

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
*MODALIDADE PROFISSIONAL*

VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA UNIDADE DE  
CONSERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE  
JURUBATIBA

FERNANDA DE ARAÚJO PÓZES DA SILVA

MACAÉ-RJ

2019

FERNANDA DE ARAÚJO PÓZES DA SILVA

VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA UNIDADE DE  
CONSERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE  
JURUBATIBA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Orientador: Luís Felipe Umbelino

Co-orientador: Marcos Antônio Cruz Moreira

MACAÉ-RJ

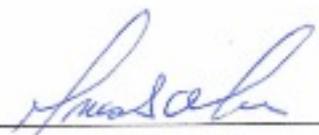
2019

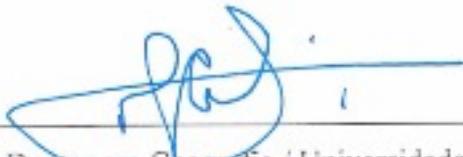
Dissertação intitulada **VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA**, elaborada por **Fernanda de Araújo Pózes da Silva** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Aprovado em: 13/09/19

Banca Examinadora:

  
Luis Felipe Umbelino, Doutor em Ecologia / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),  
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) - Orientador

  
Marcos Antonio Cruz Moreira, Doutor em Engenharia Elétrica / Instituto Alberto Luiz Coimbra de  
Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ),  
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)

  
José Augusto Ferreira da Silva, Doutor em Geografia / Universidade Estadual Paulista (Unesp)  
Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)

  
Eurico Huziwara, Doutor em Produção Vegetal / Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)  
Universidade Estácio de Sá

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

S586v Silva, Fernanda de Araújo Pózes da, 1994-.  
 Viabilidade do uso da energia solar fotovoltaica em uma Unidade de Conservação: estudo de caso do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba / Fernanda de Araújo Pózes da Silva. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.  
 xi, 59 f.: il. color.

Orientador: Luis Felipe Umbelino, 1978-.  
 Coorientador: Marcos Antônio Cruz Moreira, 1964-.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.  
 Inclui referências.

1. Recursos naturais - Conservação - Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (RJ). 2. Energia solar. 3. Energia - Fontes alternativas. I. Umbelino, Felipe Umbelino, 1978-, orient. II. Moreira, Marcos Antônio Cruz, 1964-, coorient. III. Título.

CDD 621.47 23.ed.

**DEDICATÓRIA**

Dedico este artigo de qualificação primeiramente a Deus. Em seguida dedico a minha família, pois sem eles nada seria possível.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a minha família, pois sem eles nada seria possível. A eles toda honra e glória, afinal eles são minha base, meu sustento e minha força.

Agradeço também ao Instituto Federal Fluminense e ao seu corpo docente, que em todo tempo me proporcionou bons estudos e me apoiou.

E agradeço de forma especial aos meus orientadores Luís Felipe Umbelino e Marcos Antônio Cruz Moreira, pois estes me ajudaram a conquistar a conclusão desta dissertação. E aos demais que de forma direta ou indireta me ajudaram a conquistar a conclusão desta etapa.

**EPÍGRAFE**

A mente que se abre a uma nova ideia,  
jamais volta ao seu tamanho original.

Albert Einstein

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO CIENTÍFICO 1

Figura 1 - Gráfico da Matriz Energética Brasileira no ano de 2016.....	09
Figura 2 – Fluxo Energético Brasileiro.....	10
Figura 3 – Total de Unidades de Conservação Federal brasileiras de acordo com o Relatório Parametrizado.....	20
Figura 4 – Gráfico de porcentagem das relações entre Unidades de Conservação federais e Energias Renováveis de acordo com o Relatório Parametrizado .....	20
Figura 5 – Mapa de Unidades de Conservação brasileiras de esfera administrativa Federal que utilizam energia renovável.....	22

### ARTIGO CIENTÍFICO 2

Figura 1 – Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol.....	33
Figura 2 – Fluxo de potência global (em $W/m^2$ ). O valor da irradiação solar incidente no topo da atmosfera aqui apresentado é um fluxo médio anual recebido ao longo das 24 horas de um dia ( $341,3W/m^2$ ) no topo da atmosfera.....	33
Figura 3 – Média anual de insolação diária no Brasil (horas).....	34
Figura 4 – Radiação solar global diária – média anual típica ( $Wh/m^2.dia$ ).....	35
Figura 5 – Esquema de posição do Sol.....	36
Figura 6 – Ilustração da geração de energia solar fotovoltaica.....	37
Figura 7 – Área do PARNA da Restinga de Jurubatiba.....	44
Figura 8 – Microregiões Ambientais do Estado do Rio de Janeiro.....	44
Figura 9 – Centro de Visitantes do PARNA da Restinga de Jurubatiba	46
Figura 10 – O atual gasto de kWh do PARNA da Restinga de Jurubatiba e o gasto de kWh que teria com a energia solar fotovoltaica.....	49
Figura 11 – Total que seria consumido de energia elétrica e fotovoltaica.....	50
Figura 12 – Simulação do consumo elétrico do PARNA da Restinga de Jurubatiba.....	50
Figura 13 – A produção anual de energia elétrica solar de acordo com a simulação 2.....	51
Figura 14 – Consumo vs Estimativa de geração.....	52
Figura 15 – Redução do consumo mensal.....	52
Figura 16 – Valor anual da conta de luz atual e em 25 anos	53

## LISTA DE QUADROS

### ARTIGO CIENTÍFICO 1

Quadro 1 – Relação das Unidades de Conservação brasileiras de esfera administrativa federal com as fontes de energias renováveis utilizadas e seus atuais status.....	23
---	----

### ARTIGO CIENTÍFICO 2

Quadro 1 – Quantidade de energia em kWh e os valores pagos pelo PARNA da Restinga de Jurubatiba entre junho de 2018 e maio de 2019.....	48
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

*ANP – Agência Nacional do Petróleo*  
*APA – Área de Proteção Ambiental*  
*CNUC – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação*  
*ERSs – Energias Renováveis Sustentáveis*  
*ESEC – Estação Ecológica*  
*FLONA – Floresta Nacional*  
*ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade*  
*kWh – Quilowatt-hora*  
*MMA – Ministério do Meio Ambiente*  
*MME – Ministério de Minas e Energia*  
*MW - Megawatt*  
*OIE – Oferta Interna de Energia*  
*PARNA – Parque Nacional*  
*PCHs – Pequenas Centrais hidroelétricas*  
*P&D – Pesquisa e Desenvolvimento*  
*REBIO – Reserva Biológica*  
*RESEX – Reserva Extrativista*  
*SNUC – Sistema Nacional de Unidade de Conservação*  
*UC – Unidade de Conservação*  
*UCs – Unidades de Conservação*

## **VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA**

### **RESUMO**

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba é uma Unidade de Conservação Federal de proteção integral situada no norte do estado do Rio de Janeiro pertencendo às cidades de Macaé, Carapebus e Quissamã. Atualmente o Parque utiliza energia elétrica convencional, no entanto este processo causa impactos ambientais. Por tal motivo as energias alternativas e/ou renováveis vem sendo amplamente discutidas no setor econômico e na gestão ambiental. Diante disso, o objetivo geral foi de analisar a viabilidade do uso da Energia Renovável no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e especialmente, identificar o panorama acerca das fontes de energias em Unidades de Conservação (UCs). Para isso foi realizado um levantamento bibliográfico, articulações com os gestores das UCs e um estudo de viabilidade do uso da energia solar fotovoltaica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. Portanto, o método descritivo-exploratório foi utilizado na dissertação. Assim, a dissertação é composta por dois artigos, sendo que a metodologia do artigo científico 1 pode ser dividida em duas etapas, sendo elas: pesquisa documental e bibliográfica, e a identificação através do contato com os gestores das Unidades de que fontes energéticas as mesmas utilizam. E a metodologia do artigo científico 2 também foi dividido em duas etapas, sendo elas: pesquisa bibliográfica e documental, e pesquisa experimental. Destaca-se que, por questões de logística e por conta do Centro de Visitantes, optou-se por trabalhar apenas com a área que pertence ao município de Macaé. Avalia-se que a execução do projeto possa ser muito significativa e que tal proposta poderá ser replicada em outras Unidades de Conservação que tenham interesse no assunto.

**Palavras-chave:** Matriz energética renovável. Sustentabilidade. Energia Alternativa.

**FEASIBILITY OF USE OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN A CONSERVATION  
UNIT: CASE STUDY OF JURUBATIBA NATIONAL PARK**

**ABSTRACT**

*The Jurubatiba National Park is a Federal Conservation Unit of integral protection located in the north of the State of Rio de Janeiro belonging to the cities of Macaé, Carapebus and Quissamã. Nowadays, the Park uses conventional electric power, however this causes environmental impacts on its production. For this reason, alternative and/or renewable energies have been widely discussed in the economic sector and in environmental management. Therefore, the general objective was to analyze the viability of the use of Renewable Energy in the Jurubatiba National Park and especially, to identify the outlook for the energy sources in Conservation Units (UCs). For this, a bibliographical survey was carried out and there was an articulation with the managers of the UCs and a feasibility study of the use of photovoltaic solar energy in the Jurubatiba National Park were carried out. Therefore the descriptive-exploratory method was used in the dissertation. Thus, the dissertation is composed of two articles, and the methodology of scientific article 1 can be divided into two stages, namely: documentary and bibliographical research, and identification through the contact with the managers of the Units of which energy sources they use. And the methodology of the scientific article 2 was be similar, it will also be divided into two stages, being: bibliographic and documentary research, and experimental research. It is noted that for logistical reasons and because of the Visitors Center, it was decided to work only with the area that belongs to the municipality of Macaé. It is evaluated that the execution of the project can be very significant and that such proposal can be replicated in other Conservation Units that have interest in the subject.*

