, em especial com taxas de juros elevadas.

Um estudo publicado em 2005 verificou o investimento de implantação de 47 sistemas isolados de 100 a 6600 W, dos anos de 1987 até 2004. O estudo indicou que o sistema apresenta uma propensão em reduzir os preços em cerca de 1U\$/W por ano, e seus custos variam em torno de 7 a 10 U\$/W (HEGEDUS, 2005).

Segundo estudo publicado através do Programa de Sistemas Fotovoltaicos de Potência, organizado pela Agência Internacional de Energia, os custos de implantação estão ficando menores a cada ano. Esse estudo também indicou que os módulos isolados têm a tendência a custar mais caro do que os módulos que são conectados com a rede, já que o módulo com conexão não exige baterias e nenhum dos outros componentes associados a ela (IEA, 2006).

A variação do custo de um conjunto isolado com até 1 kW, em 2004, era de 9 a 25 U\$/W, onde seu custo habitual era por volta de 13 U\$/W. Já para sistemas acima de 1 kW a variação os preços são moderadamente menores. Os conjuntos com conexão com a rede chegam a 6 U\$/W (IEA, 2006).

Mediante essas comparações, existem outras contas a serem realizadas, como o quanto de energia é gerada diariamente. Nessa comparação, há uma desvantagem na quantidade gerada de energia pelo sistema fotovoltaico, que produz apenas 6 horas, conforme a sua posição geográfica. Por outro lado, o sistema com fonte não intermitente é capaz de gerar energia durante o dia inteiro e durante a noite. Portanto, para que essa produção de energia elétrica através de um sistema fotovoltaico seja igual à

de um sistema com fonte não intermitente, diariamente, seria necessário aumentar sua potência em 4 vezes, o que também elevaria as despesas provenientes da sua implantação para 52 U\$/WPICO (13×4). Esta comparação é um ótimo argumento para se manter utilizando os sistemas de produção de energia hidrelétrica, levando em conta que a energia fotovoltaica se torna 50 vezes mais custosa que a usual energia hidrelétrica, tendo em vista uma central de pequeno porte (SHAYANI et al, 2006).

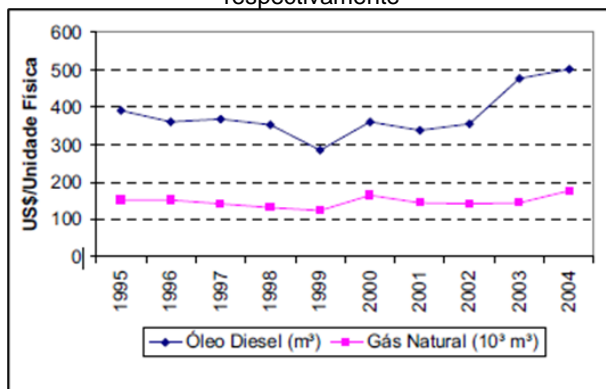
No entanto, há uma incoerência nesta conta, pois a mesma não considera o gasto com combustíveis das usinas térmicas, gastos com manutenção e operação, os quais são 5 vezes mais econômicos na geração de energia pela fonte solar. Pode-se verificar um acréscimo superior a 20% da conta de utilização dos combustíveis fósseis, entre 2005 e 2006 (Tabela 1). Verifica-se pela Figura 2 uma evolução dos custos do gás natural e do óleo diesel, anualmente, a partir do ano de 1999 até 2004 (MME, 2005).

Tabela 1: Valores de arrecadação da CCC

Ano	Valor da CCC (R\$ milhões)
2004	3327
2005	3419
2006	4110

Fonte: ANEEL (2006)

Figura 2: Preço do óleo diesel e gás natural em US\$/m³ e US\$/103m³, respectivamente



Fonte: MME (2005)

Comparação da Energia Gerada no Decorrer da Vida Útil do Sistema

Para confrontar as diferenças de preço entre as energias provenientes de fontes solares e as demais fontes, de forma mais justa, é preciso utilizar critérios técnicos, que não levem em conta impactos ambientais e sociais, entre outros fatores que possam ter seus valores

considerados subjetivos. Para tal, utiliza-se o seguinte método (SHAYANI et al, 2006):

1) Compara-se o custo da energia produzida, e não a potência instalada. Como a energia proveniente do sol possui o custo de sua execução e manutenção muito ínfimo, sobretudo por não precisar de combustíveis para funcionar e não haver peças móveis que sofram manutenção de alta complexidade, o investimento da instalação é dividido ao longo de sua vida útil, que corresponde à energia produzida; e

2) Compara-se com a despesa da energia de fontes convencionais que é arcada por quem a consome, em seguida às indústrias que transmitem e distribuem essa energia, e não pelo valor tarifado por sua usina geradora. A produção através do sistema de energia solar pode ocorrer diretamente na superfície de onde ela será consumida, portanto, deve-se utilizar como referência de valor para as unidades convencionais a energia que é tarifada por uma concessionária de distribuição na classe residencial. Esta estabelece sua tarifa, considerando, além de outras despesas:

- Energia que é produzida pela usina;
- Da rede distribuidora;
- Das linhas que transmitem essa energia;
- Execução e manutenção;
- Encargos do setor, principalmente a conta de consumo de combustíveis fósseis (CCC), que é um acréscimo na energia hidráulica para subsidiar, quando necessário, a produção de energia termelétrica, e compensar financeiramente pelo uso da utilização dos recursos hídricos.