**Keywords:** *Renewable energy matrix. Sustainability. Alternative energy.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	vii
RESUMO.....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 1: IVESTIGANDO PROGRAMAS DE GESTÃO AMBIENTAL EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: PROGRAMA DE SUSTENTABILIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL</b>	03
1. INTRODUÇÃO.....	05
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	06
2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	06
2.2 A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	07
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1 MATRIZ ENERGÉTICA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO BRASILEIRAS.....	19
5. CONCLUSÃO.....	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 2: VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA</b>	27
1. INTRODUÇÃO.....	29
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	30
2.1 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA E ENERGIA RENOVÁVEL.....	30
2.1.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	31
2.1.2 A RADIAÇÃO SOLAR E OS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	32
2.1.3 O PROCESSO DE CONVERSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	36
2.1.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	38
2.1.5 COMO DEFINIR A QUANTIDADE DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS E QUAL O INVESTIMENTO MÉDIO NECESSÁRIO PARA SE TER ESTÁ ENERGIA?.	40
2.2 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO FEDERAIS BRASILEIRAS QUE UTILIZAM ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	41
2.3 A RADIAÇÃO SOLAR NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO E NA CIDADE DE MACAÉ.....	42
2.4 PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA.....	43

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA.....	47
5. CONCLUSÃO.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

## APRESENTAÇÃO

O tema central da dissertação é o uso das energias renováveis em Unidades de Conservação, com destaque ao uso da energia solar fotovoltaica. Este justifica-se pelo fato de que as questões de energias renováveis são amplamente discutidas no setor econômico e nas gestões ambientais, por exemplo, quando buscam reduzir os impactos ambientais causados pela produção de energia elétrica convencional. Ademais existe a necessidade destes ambientes serem mais sustentáveis, além de servirem de referência para a sociedade. Este ainda contém um estudo de viabilidade ambiental e socioeconômico do uso de energia solar fotovoltaica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PARNA da Restinga Jurubatiba).

O PARNA da Restinga de Jurubatiba é uma Unidade de Conservação federal, de proteção integral, situada no norte do estado do Rio de Janeiro, abrangendo os municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã. Segundo o decreto federal que criou o Parque um de seus objetivos é possibilitar o desenvolvimento de atividades de educação ambiental. No ano de 2015, o PARNA da Restinga de Jurubatiba inaugurou um grande centro de visitantes no município de Macaé, com relevantes estruturas construídas. Observa-se que atualmente o PARNA Jurubatiba utiliza o sistema de energia elétrica convencional para o seu funcionamento. No entanto, há um desejo por parte dos gestores de trocar esta matriz energética para energia solar fotovoltaica. Sendo assim, tal mudança ajudaria reduzindo os custos mensais da UC e provendo uma energia mais limpa. Além disso, o PARNA de Jurubatiba pode tornar-se uma referência em Unidade de Conservação que utiliza como fonte a energia solar fotovoltaica.

Destaca-se portanto que com o artigo objetivou-se investigar a viabilidade ambiental e socioeconômico do uso de energias renováveis em Unidades de Conservação de esfera administrativa Federal, bem como o real funcionamento das mesmas. Para isso, a dissertação foi dividida em duas etapas, sendo elas: o artigo científico 1 que trata do assunto de forma macro, ou seja, das UCs federais e suas fontes de energia renovável e o artigo científico 2 que relata um estudo de caso da viabilidade do uso da energia solar fotovoltaica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.

Portanto, o primeiro artigo teve como objetivo investigar programas de sustentabilidade de energia renovável em Unidades de Conservação Federais brasileiras, ou seja, identificar quais UCs de esfera administrativa Federal que utilizam alguma fonte de energia renovável, em quais regiões do país as mesmas mais se encontram, bem como o atual status das mesmas e qual categoria de UCs que

mais utiliza energia renovável. Para isso foi necessário identificar pelo método descritivo-exploratório, com base na pesquisa bibliográfica e documental através de legislações, publicações, relatórios e documentos: a matriz energética brasileira e das UCs; efetuar um levantamento de quais UCs da esfera administrativa Federal que utilizam alguma fonte de energia renovável; Identificar em quais Regiões do país as mesmas mais se encontram; e identificar que categoria de UC que mais utiliza alguma fonte de energia renovável.

Já o artigo científico 2 teve como objetivo geral analisar a viabilidade do uso de energia solar fotovoltaica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, para posteriormente propor a alteração do atual sistema de fornecimento de energia da mesma. Para isso, o método utilizado foi o descritivo-exploratório e a metodologia pode ser dividida em duas etapas, sendo elas: pesquisa bibliográfica e documental, e pesquisa experimental. Sendo este último a realização de três simulações em diferentes empresas de energia solar fotovoltaica. Destaca-se ainda que, por questões de logística e por conta do Centro de Visitantes, optou-se por trabalhar apenas na área que pertence ao município de Macaé.

## ARTIGO CIENTÍFICO 1

### INVESTIGANDO PROGRAMAS DE GESTÃO AMBIENTAL EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: PROGRAMA DE SUSTENTABILIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL

#### RESUMO

As questões de energias renováveis são amplamente discutidas no setor econômico e nas gestões ambientais, por exemplo, quando buscam reduzir os impactos ambientais causados pela produção de energia elétrica convencional. Ademais existe a necessidade destes ambientes serem mais sustentáveis, além de servirem de referência para a sociedade. Diante disso, este artigo busca investigar quais Unidades de Conservação da esfera administrativa Federal dentro do território brasileiro que já utilizam energia renovável, além de diagnosticar o atual status das mesmas. Assim, o mesmo tem como objetivo contribuir com um diagnóstico da gestão de sustentabilidade das UCs brasileiras e com isso fornecer dados atuais sobre as Unidades em relação às energias nelas utilizadas. Para isso foi necessário identificar pelo método descritivo-exploratório, com base na pesquisa bibliográfica e documental através de legislações, publicações, relatórios e documentos: o que é uma Unidade de Conservação; a matriz energética brasileira e das UCs; Fontes alternativas e energia renovável; efetuar um levantamento de quais UCs da esfera administrativa Federal que utilizam alguma fonte de energia renovável; Identificar em quais Regiões do país as mesmas mais se encontram; e identificar que categoria de UC que mais utiliza alguma fonte de energia renovável. O resultado mostra que no Brasil cerca de 1,5% das UCs federais utilizam alguma fonte de energia renovável, e que o mesmo não é utilizado na sua totalidade, pois muitas não estão funcionando ou estão em manutenção. A Região brasileira que mais tem UCs com energia renovável é o Norte e o mesmo é mais recorrente nas UCs de Proteção Integral.

**Palavras chave:** Matriz energética. Energia alternativa. Panorama de energia.

## **IVESTIGATING ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PROGRAMS IN CONSERVATION UNITS: RENEWABLE ENERGY SUSTAINABILITY PROGRAM**

### **ABSTRACT**

*Issues concerning renewable energy are related to economic industry and environmental management, for example, when one looks for reducing the environmental impacts caused by the production of conventional electricity. Furthermore is it necessary for those environments to be more sustainable, besides being a reference for society. Therefore, this article seeks to investigate which Units of Conservation (UCs) of Federal administrative sphere within the Brazilian territory that already use some type of renewable energy, also diagnosing their current status. So, it aims to contribute with a diagnosis of the sustainability management of the Brazilian UCs and with this to provide current data on the Units in relation to the energies used in them. For this it was necessary to identify by the descriptive-exploratory method, based on the bibliographical and documentary research through legislation, publications, reports and documents: what is a UC; the Brazilian energy matrix and the UCs; Alternative sources and renewable energy; Carry out a survey of which UCs of the Federal administrative sphere that use some type of renewable energy; Identify in which Regions of the country the most are; and Identify which type of UC most uses some kind of renewable energy. The result shows that UCs integrate the protection of fauna, flora and their natural resources with man. And that in Brazil about 1.5% of the federal UCs use some type of renewable energy, and that it is not used in its entirety, because many are not working or are under maintenance. The Brazilian Region that has the most renewable energy units is the North and the same is more recurrent in the Integrated Protection Units.*

**Keywords:** Energy matrix. Alternative energy. Energy panorama.

## 1. INTRODUÇÃO

As Unidades de Conservação brasileiras deveriam ser referências em sustentabilidade e gestão ambiental. No entanto, muitas UCs sofrem com a carência de funcionários e/ou de espaços físicos adequados, problemas de regularização fundiária, ocupação irregular, atividades de caça e desmatamento; muitas utilizam apenas a energia elétrica convencional, dentre outros problemas.

De fato, o Brasil ainda é um país dependente da energia elétrica convencional e esta, em geral, advém das hidroelétricas e termoelétricas, as quais causam ou tem o potencial de causar sérios danos, como por exemplo, impactos sociais e ambientais devido ao represamento do rio, emissão de gases de efeito estufa, produção de rejeitos radioativos, risco de acidentes, entre outros (BRASIL, 2008; BRASIL, 2017A; SIMIONI, 2006).

O Estado brasileiro viveu problemas devido ao uso de energia elétrica convencional, tais como as crises de 2001 e a de 2015. Ambas foram motivadas pela falta de água nos reservatórios das usinas. A primeira crise ainda teve o agravamento da diminuição nos investimentos da infraestrutura de distribuição de energia (TANJI, 2015).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2017) na síntese do relatório do Balanço Energético Nacional de 2017 a repartição da oferta interna de energia (OIE) na matriz energética brasileira é feita entre energias não renováveis e energias renováveis, que representam 56,5% e 43,5% do total. Dentre as energias não renováveis encontram-se o petróleo e seus derivados, o gás natural, o carvão mineral e o urânio, entre outros. Já nas energias renováveis encontram-se a biomassa da cana, a hidráulica, a lenha e o carvão vegetal, entre outras.

Nota-se que a energia solar é tão pouco utilizada que nem entra na OIE da matriz energética nacional, o que é bem preocupante, afinal esta fonte de energia é renovável da maior fonte disponível no mundo e que o Brasil tem enorme potencial, o sol.

Observa-se que as Unidades de Conservação do território brasileiro praticam a educação ambiental e a conservação dos ambientes ali existentes, mas há uma clara necessidade de alterarem as suas matrizes energéticas, tornando-se assim mais sustentáveis. Por isso, o objetivo é de apresentar um panorama das fontes de energia renovável utilizadas pelas UCs da esfera administrativa Federal, a partir da sistematização de informações relativas ao grau de conservação e suas características geográficas. Desta maneira, este artigo contém a investigação de programas de sustentabilidade de energia renovável em Unidades de Conservação Federal brasileiras.

Para este estudo foi utilizado o método descritivo-exploratório, com base na pesquisa bibliográfica e documental por meio de legislações, publicações, relatórios e documentos. Tal como o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2017, Relatório Parametrizado – Unidades de

Conservação, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, o livro Contribuição da pós-graduação brasileira para o desenvolvimento sustentável – Capes na Rio +20, entre outros. Assim, foi possível identificar quais Unidades de Conservação Federais brasileiras que utilizam alguma fonte de energia renovável, ficando assim factível entrar em contato com os gestores dos mesmos com o objetivo de identificar qual a fonte de energia renovável que elas utilizam e a atual situação das mesmas.

Assim abordam-se os temas: Unidades de Conservação, matriz energética brasileira, energia renovável. Além de um levantamento de quais UCs de esfera Federal que utilizam alguma fonte de energia renovável, da identificação de quais Regiões do país as mesmas mais se encontram e por fim a identificação de que categoria de Unidade que mais utiliza alguma fonte de energia renovável.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Unidades de Conservação**

Por meio da Lei nº 9.985/2000 o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) denominou Unidades de Conservação como áreas naturais sujeitas a proteção devido as suas características especiais.

Portanto, as UCs são um espaço territorial especialmente protegido com objetivo de conservação, preservando assim os tesouros biológicos. Além disso, as Unidades de Conservação também asseguram que as populações tradicionais tenham um uso sustentável dos recursos naturais, e pretendem que as comunidades do entorno melhorem sua sensibilização ambiental e desenvolvam atividades econômicas sustentáveis. Assim, de acordo com a Lei nº 9.985/2000 e com o Decreto nº 4.340/2002, o SNUC define espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos.

Ademais o SNUC disponibiliza mecanismos legais para a criação e a gestão de Unidades, e para participação na administração e regulação do sistema à iniciativas privadas e a toda sociedade civil. Podendo assim construir estratégias conjuntas para as áreas naturais a serem preservadas, parecerias entre o Estado e os cidadãos em prol do meio ambiente.

É o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que administra as UCs da esfera Federal do governo, enquanto os das esferas estadual e municipal, são administrados pelos Sistemas Estaduais e Municipais de UC. Elas são criadas pelo Poder Público, após estudos técnicos da importância ecológica da área proposta, podendo ocorrer consultas públicas.

O SNUC também categoriza as Unidades de Conservação de acordo com os seus objetivos de manejo e formas de uso, em dois grupos:

- (i) Unidades de Conservação de Proteção Integral – tem como objetivo preservar a natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, como por exemplo, recreação em contato com a natureza, turismo ecológico, pesquisa científica, educação e interpretação, entre outros – ou seja, apenas usos que não envolvam consumo, coleta ou dano aos recursos naturais;
- (ii) Unidades de Conservação de Uso Sustentável – tem como objetivo harmonizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos, aliando assim a presença humana as áreas protegidas. São permitidos atividades que envolvam coleta e uso dos recursos naturais contando que se mantenha constante os recursos ambientais renováveis e processos ecológicos.

Assim, as UCs de Proteção Integral encontram-se as Estações Ecológicas, as Reservas Biológicas, os Parques Nacionais, os Monumentos Naturais e os Refúgios de Vidas Silvestres. Enquanto dentro das UC de Uso Sustentável encontram-se as Áreas de Relevante Interesse Ecológico, as Reservas Particulares do Patrimônio Natural, as Áreas de Proteção Ambiental, as Florestas Nacionais, as Reservas de Desenvolvimento Sustentável, as Reservas de Fauna e as Reservas Extrativistas (BRASIL, 2000).

## **2.2 A matriz energética brasileira**

O Brasil no ano de 2008 contava com mais de 90 mil quilômetros de linhas e 64 concessionárias (BRASIL, 2008). Esse número elevado de linhas ocorre devido a “configuração do segmento de geração, constituído, na maior parte, de usinas hidroelétricas instaladas em localidades distintas dos centros consumidores” (BRASIL, 2008). Ademais, o país contava com 1.768 usinas em operação, sendo 159 hidroelétricas, 1.042 térmicas abastecidas por diversas fontes como por exemplo gás natural, biomassa, óleo diesel e óleo combustível, 320 Pequenas Centrais Hidroelétricas, 2 nucleares, 227 centrais geradoras hidroelétricas e 1 solar.

A incidência da energia elétrica bem como as dimensões dos nichos não atendidos são proporcionais às suas localizações. Ou seja, a geração, a transmissão e a distribuição de energia

variam de acordo com as características das cinco Regiões brasileiras: Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte (BRASIL, 2008).

Para geração e transmissão de energia elétrica, por exemplo, o país conta com um sistema (conjunto composto por usinas, linhas de transmissão e ativos de distribuição) principal: o Sistema Interligado Nacional (SIN). Essa imensa “rodovia elétrica” abrange a maior parte do território brasileiro e é constituída pelas conexões realizadas ao longo do tempo, de instalações inicialmente restritas ao atendimento exclusivo das regiões de origem: Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte [...]. Além disso, há diversos sistemas de menor porte, não-conectados ao SIN e, por isso, chamados de Sistemas Isolados, que se concentram principalmente na região Amazônica, no Norte do país. Isto ocorre porque as características geográficas da região, composta por floresta densa e heterogêna, além de rios caudalosos e extensos, dificultaram a construção de linhas de transmissão de grande extensão que permitissem a conexão ao SIN (BRASIL, 2008).

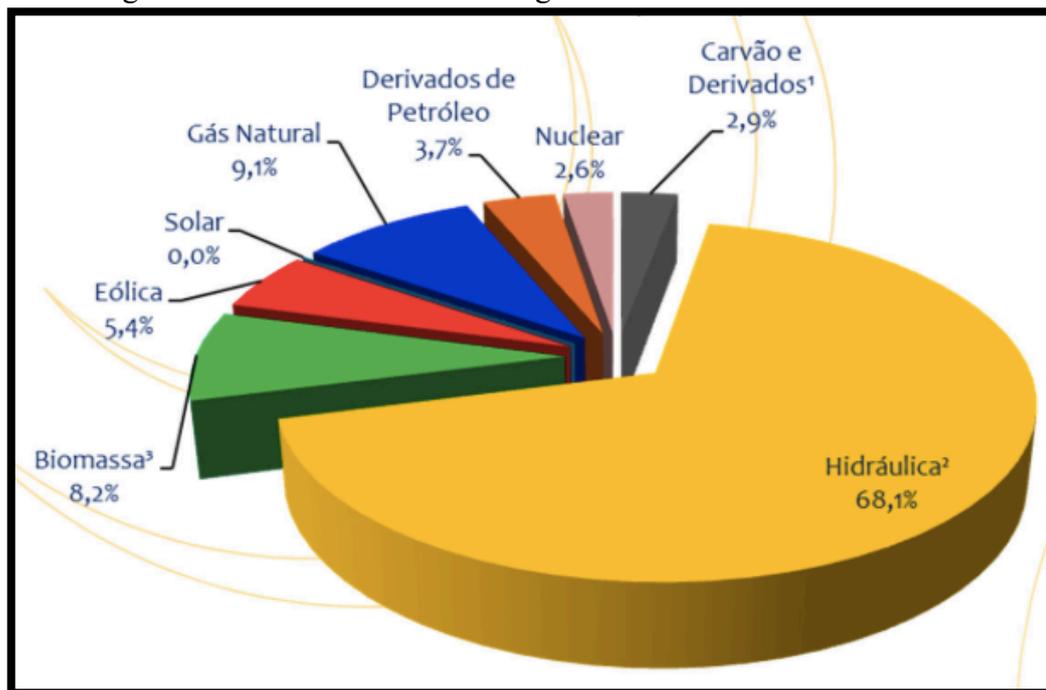
O Sul e o Sudeste do país são as regiões mais desenvolvidas econômica e socialmente, apresentando também uma maior densidade demográfica. Além disso, estas regiões apresentam as melhores relações entre número de habitantes e unidades consumidoras de energia elétrica. Enquanto as outras três regiões tem a maior parte da sua população sem acesso a energia elétrica e isso se deve a quatro fatores, sendo eles: muitos habitantes com baixo poder aquisitivo, baixa densidade demográfica, pequena geração de renda e características geográficas (BRASIL, 2008).

Contudo, as características geográficas têm o ponto negativo de comprometer a extensão das redes de transmissão e distribuição, porém o mesmo tem como ponto positivo dar a região Norte do país um grande potencial de aproveitamento hidroelétrico (BRASIL,2008).

No ano de 2016, de acordo com Brasil (2017A) a geração elétrica a partir de fontes não renováveis representou 19,6% do total nacional. Enquanto, de acordo com a figura 1 a oferta interna de energia (OIE) elétrica no Brasil no mesmo ano teve predominantemente de fontes renováveis, representando assim 81,7% da oferta interna de eletricidade no país.

Contudo, destaca-se que entre as energias renováveis, as mais utilizadas, de acordo com a referência Brasil (2016B) são: biomassa da cana, hidráulica, lenha e carvão vegetal, entre outras renováveis. Das quais, segundo Nascimento (2017) as fontes biomassa, eólica e solar representam respectivamente 9,4%, 6,7% e 0,05%. Já entre as não renováveis se encontram: petróleo e seus derivados, gás natural, carvão mineral, urânio e outras não renováveis.