Valor da Energia pela Expectativa de Vida Útil do Sistema Solar Fotovoltaico

A expectativa do funcionamento de um painel fotovoltaico foi definida como, aproximadamente, 30 anos. Para os demais componentes do sistema temos tempos de vida úteis estimados pelos fabricantes, como por exemplo: (SHAYANI et al, 2006).

- Conjunto de baterias = 5 anos;
- Controlador de carregamento = 10 anos; e
- Inversor de frequência = 10 anos.

Logo, para o cálculo das despesas provenientes da instalação de um sistema solar fotovoltaico mediante seu tempo em operação, devem ser considerados os custos de cada aparelho e suas reposições ao longo de 30 anos: (SHAYANI et al, 2006).

- 6 vezes a mais do valor dos conjuntos de baterias;
- 3 vezes a mais do valor dos controladores de carga;

- 3 vezes a mais do valor dos inversores de frequência; e
- O valor de um painel solar.

Segundo a cotação feita no mês de novembro de 2019, os sistemas solares fotovoltaicos de 1,98 kW PICO apresentam um preço estimado na tabela 2. Esta configuração tem a intenção de aproveitar o sistema com o seu maior custo-benefício, já que a totalidade dos painéis foi dimensionada para se ter o melhor aproveitamento das propriedades do controlador de carga, conduzindo a uma redução das perdas de investimento através de um superdimensionamento. O valor do sistema, para produzir energia no decorrer da sua vida útil, está representado na tabela 3.

Tabela 2: Custo de implantação de um sistema fotovoltaico

Item	Preço Unitário [R\$]	Valor Total [R\$]
44 Painéis fotovoltaicos 15V 3A 45Wpico	198,6	8.738,40
1 Controlador de carregamento 48Vcc 40A	529,9	529,9
1 Inversor 48Vcc 4000W	1.057,81	1.057,81
24 Baterias 105Ah	575,90	13.821,60
Valor total: 24.147,71		

Fonte: O AUTOR (2019)

Tabela 3: Custo do sistema fotovoltaico na sua vida útil (30 anos)

Item	Custo [R\$]
1 x Painel	8.738,40
3 x Controlador	1.589,70
3 x Inversor	3.173,43
6 x Baterias	82.929,60
Total: R\$ 96.431,13	

Fonte: O AUTOR (2019)

Tendo em vista o investimento aplicado no decorrer da vida útil do sistema, e baseando-se na energia que ele produz neste tempo, pode-se fazer a comparação. O Laboratório de Fontes Alternativas do ENE/UnB elaborou um estudo que indica que apenas 50% da produção de energia do painel isolado é aproveitada, pois há perdas no inversor, nos conjuntos de baterias e, pelas baterias do tipo chumbo-ácido, no período final de sua vida útil, terem dificuldade em aproveitar a ação dos raios solares sobre elas (SHAYANI et al, 2006).

Com base nas informações disponíveis no Atlas Brasileiro de Energia Solar, o Brasil recebe, em média, 3 mil horas de brilho do sol. Este valor corresponde a uma incidência diária de 4.500 a 6.300 Wh/m².

Logo, para uma incidência de sol média diária de 5,4 kWh/m², e a utilização média de 50%, citado acima, os sistemas de 1,98 kW PICO geram diariamente: $1,98 \text{ kWh/m}^2 * 5,4 \text{ kWh/m}^2 * 0,5 = 5,35 \text{ kWh/dia}$.

O custo que corresponde à sua vida útil é de: $5,35 \text{ kWh/dia} * 365 \text{ dias} * 30 \text{ anos} = 58,58 \text{ MWh}$.

O que gera um custo da energia proveniente da incidência solar, sendo de: $96.431,00 \text{ [R\$]} / 58,58 \text{ [MWh]} = 1.646,14 \text{ [R\$/MWh]}$.