Figura 1 – Gráfico da Matriz Energética Brasileira no ano de 2016



Fonte: Brasil, 2017B

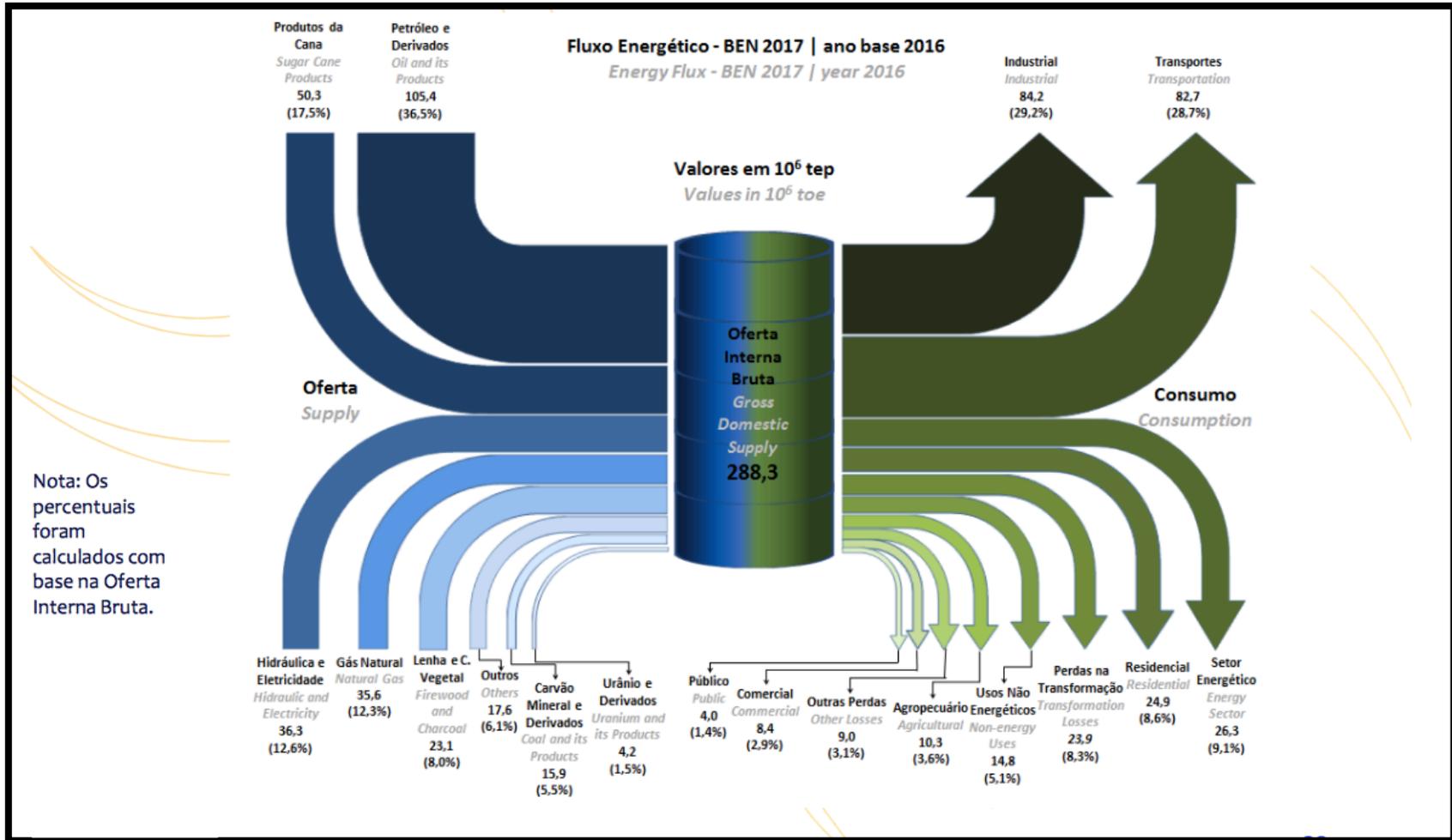
Na figura 2 é possível verificar o fluxo energético brasileiro no ano de 2016. Destaca-se aqui que o setor público representa apenas 1,4% do consumo total do país. E é nesse setor que se encontram as Unidades de Conservação de esfera administrativa federal.

De acordo com a Empresa de Pesquisas Energéticas é perceptível o avanço da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira no ano de 2016 se comparado aos anos anteriores. Isso se deve ao fato da queda da geração térmica a base de combustíveis fósseis e ao incremento das gerações eólica e hidráulica (BRASIL, 2017B).

Ademais, a figura 2 ao demonstrar a matriz energética brasileira corrobora com Nascimento (2017) que afirma que o Brasil é um dos países do mundo que mais utiliza energias renováveis, com aproximadamente 75%.

Destaca-se que energia renovável é aquela advinda de fontes naturais, ou seja, geradas a partir de processos e recursos naturais com capacidade de se renovar em uma escala de tempo humana. Sendo assim, são ótimas alternativas ao sistema energético tradicional. Entre as energias renováveis existentes, pode-se citar: energia eólica, hidráulica, biomassa, biogás, das mares, nuclear, osmótica, energia solar, entre outras (BRASIL, 2008; PORTAL SOLAR, 2017).

Figura 2 - Fluxo Energético Brasileiro



Fonte: Brasil, 2017B

Energia renovável e energia alternativa não são sinônimos. Como já mencionado a energia renovável é aquela que se renova numa escala de tempo humana, enquanto a energia alternativa é aquela alternativa ao uso das fontes tradicionais de energia. Assim, toda energia renovável é uma energia alternativa, mas nem toda energia alternativa é uma energia renovável (PORTAL SOLAR, 2017).

“As fontes renováveis, embora inicialmente mais caras, tornam-se mais competitivas na medida em que se expandem, sendo a competitividade resultante da redução dos custos devido ao ganho de escala e dos avanços tecnológicos” (NASCIMENTO, 2017).

Atualmente, segundo o Portal Solar (2017) o Brasil ocupa o quarto lugar no ranking mundial de produção de energia renovável. Nos últimos 10 (dez) anos a energia renovável teve um crescimento de 30% no país.

Serão abordados a seguir de forma breve as formas de energia renovável que são utilizadas pelas Unidades de Conservação brasileiras de esfera administrativa Federal, de acordo com a pesquisa realizada, sendo elas: solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, carvão da casca do babaçu e hidroelétrica.

## I. Energia Solar Térmica

Mais conhecida apenas como energia solar, esta energia utiliza coletores solares para captar e armazenar a radiação solar incidente, assim estes aquecem os fluidos, sejam eles líquidos ou gasosos. Assim, esta energia converte energia solar em energia térmica.

Segundo GTES (2014), os coletores podem ser classificados a partir da existência ou não de dispositivos de concentração da radiação solar em coletores concentradores e coletores planos, além disso os coletores concentradores são aplicados em temperaturas entre 100°C a 400°C para assim acionar turbinas a vapor e assim gerar eletricidade. Enquanto os coletores planos são mais utilizados em residências e comércios que utilizem em média 60°C, como por exemplo, água para banho e aquecimento de piscinas. Os fluidos depois de aquecidos podem ficar no reservatório térmico isolado até o seu uso final.

Este sistema também pode ser classificado quanto ao porte (consumo diário de água aquecida), sendo assim, pequeno porte (volume diário de armazenamento de até 1500 litros), médio porte (volume diário de armazenamento entre 1500 e 5000 litros) e grande porte (volume diário de armazenamento superior a 5000 litros). Assim, (GTES, 2014):

plantas de médio e grande porte utilizando sistemas ópticos (lentes, espelhos) para concentração da radiação solar e aquecimento de fluidos a altas temperaturas são denominadas de CSP (Concentrated Solar Power). Quatro tecnologias CSP são usadas: cilindros parabólicos, torres solares, coletores lineares de Fresnel e concentradores (“discos”) parabólicos. Nas três primeiras tecnologias, normalmente o calor captado é usado na produção de vapor e posterior acionamento de turbinas para fins de geração de energia elétrica. Na última, a energia elétrica é gerada em motores stirling. As tecnologias apresentam diferentes níveis de maturidade, variando desde a viabilidade comercial dos cilindros parabólicos – que dominam o mercado com 90% da potência instalada, passando por plantas pilotos comerciais com torres solares, a projetos pilotos com concentradores de Fresnel. As potências destas plantas podem variar de uma dezena de kW, nos sistemas stirling, até centenas de MW, em plantas com cilindros parabólicos.

Entre as vantagens desta fonte de energia pode-se citar: (i) renovável e gratuita; (ii) não polui durante o uso; (iii) não produz ruídos; (iv) ocupa pouco espaço; (v) utilizada em qualquer lugar; (vi) economia financeira; (vii) fácil instalação; (viii) baixo custo de manutenção; (ix) vida útil longa; (x) valorização do imóvel; entre outros. Já entre as desvantagens pode-se citar: (i) dependência climática; (ii) perda de eficiência em locais com muita poluição atmosférica; (iii) interferência ambiental com as aves; etc (BRASIL, 2008; GTES, 2014; PORTAL SOLAR, 2017).

Conclui-se assim que esta fonte de energia é ideal para residências ou locais de pequeno porte. É comumente utilizada sendo combinada com outra fonte de energia. Ademais, tem um investimento inicial alto, porém tem um ótimo retorno (PORTAL SOLAR, 2017).

## II. Energia Solar Fotovoltaica

O sistema fotovoltaico “implica no aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção da luz” (GTES, 2014), ou seja, esta energia é obtida pela conversão direta da luz solar em eletricidade.

De acordo com Brasil (2012) “o efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia)”. E segundo GTES (2014) “as principais tecnologias aplicadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são classificados em três gerações”. Sendo elas:

- (i) Primeira geração: “dividido em duas cadeiras produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam mais de 85% do mercado” (GTES, 2014).

## (ii) Segunda geração:

comercialmente denominada de filmes finos, é dividido em três cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disselenato de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Esta geração apresenta menor eficiência do que a primeira e tem uma modesta participação do mercado, competindo com a tecnologia de c-Si<sup>3</sup>. Existem dificuldades associadas à disponibilidade dos materiais, vida útil, rendimento das células e, no caso do cádmio, sua toxicidade, que retardam a sua utilização em maior escala (GTES, 2014).

## (iii) Terceira geração:

é dividida em três cadeias produtivas: célula fotovoltaica multijunção e célula fotovoltaica para concentração (CPV – *Concentrated Photovoltaics*), células sensibilizadas por corante (DSSC – *Dye-Sensitized Solar Cell*) e células orgânicas ou poliméricas (OPV – *Organic Photovoltaics*). A tecnologia CPV, por exemplo, demonstrou ter um potencial para produção de módulos com altas eficiências, embora o seu custo ainda não seja competitivo com as tecnologias que atualmente dominam o mercado (GTES, 2014).

## Assim, de acordo com Brasil (2012)

entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica.

O sistema solar fotovoltaico tem como desafio o desenvolvimento de acessórios e equipamentos complementares ao sistema e com qualidade e vida útil similares às dos módulos (GTES, 2014). Podem-se citar como vantagens do sistema solar fotovoltaico: (i) autossuficiente e renovável; (ii) não produz ruídos; (iii) não polui; (iv) fácil instalação; (v) baixo custo de manutenção; (vi) vida útil longa; (vii) ocupa pouco espaço; (viii) utilizada em qualquer lugar; (ix) economia financeira; (x) valorização do imóvel; etc. E pode-se citar como desvantagens: (i) custo da solução fotovoltaica; (ii) dependência climática; (iii) Sistema Anti-Ilhamento; entre outros.

Conclui-se assim que a energia solar fotovoltaica converte a energia solar em energia elétrica, sendo assim superior a energia solar térmica que apenas aquece fluidos.

## III. Energia Eólica

Segundo Martins, Guarnieri e Pereira (2008) a energia eólica converte a energia cinética dos ventos em energia mecânica e elétrica. Este efeito ocorre através do giro das pás do rotor e dos geradores. De acordo com a Casa dos Ventos (2017) o mesmo pode ter um sistema isolado armazenando assim energia em baterias, sendo mais aplicado em pequenas escalas e residências. Ou pode ter um sistema integrado à rede, ou seja, a energia gerada a integrada diretamente com a rede elétrica, sendo mais aplicado em grandes escalas e comércios. Existe ainda um sistema *offshore*, o

sistema de energia eólica é instalado no mar e usa as redes elétricas para transferir a energia para o continente.

A energia eólica tem como vantagens:

(i) ser totalmente renovável; (ii) é econômica e rentável; (iii) cria receitas alternativas a agricultores que arrendem sua terra; (iv) não produz emissões perigosas; (v) não produz resíduos sólidos perigosos; (vi) é praticamente livre de desapropriações e impactos sociais; (vii) gera turismo; e (viii) compatível com outras formas de uso do terreno (GOMES e HENKES 2015).

E tem como desvantagens:

(i) impacto visual; (ii) impacto acústico; (iii) interferência ambiental com as aves; (iv) tempo de duração do projeto; (v) grandes distâncias entre o sítio e as linhas de transmissão; (vi) ainda não é possível vender através do Mecanismo de Realocação de Energia; (vii) necessita de monitoramento pré-projeto; (viii) baixo fator de capacidade; e (ix) os aerogeradores podem ocasionar interferência eletromagnética (GOMES e HENKES 2015).

Conclui-se que a energia eólica é mais aplicada em grandes escalas e que a mesma precisa de locais amplos e com bastante vento.

#### IV. Carvão feito a partir da casca do babaçu

O babaçu é uma palmeira nativa da região Norte e do cerrado do Brasil. “Cada palmeira pode apresentar entre três e cinco longos cachos [...]. Cada cacho, por sua vez, pode produzir de 300 a 500 cocos” (CERRATINGA, 2018).

Tudo da palmeira é aproveitável, como por exemplo, as folhas, os frutos, as fibras e o estipe. Além destes, “a dura casca do coco do babaçu ainda pode ser utilizada para produção de etanol, metanol, gases combustíveis, coque, carvão reativado, ácido acético e alcatrão, de grande aplicação industrial” (CERRATINGA, 2018).

Portanto a produção do carvão do babaçu tem 5 (cinco) etapas (CARRAZZA *et al.*, 2012):

1. A coleta do coco do babaçu, sendo este um subproduto de outros processos;
2. A quebra do coco;
3. Separação da casca (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) e das amêndoas, ressalta-se que todo o coco pode ser queimado porém recomenda-se apenas a queima do endocarpo;
4. A queima. Esta pode ser feita através das caieiras, onde as cascas do coco babaçu são despejadas e queimadas, quando o fogo esta forte joga-se água para apagar as chamas, mantendo as brasas vivas, queimando devagar. A queima também pode ser feita através de

tambores de ferro, cujo as cascas são colocadas dentro do tambor, em camadas e o coloca-se fogo em cada camada. A queima através dos tambores possui como vantagem ter o carvão mais limpo, inteiro e com menos pó, logo melhor aproveitado. Ademais, a fumaça espalha menos do que quando produzidos nas caieiras.

5. Desaquecimento, o qual utiliza-se as palhas verdes ou da palmeira ou de bananeira para cobrir e abafar o carvão. Em alguns casos cobre-se com terra também para acelerar o processo. Recomenda-se retirar o carvão apenas 24 horas depois.

Conclui-se assim que o carvão produzido a partir da queima do coco do babaçu é uma energia advinda da biomassa, sendo assim limpa, renovável e alternativa.

## V. Hidrelétrica

De acordo com PET Elétrica UFJF (2017) a energia potencial que existe represada na barragem transforma-se em energia cinética quando as comportas são abertas e a água escoar pelos dutos. Estes ficam ligados em turbinas transformando-se em energia mecânica fazendo assim que as pás das turbinas girem. Estas turbinas também são ligadas a geradores, convertendo a energia cinética em energia elétrica através da força eletromotriz induzida. Depois disto, esta energia produzida é transmitida por meio das linhas de transmissão ao Sistema Interligado Nacional, que por sua vez recebe e direciona a mesma para as companhias distribuidoras levando a energia até o consumidor final.

Entre as vantagens das hidroelétricas destacam-se:

(i) baixo custo de produção; (ii) energia renovável; (iii) não polui; (iv) proporciona desenvolvimento local; (v) através da represa pode-se regular a vazão do rio; entre outros. Já entre as desvantagens encontram-se: (i) destruição da vegetação natural; (ii) assoreamento do leito dos rios; (iii) desmoronamento de barreiras; (iv) extinção de espécies de peixes; (v) ambiente propício a transmissão de doenças; e (vi) impactos sociais com o deslocamento das populações ribeirinhas e indígenas (UFJF, 2017).

As hidrelétricas produzem energia limpa porém suas desvantagens causam ou podem causar sérios danos ambientais e sociais.

Após a breve explanação sobre energia renovável, pode-se observar os projetos de energias renováveis sustentáveis (ERSs) do Governo Federal brasileiro, cujo de acordo com Simioni (2006), é a instância política máxima do país, além de ser um indutor de ações. Assim sendo, o Governo Federal tem 8 (oito) projetos de ERSs, que serão brevemente descritos a seguir.

O Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) foi o primeiro programa a ser criado pelo Governo Federal em 1974. Ele é ligado ao Ministério de Minas e Energia (MME). O CEPEL tem como objetivo desenvolver tecnologia de ponta e prestar serviços para o setor elétrico com um orçamento anual de 100 milhões de reais. O CEPEL desenvolveu muitos projetos, como por exemplo, o Projeto Casa Solar Eficiente, o CATE, Centro de Pesquisa em Tecnologias Eficientes e o CRESESB. Porém, a maioria de seus projetos estão ligados a tecnologia de ponta e não a energias renováveis (SIMIONI, 2006).

Já o Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é vinculado à ELETROBRÁS e foi instituído no ano de 1985. Segundo Simioni (2006) o Programa tem como objetivo racionalizar o consumo de eletricidade. Este previa uma redução de 130 bilhões de kWh (Quilowatt-hora) em 2015. Porém, os recursos destinados a esse Programa eram muito inferiores aos destinados à ampliação da capacidade instalada. A falha do Programa estava em priorizar a política de energia, ou seja, acreditava-se que deveria conservar a energia. Mas este feito, ia contra a lógica produtiva. Apesar de tudo, o Programa teve alguns resultados, pois economizou energia e induziu os produtores de equipamentos a adotarem critérios de eficiência energética através de um selo de qualidade (este não era obrigatório, então apenas os produtores que viam alguma vantagem econômica que o utilizavam).

Um pouco distinto dos demais, o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) é ligado ao MME e ao CEPEL, e foi instituído em 1994. Segundo Simioni (2006), o Programa tem como objetivo levar energia elétrica para comunidades rurais isoladas. Assim, utiliza ERSs em destaque a energia solar fotovoltaica. O maior problema deste programa são as logísticas.

Já no ano de 2002 foi criado o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), segundo Simioni (2006), com objetivos de instalar 3300 MW (megawatt) de ERSs até o final de 2006 e de diversificar a matriz energética, prevendo o uso de fonte eólica, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e biomassa (incluindo o setor sucroalcooleiro e resíduos de madeira). Posteriormente, o Programa teve um aumento na sua meta de 10% até o ano de 2020. No entanto, destaca-se que no ano de 2005 houve dificuldades institucionais que atrasaram/impediram um maior desenvolvimento dessas fontes. Uma dessas dificuldades foi o atrativo da economia do petróleo e das hidroelétricas, além da falta de planejamento para projetos em grande escala (mesmo quando no início a produção seja pequena).

No ano seguinte foi criado o Programa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial (PDTI) que também é vinculado a ELETROBRÁS. De acordo com Simioni (2006) o programa procura incentivar P&D com parcerias e cooperação com universidades e centros de pesquisa, induzir a

fabricação local de bens necessários a manutenção e expansão do sistema elétrico.

Já o Programa Biodiesel tem como objetivo substituir o óleo diesel por biodiesel. O Congresso Nacional aprovou e introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira através da Lei nº 11.097/05, com tudo a competência de regular a produção e comercialização é da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Além disso, o Decreto nº 5.448/05 estabeleceu os percentuais mínimos de adição de biodiesel ao óleo diesel e determinou alguns setores que poderiam misturar uma quantidade maior que a permitida a partir da autorização da ANP. Alguns incentivos fiscais e linhas de créditos foram concedidos, além disso as indústrias devem comprovar que adquiriram um percentual mínimo de matéria-prima de pequenos produtores (os incentivos aumentam quanto maior for o percentual). Contudo, de acordo com Simioni (2006), este programa tem algumas dificuldades que atrapalham o seu crescimento, como por exemplo, as variações de custos de produção, a falta de matérias-primas economicamente viáveis e diferenças nas alíquotas de tributação. Para este problema o melhor recurso seria a diversificação das matérias-primas de acordo com cada região do país.