Haja vista que os sistemas solares fotovoltaicos on-grid possuem um fator de rendimento de 84%, por não utilizarem um conjunto de baterias, e consequentemente ser mais barato, este sistema é mais competitivo com os modos de geração mais usuais. O custo para se gerar essa energia é de, aproximadamente:

- Custo do equipamento: $96.431,13 - 82.929,60 = 13.501,53 \text{ [R\$]}$
- Geração de energia: $1,98 \text{ kWh/m}^2 * 5,4 \text{ kWh/m}^2 * 0,84 * 365 \text{ dias} * 30 \text{ anos} = 98,34 \text{ MWh}$

Custo para se gerar energia proveniente do sol conectada à rede elétrica: $13.501,53 \text{ [R\$]} / 98,34 \text{ [MWh]} = 137,30 \text{ [R\$/MWh]}$.

ESTUDO DE CASO

Os estudos realizados foram os do Museu do amanhã (Figura 3), localizado na Praça Mauá, e o do Aquário Marinho do Rio de Janeiro (Figura 4), AquaRio, localizado no bairro da Gamboa, ambos na zona Central do Rio de Janeiro.

O intuito deste estudo foi o de averiguar o dimensionamento aplicado a essas estruturas, a fim de entender melhor o funcionamento de projetos de instalações de placas solares fotovoltaicas em edifícios e comparar os dados fornecidos com os dados apresentados neste artigo.

Figura 3: Museu do Amanhã



Fonte: LESSA (2016)

Figura 4: AquaRio



Fonte: FARIA (2016)

Museu do Amanhã (MAR)

Com uma área de 15 mil metros quadrados construídos e uma cobertura metálica em balanços de 65 metros de comprimento em direção à baía de Guanabara e 70 metros sobre a praça, além de uma localização isolada de outros edifícios, o Museu do Amanhã teve seu projeto pensado para a sustentabilidade e, principalmente, para a utilização da energia solar.

Sua estrutura é composta por uma cobertura com 48 hastes metálicas (Figura 5) que se movem durante o dia de acordo com a posição do sol, nelas estão instaladas 5.492 placas solares. Com essa movimentação é possível captar de forma eficiente a luz do sol durante todo o dia, além de permitir a entrada dessa luz natural. Essas hastes captam por volta de 185 kW/h o que representa, aproximadamente, 9% do consumo necessário para abastecer o edifício.

Figura 5: Hastes fotovoltaicas do Museu do Amanhã



Fonte: HISOUR (2017)

Custo dos Equipamentos e Quantidade de Energia Gerada

Baseado no método utilizado no item 2.2.3 é possível fazer uma estimativa do custo dos componentes utilizados no telhado solar do Museu do Amanhã. Tendo em vista a utilização de 5,492 mil placas solares fotovoltaicas de 1,98 Kwpico (tabelas 4 e 5):

Tabela 4: Custo do sistema fotovoltaico do AquaRio

Item	Preço Unitário [R\$]	Valor Total [R\$]
5492 Painéis fotovoltaicos 15V 3A 45WPICO	198,60	1.090.711,20
62 Inversores 48Vcc 4000W	1.057,81	65.584,22
Valor total: R\$ 1.156.295,42		

Fonte: O AUTOR (2019)

Tabela 5: Custo do sistema fotovoltaico na sua vida útil (30 anos)

Item	Custo [R\$]
1 x Paineel	1.090.711,20
3 x Inversor	196.752,66
Total: R\$ 1.287.463,86	

Fonte: O AUTOR (2019)

Aquário Marinho do Rio de Janeiro (AquaRio)

Com o título de maior aquário da América do Sul, uma extensão de 26 mil metros quadrados de área construída, 5 mil animais marinhos e uma média de 1 milhão de visitantes por ano, e a necessidade de manter equipamentos que tratam 4 milhões de litros de água por hora, além de sistemas de iluminação e ar-condicionado para os visitantes, o Aquário Marinho do Rio de Janeiro é um potencial consumidor de energia elétrica. Pensando nisso, seus idealizadores o projetaram para estar em uma posição privilegiada com relação à emissão solar, a fim de utilizar essa incidência como forma de gerar energia através das placas fotovoltaicas. O prédio foi construído em uma área sem outros edifícios ao redor e com sua face virada para o norte, o que favorece o recebimento de luz sobre o mesmo.

O AquaRio tem o maior telhado solar (Figura 6) já instalado em áreas urbanas do Brasil. São 2 mil placas solares fotovoltaicas com uma área do tamanho de um campo de futebol, que medem, no total, aproximadamente 6 mil metros quadrados.

Figura 6: Telhado do AquaRio



Fonte: LEMOS (2017)

A conta de luz do AquaRio era de 300 mil reais por mês. Com o objetivo de redução de 30% do gasto com energia elétrica, o aquário contratou uma empresa que instalou e vai operar o sistema por 20 anos. Dessa forma a empresa irá produzir a energia e vendê-la para o aquário a um preço menor do que o da energia convencional fornecida pela companhia elétrica. Segundo o diretor do aquário Marcelo Szpilman, cerca de 320

toneladas de gás carbônico deixam de ser emitidos, por ano, graças e essa geração de energia limpa.