No mesmo ano de 2005, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento criou e estabeleceu o Plano Nacional de Agronegócio que é ligado à EMBRAPA. Conforme Simioni (2006) o Plano tem como objetivo produzir energia a partir de produtos agrícolas. Este procura aliar outros projetos, mas também tem projetos próprios como a intensificação do uso do biogás e da biomassa.

E por fim, ainda de acordo com Simioni (2006) a empresa PETROBRÁS possui projetos de pesquisas voltados para a exploração de energia, incluindo ERSs. Também investe em eficiência energética para combustíveis fósseis. Destaca-se aqui dois de seus programas, sendo eles: (i) PROGER – O Programa Tecnológico de Energias Renováveis foi criado em 2004, que realiza pesquisas com biomassa, biodiesel, álcool e outras ERSs; e (ii) CONPET – O Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e de Gás Natural. É semelhante ao PROCEL fornecendo selos de qualidade em eficiência energética aos equipamentos com menores índices de consumo.

Evidencia-se assim que o Brasil tem bons programas de Energia Renovável Sustentável em diferentes âmbitos, mesmo que alguns tenham falhas. Também fica perceptível que a produção de energia é diretamente ligada a economia do país. Ademais, esses projetos podem servir de base e apoio as Unidades de Conservação que pretendem utilizar alguma fonte de energia renovável.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O material utilizado na pesquisa foi computador e telefone. Já o artigo foi desenvolvido através do método descritivo-exploratório com base na pesquisa bibliográfica e documental através de legislações, publicações, relatórios e documentos. Tal como, o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2017, Relatório Parametrizado – Unidades de Conservação, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, o livro Contribuição da pós-graduação brasileira para o desenvolvimento sustentável – Capes na Rio +20, entre outros. Através do Relatório Parametrizado foi possível identificar 34 Unidades de Conservação brasileiras de esfera administrativa Federal que utilizam alguma fonte de energia renovável, ficando assim factível entrar em contato com cada um dos gestores dos mesmos, por meio de e-mail ou telefonema durante fevereiro à agosto de 2018. Com o objetivo de identificar qual a fonte de energia renovável que elas utilizam foi utilizada uma pergunta fechada se existia ou não alguma fonte de energia renovável na Unidade e caso a afirmativa fosse positiva uma segunda pergunta era realizada com o intuito de identificar qual a energia que é utilizada e a atual situação da mesma.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 MATRIZ ENERGÉTICA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO BRASILEIRAS

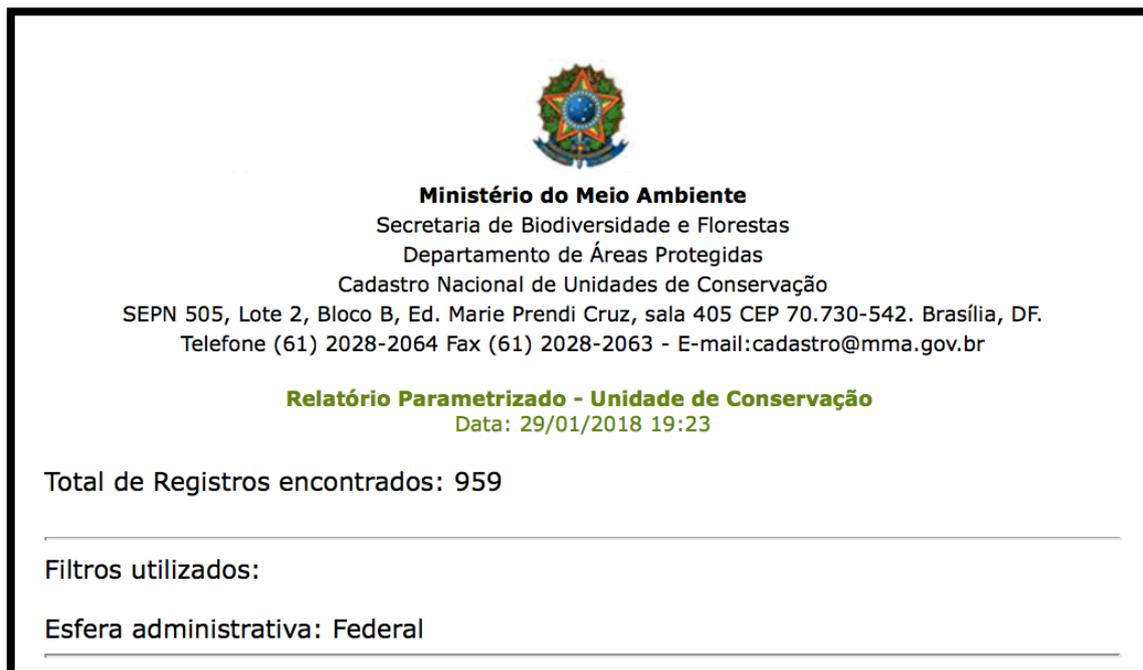
De acordo com o Relatório Parametrizado do CNUC existem 34 (trinta e quatro) Unidades de Conservação listadas por utilizarem energia renovável. Ao entrar em contato com as mesmas obteve-se resposta de apenas 19 (dezenove). Dentre estas, 4 (quatro) declararam não utilizarem nenhuma energia renovável, sendo assim apenas 15 (quinze) utilizam.

Portanto, no Brasil, cerca de apenas 1,5% das Unidades de Conservação da esfera administrativa Federal utilizam alguma fonte de energia renovável, sendo as Unidades de Conservação de Proteção Integral as que mais utilizam. Porém, não há um uso da energia renovável em sua totalidade, pois algumas estão em manutenção ou sem uso. Destaca-se ainda que das 15 (quinze) que declararam utilizar energia renovável 10 (dez) se encontram na região Norte do país.

Além disso, encontrou-se a matriz energética das Unidades, sendo ela composta pelas energias: elétrica convencional, solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, hidroelétrica e carvão feito a partir da casca do babaçu. Porém destaca-se que a energia solar térmica é a energia renovável mais utilizada, sendo assim utilizada por 9 (nove) UCs. Também é possível verificar que a maior parte das energias renováveis, ou seja, 13 (treze) delas estão em uso contra apenas 5 (cinco) não em uso. Ademais, é possível verificar que algumas UCs utilizam mais de uma energia renovável, como é o caso do PARNA Sempre Vivas e da REBIO do Uatumã.

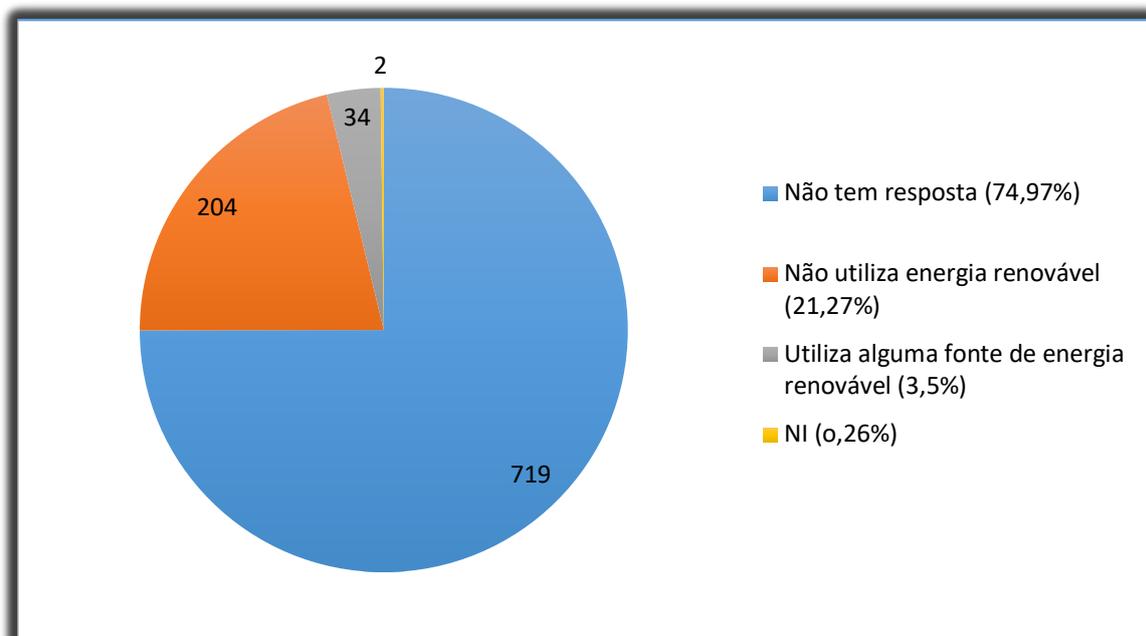
O Relatório Parametrizado de Unidades de Conservação foi gerado no site do MMA (2018) na parte do CNUC, com os filtros de esfera administrativa Federal e Sistema de Energia Renovável. Assim, foram encontrados 959 Unidades de Conservação, como pode-se observar na figura 3. Sendo que dentre elas, 719 (setecentos e dezenove) UCs não têm resposta, 204 (duzentos e quatro) UCs não utilizam nenhuma fonte de Energia Renovável, 2 (duas) UCs não foram identificadas (NI) e apenas 34 (trinta e quatro) UCs utilizam alguma fonte de energia renovável. A seguir, ilustra-se na figura 4 as porcentagens deste relatório.

Figura 3 - Total de Unidades de Conservação Federal brasileiras de acordo com o Relatório Parametrizado



Fonte: MMA, 2018.

Figura 4 – Gráfico de porcentagem das relações entre Unidades de Conservação federais e Energias Renováveis de acordo com o Relatório Parametrizado



Fonte: elaboração própria a partir do MMA (2018)

Ainda de acordo com este Relatório Parametrizado, estão dispostas na figura 5 a identificação de cada uma das 34 (trinta e quatro) Unidades de Conservação Federal que utilizam alguma fonte de energia renovável bem como em qual região do país as mesmas se encontram.

Nota-se que a região do Brasil, que mais tem UCs com energia renovável é a região Norte. Este índice elevado pode ser explicado pelo fato do Norte do país ser o maior em questão de área territorial e ter um número mais elevado de Unidades de Conservação, sendo assim há uma maior probabilidade, confirmada nesse artigo, de que as UCs do Norte utilizem mais do que outras regiões alguma fonte de energia renovável.

Após o contato com as 34 (trinta e quatro) UCs foi possível sistematizar as informações, como pode ser observado no quadro 1. Destaca-se aqui que 15 (quinze) delas não retornaram o contato, sendo elas: ESEC de Maracá Jipioca, ESEC Juami-Japurá, ESEC Raso da Catarina, PARNA da Serra das Confusões, PARNA da Serra do Pardo, PARNA da Serra dos Órgãos, PARNA da Serra Geral, PARNA das Emas, PARNA de Aparados da Serra, PARNA do Cabo Orange, PARNA Grande Sertão Veredas, REBIO Augusto Rusch, REBIO Atol das Rocas, REBIO do Tapirapé e RESEX de Cururupu.

De acordo com o quadro, percebe-se que existe uma divergência de informações entre o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação e os gestores das Unidades de Conservação, pois os gestores de algumas Unidades declararam que não utilizam nenhuma fonte de energia renovável. Além disso, nota-se também que dentre as 15 (quinze) Unidades de Conservação que os gestores afirmaram utilizar alguma fonte de energia renovável 12 (doze) dessas Unidades são de Proteção Integral e apenas 3 (três) delas são Unidades de Conservação de Uso Sustentável. Ademais, foi possível identificar a matriz energética das Unidades. Foram encontradas as energias elétrica convencional, solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, hidroelétrica e carvão feito a partir da casca do babaçu.

Figura 5 - Mapa de Unidades de Conservação brasileiras de esfera administrativa Federal que utilizam energia renovável



Fonte: elaboração própria a partir do MMA (2018)

Quadro 1 - Relação das Unidades de Conservação brasileiras de esfera administrativa Federal com as fontes de energias renováveis utilizadas e seus atuais status

Energia Utilizada	Unidade de Conservação	Região	Situação atual	
			Funcionando	Não Funcionando
Solar Térmica	ESEC de Taiamã	Centro-Oeste	✓	
	PARNA da Serra da Capivara	Nordeste	✓	
	PARNA das Sempre Vivas	Sudeste	✓	
	REBIO do Guaporé	Norte	✓	
	RESEX do Rio Unini	Norte	✓	
	REBIO do Lago Piratuba	Norte		x
	REBIO do Uatumã	Norte	✓	
	REBIO do Rio Trombetas	Norte	✓	
	FLONA de Saracá-Taquera	Norte	✓	
Solar Fotovoltaica	PARNA das Anavilhanas	Norte		x
	ESEC de Maracá	Norte		x
	PARNA do Caparão	Sudeste		x
	PARNA do Juruena	Centro-Oeste/ Norte	✓	
	REBIO do Jaru	Norte	✓	
	<b>REBIO do Uatumã</b>	Norte	✓	
Eólica	<b>PARNA das Sempre Vivas</b>	Sudeste		x
Carvão da Casca do Babaçu	RESEX Rio Ouro Preto	Norte	✓	
Hidroelétrica	<b>REBIO do Uatumã</b>	Norte	✓	
Não utiliza	PARNA dos Pacaás Novos			
	APA Costas das Algas			
	PARNA da Lagoa do Peixe			
	PARNA do Descobrimento			

Fonte: própria, 2018

## 5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que no Brasil cerca de 1,5% das Unidades de Conservação da esfera administrativa Federal utilizam alguma fonte de energia renovável. E que o mesmo não é utilizado na sua totalidade, pois algumas estão em manutenção ou sem uso.

Ademais, as fontes de energia dessas Unidades de Conservação são: energia elétrica convencional, solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, hidroelétrica e carvão feito a partir da casca do babaçu. Sendo que dentre as fontes a energia solar é a mais utilizada.

Pode-se ainda constatar, que dentre as Unidades de Conservação que utilizam alguma fonte de energia renovável, a região Norte do país se destaca, pois a mesma contabiliza 10 (dez) UCs dentro deste parâmetro. Além disso, destaca-se que as Unidades de Conservação de Proteção Integral são as que mais utilizam energia renovável.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica. Ed. – Brasília: Aneel, 2008. Disponível em:<<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>

Brasil. **Constituição (1988)**. Constituição [da] Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>

Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017A. Disponível em:<[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>

Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2017: Relatório Síntese | Ano base 2016**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017B. Disponível em:<[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2017\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf)>

Brasil. **Lei nº 4.340**, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 ago. 2002. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4340.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4340.htm)>

Brasil. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>

Brasil. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes. **Contribuição da pós-graduação brasileira para o desenvolvimento sustentável: Capes na Rio+20** / Brasília : Capes, 2012. 194p.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório Parametrizado – Unidades de Conservação**. Brasília, 2018. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-gerar-relatorio-de-uc>>

Carrazza, Luis Roberto; Silva, Mariane Lima da; ÁVILA, João Carlos Cruz. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu**. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2012.

Casa dos Ventos. **Energia eólica**. São Paulo: 2017. Disponível em:<<http://casadosventos.com.br/pt/energia-dos-ventos/energia-eolica>>

Cerratinga. **Babaçu**. Produção Sustentável e Consumo Consciente. Brasília: 2018. Disponível em:<<http://www.cerratinga.org.br/babacu/>>

Gomes, Luiz Eduardo Bueno; Henkes, Jairo Afonso. **Análise da Energia Eólica no cenário elétrico: Aspectos gerais e indicadores de viabilidade econômica.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.3, n. 2. Florianópolis: 2015. Disponível em:< [http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/2536/1843](http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2536/1843)>

Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** In: PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. (Org.). Rio de Janeiro: CEPTEL – CRESESB, 2014.

Martins, F. R.; Guarnieri, R. A; e Pereira, E.B. **O aproveitamento da energia eólica.** São Paulo: Revista Brasileira de Ensino da Física, v. 30, nº 1, 2008. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n1/a05v30n1>>

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Energia solar no Brasil: situação e perspectiva.** Estudo Técnico. Câmara dos Deputados: Março, 2017.

PET Elétrica UFJF. **Como funciona: hidrelétrica.** Energia Inteligente. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017. Disponível em:< <http://energiainteligenteufjf.com/como-funciona/como-funciona-hidreletrica/>>

PORTAL SOLAR. **Energia Renovável.** São Paulo, 2017. Disponível em:< <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-renovavel.html>>

SIMIONI, Carlos Alberto. **O Uso de Energia Renovável Sustentável na Matriz Energética Brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis.** 2006. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, p. 232. Disponível em:< <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/5080/Carlos%20Aberto%20Simioni.pdf?sequence=1>>

TANJI, Thiago. **Dossiê: energia e a crise no Brasil.** Globo S/A: revista GALILEU, 2015. Disponível em:< <https://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2015/03/dossie-energia-e-crise-no-brasil.html>>

## ARTIGO CIENTÍFICO 2

### VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA

#### RESUMO

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba é uma Unidade de Conservação Federal de proteção integral situada no norte do estado do Rio de Janeiro pertencendo aos municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã. Atualmente o Parque utiliza energia elétrica convencional, no entanto além deste processo causar impactos ambientais, os gestores do PARNA de Jurubatiba tem o desejo de alterar a matriz energética do mesmo. Diante disso, o artigo teve como objetivo analisar a viabilidade do uso de energia solar fotovoltaica nesta Unidade de Conservação. Assim, busca-se com o artigo realizar um estudo sobre o eventual uso de energia solar fotovoltaica na Unidade, para posteriormente propor a alteração do atual sistema de fornecimento de energia. Para isso foi realizado um levantamento bibliográfico, articulação com os gestores do Parque Nacional e três simulações. Portanto, o método utilizado foi o descritivo-exploratório e a metodologia pode ser dividida em duas etapas, sendo elas: pesquisa bibliográfica e documental, e pesquisa experimental. O resultado mostra que existe viabilidade econômica e socioambiental para a instalação de um sistema solar fotovoltaico no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. Avalia-se ainda que a execução do projeto possa ser muito significativa e que tal proposta poderá servir de inspiração e exemplo para outras Unidades de Conservação que tenham interesse no assunto.

**Palavras chave:** Sustentabilidade. Energia Renovável. Sistema Solar Fotovoltaico.

**PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN A CONSERVATION UNIT: CASE STUDY OF THE RESTINGA DE JURUBATIBA NATIONAL PARK**

**ABSTRACT**

*The Jurubatiba National Park is a Federal Conservation Unit of integral protection located in the north of the State of Rio de Janeiro belonging to the cities of Macaé, Carapebus and Quissamã. Nowadays, the Park uses conventional electric power, however this causes environmental impacts, the managers of PARNA Jurubatiba has the desire to change the energy matrix of it. Given this, the article aimed to analyze the feasibility of using photovoltaic solar energy in this Conservation Unit. Therefore, the article aims to conduct a study on the possible use of photovoltaic solar energy in the Unit, to later propose the modification of the current power supply system. For this, a bibliographic survey, articulation with the managers of the National Park and three simulations were performed. Therefore, the method used was descriptive-exploratory and the methodology can be divided into two stages, namely: bibliographic and documentary research, and experimental research. The result shows that, there are economic and socio-environmental viability for the installation of a photovoltaic solar system in the Jurubatiba National Park. It is also evaluated that the project execution can be very significant and that such proposal may serve as inspiration and example for other Conservation Units that are interested in the subject.*

**Keywords:** Sustainability. Renewable energy. Photovoltaic Solar System.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) criado pela lei federal 9.985/2000. Este sistema envolve várias categorias de Unidades de Conservação, dentre elas está a categoria de Parques Nacionais (PARNA). Segundo o SNUC os parques nacionais:

Têm como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (BRASIL, 2000).