Custo dos Equipamentos e Quantidade de Energia Gerada

Baseado no método utilizado no item 2.2.3 é possível fazer uma estimativa do custo dos componentes utilizados no telhado solar do AquaRio. Tendo em vista a utilização de 2 mil placas solares fotovoltaicas de 1,98 kW/PICO (tabelas 6 e 7):

Tabela 6: Custo do sistema fotovoltaico do AquaRio

Item	Preço Unitário [R\$]	Valor Total [R\$]
2000 Painéis fotovoltaicos 15V 3A 45Wpico	198,60	397.200,00
23 Inversores 48Vcc 4000W	1.057,81	24.329,63
Valor total: 421.529,63		

Fonte: O AUTOR (2019)

Tabela 7: Custo do sistema fotovoltaico na sua vida útil (30 anos)

Item	Custo [R\$]
1 x Painel	397.200,00
3 x Inversor	72.988,89
Total: R\$ 470.188,89	

Fonte: O AUTOR (2019)

CONCLUSÃO

Neste artigo foi abordado o tema da instalação de painéis solares fotovoltaicos em edifícios, como eles funcionam, os custos relativos à sua instalação pela unidade de potência, e o custo da energia pela expectativa de vida útil de seus componentes.

Além disso, foi realizado um estudo superficial para a obtenção dos custos da implantação do sistema solar de dois edifícios cariocas: O Aquário Marinho do Rio de Janeiro (AquaRio); e o Museu do Amanhã (MAR). Afim de compreender melhor, e testar a viabilidade da instalação deste sistema de captação de energia e a sua implantação em outros edifícios.

Ao verificar os estudos aqui apresentados, pode-se afirmar que é necessária uma implantação de uma política de incentivo fiscal, pois, somada aos custos ambientais, o preço do sistema solar fotovoltaico se torna cada vez mais competitivo e conseqüentemente mais viável a cada dia.

O cenário atual ainda não é muito favorável à implantação dos sistemas fotovoltaicos autônomos, porém, os sistemas interligados a rede são excelentes complementos para o sistema hidrelétrico, tendo em vista que, seu uso gera uma grande economia nas contas além de ter um custo de

implantação e manutenção muito inferior ao dos sistemas off-grid, o que diminui o seu tempo de retorno do investimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resoluções homologatórias – Biblioteca virtual. Boletim energia 214.** 2006. Disponível em <http://aneel.gov.br/arquivos/PDF/boletim214.htm>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional – BEN. Brasília: MME, 2005. Ministério de Minas e Energia. Portaria N° 45, de 30 de março de 2004. Diário Oficial da União de 01.04.2004, seção 1, p. 53, v. 141, n. 63.

COSTA, M. **Grã-Bretanha quer se tornar líder em energia renovável.** BBC Brasil, 2002. Disponível em: http://www.bbc.com/portuguese/ciencia/021023_energiامتc.shtml. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

FARIA, C. **Rio de Janeiro - AquaRio. 2016.** Disponível em: <https://www.eaiferias.com/2016/09/rj-aquario.html>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

HEGEDUS, S. E. N. O. “**Real BOS and system costs of off-grid PV installations in the US: 1987-2004**” in Photovoltaic Specialists Conference, 2005. Conference Record of the Thirty-first IEEE, vol., no.pp. 1651- 1654, 3-7 Jan. 2005.

HISOUR. **Museu do Amanhã, Rio de Janeiro, Brazil.** 2017. Disponível em: <https://www.hisour.com/pt/museu-amanha-rio-de-janeiro-brazil-7348/>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **World Energy Outlook 2006.** IEA Photovoltaic Power Systems Programme – International statistics – System prices – Trends in photovoltaic applications. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org> Acesso em: 06 de outubro 2019.

LEMOS, F. **AquaRio investe em mais sustentabilidade.** Disponível em: <https://www.oglobo.globo.com/rio/aquario-investe-em-mais-sustentabilidade-21396016>>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

LESSA, B. **Museu do Amanhã.** 2016. Disponível em: https://www.museudoamanha.org.br/sites/default/files/Visite_1280x800_MdA-BernardLessa_1456509569_189.60.197.72.jpg>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

MARQUES, R.; KRAUTER, S.; LIMA, L. **Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro.** Fortaleza, Revista Tecnológica Fortaleza, v.30, n.2, 2009.

NASCIMENTO, R. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas.** Brasília, 2017.

SHAYANI, R; OLIVEIRA, M; CAMARGO, I. **Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais.** Brasília, 2006.