No estado do Rio de Janeiro existem cinco parques nacionais, são eles: Parque Nacional de Itatiaia; Parque Nacional da Serra dos Órgãos; Parque Nacional da Tijuca; Parque Nacional da Serra da Bocaina; e Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (MMA, 2019).

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PARNA da Restinga Jurubatiba) é uma Unidade de Conservação (UC) federal, de proteção integral, situada no norte do estado do Rio de Janeiro, abrangendo os municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã. Segundo o decreto federal que criou a UC um de seus objetivos é possibilitar o desenvolvimento de atividades de educação ambiental (MMA, 2019).

No ano de 2015 o PARNA da Restinga de Jurubatiba inaugurou um grande centro de visitação no município de Macaé. Com relevantes estruturas construídas encontram-se diversos equipamentos direcionados à prática de educação ambiental. Ressalta-se que o público alvo da UC envolve grupos escolares (da educação básica à superior) e também diversos outros segmentos da sociedade.

Observa-se que o PARNA Jurubatiba utiliza energia elétrica para o seu funcionamento, tendo um gasto mensal médio de aproximadamente 3.127 kWh, onde o maior gasto é de 3.709 kWh e o menor gasto é de 1.636 kWh. Desta forma há um desejo por parte dos gestores de trocar o fornecimento da energia por rede elétrica, exclusivamente, por energia solar fotovoltaica. Tal mudança ajudará barateando os custos mensais da UC e ao fazer uso de uma energia mais limpa ajudará o meio ambiente. Além de que o PARNA de Jurubatiba pode tornar-se uma referência para as demais Unidade de Conservação.

Com o artigo buscou-se realizar um estudo sobre o eventual uso de energia solar fotovoltaica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, para posteriormente propor a alteração do atual sistema de fornecimento de energia do Parque. Para isso primeiramente foram levantadas as

experiências de sucesso envolvendo energia solar em outras Unidades de Conservação. Posteriormente foram identificados os atuais gastos do PARNA da Restinga de Jurubatiba com a energia elétrica; qual o melhor modelo de placa de energia solar e a melhor área para colocar as mesmas dentro do Parque; quantas placas serão necessárias para sustentar o PARNA; qual o tempo de retorno financeiro; e como o mesmo funciona em dias nublados; Além destes pontos foi feita uma avaliação dos aspectos positivos e negativos da utilização de energia solar na UC. Por questões de logística e por conta do Centro de Visitantes optou-se por trabalhar apenas na área que pertence ao município de Macaé.

Ao propor a alteração do fornecimento de energia do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba com este artigo, buscou-se além do retorno financeiro, utilizar uma energia mais limpa. Ademais, pode servir de exemplo para outras UCs que tenham o mesmo desejo ou ainda para aquelas mais afastadas e que não utilizam energia elétrica. Assim, avalia-se que a execução do projeto possa ser muito significativa e que tal proposta poderá ser replicada em outras UCs que tenham interesse no assunto.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Fontes Alternativas de energia e energias renováveis**

Energias renováveis são aquelas advindas de fontes naturais e que são naturalmente reabastecidas, como por exemplo, energia eólica, hidráulica, biomassa, biogás, das marés, energia solar, entre outros. Estas energias são geradas por meio de processos e recursos naturais com capacidade de se renovar na escala de tempo humana, são assim energias alternativas ao sistema energético tradicional. Destaca-se que toda energia renovável é uma energia alternativa, mas nem toda energia alternativa é uma energia renovável (BRASIL, 2008; PORTAL SOLAR, 2017).

De acordo com Nascimento (2017) as fontes renováveis costumam ter um alto investimento, porém com o ganho de escala e com os avanços tecnológicos, as mesmas têm se tornado mais competitivas.

### 2.1.1 Energia Solar Fotovoltaica

O sistema fotovoltaico foi “descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, implica no aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção da luz” (GTES, 2014). Ainda segundo GTES (2014) apenas trinta e sete anos depois “foi concebido o primeiro aparato fotovoltaico advindo dos estudos da física do estado sólido e, apenas em 1956, iniciou-se a produção industrial, seguindo o crescimento da área eletrônica”.

Assim, a energia solar fotovoltaica é aquela advinda da conversão direta da luz solar em eletricidade usando as células fotovoltaicas. Tal sistema pode ser instalado em telhados para produzir energia para auto consumo, em regiões isoladas e até mesmo em veículos elétricos, a mesma ainda pode ser utilizada em grandes centrais fotovoltaicas para gerar energia limpa para milhares de consumidores (PORTAL SOLAR, 2017 E GTES, 2014).

Segundo o GTES (2014):

as principais tecnologias aplicadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são classificados em três gerações. A primeira geração é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam mais de 85% do mercado [...].

A segunda geração, comercialmente denominada de filmes finos, é dividida em 3 cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Esta geração apresenta menor eficiência do que a primeira e tem uma modesta participação no mercado [...]. Existem dificuldades associadas à disponibilidade dos materiais, vida útil, rendimento das células e, no caso do cádmio, sua toxicidade, que retardam a sua utilização em maior escala.

A terceira geração, ainda em fase de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) [...] é dividida em três cadeias produtivas: célula fotovoltaica multijunção e célula fotovoltaica para concentração (CPV – *Concentrated Photovoltaics*), células sensibilizadas por corante (DSSC – *Dye-Sensitized Solar Cell*) e células orgânicas ou poliméricas (OPV – *Organic Photovoltaics*).

O Brasil tem grande potencial na geração de energia proveniente dos raios solares, este pode ser explicado pelo fato do país ter um vasto território com grande incidência de raios solares.

Segundo o site do Governo do Brasil (2016), um levantamento realizado pela empresa Empresa Pesquisa Energética (EPE) afirma que a produção de energia solar fotovoltaica corresponde a cerca de 0,01% da matriz energética brasileira no ano de 2015. No Brasil, segundo o Portal Solar (2017), até o primeiro semestre de 2017 foram encontrados os seguintes dados: (i) existiam 11.400 telhados solares; (ii) 12.500 sistemas fotovoltaicos instalados, sendo 80% dele em residências, 15% em comércios, 2% em indústrias, 2% em zona rural, 2% em iluminação pública e 1% no setor

público. E segundo o site BlueSol Energia Solar (2017) até o ano de 2016 “o setor de energia solar no Brasil possuía 7.691 sistemas fotovoltaicos instalados”.

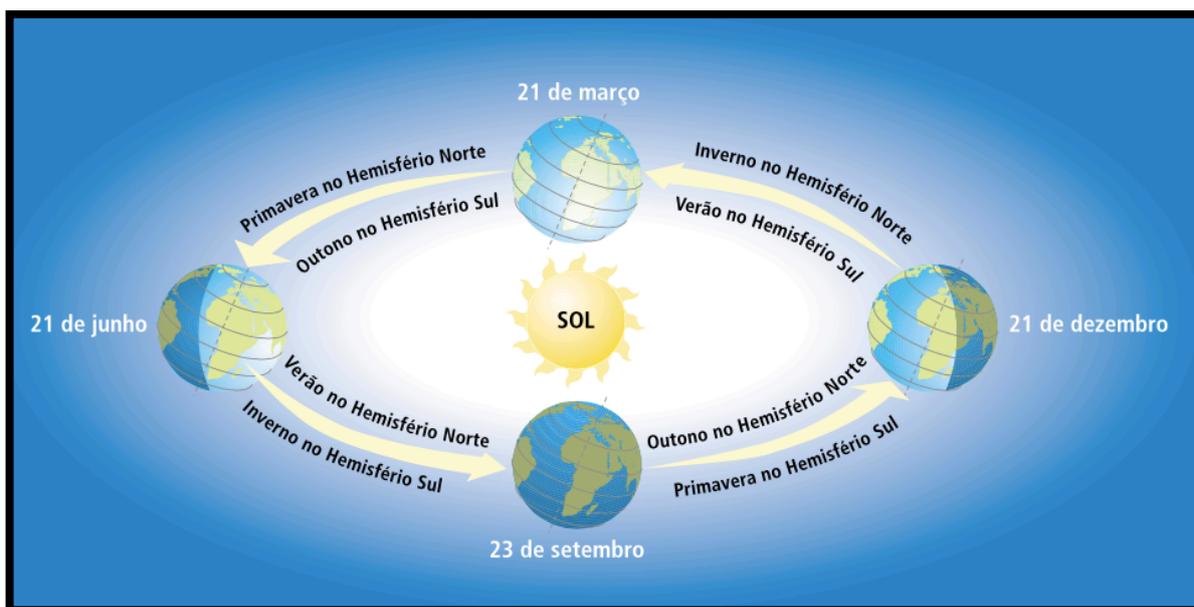
Esta energia tem sido cada vez mais utilizada, e segundo o Portal Solar (2017) foi a fonte de energia renovável mais instalada pelo mundo. Existem hoje inúmeros incentivos dentro e fora do Brasil para esse aumento. Dentro do Brasil podem-se citar:

- (i) Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (Prodeem) criado pelo Ministério de Minas e Energia em 1994 com objetivo de promover a eletricidade rural a partir principalmente de energia solar fotovoltaica;
- (ii) RN 482/12 da ANEEL, que é o projeto mais importante pois permite que além da geração da energia limpa e sustentável, se possa realizar uma troca com a rede distribuidora, assim a energia que é enviada em excesso para a rede distribuidora torna-se créditos em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses;
- (iii) Em grande parte dos Estados do Brasil - como o Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Geras, Rio Grande do Sul, Goiás, Tocantins, Bahia, entre outros - existe a isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) na eletricidade gerada pelo sistema fotovoltaico;
- (iv) IPTU verde, ou seja, isenção parcial de IPTU; e
- (v) de acordo com a Lei Federal nº 13.169/2015 aqueles que possuem um sistema de geração distribuída tem direito à isenção de encargos de PIS e CONFINS sobre a energia compensada na conta de luz.

### **2.1.2 A radiação solar e os painéis fotovoltaicos**

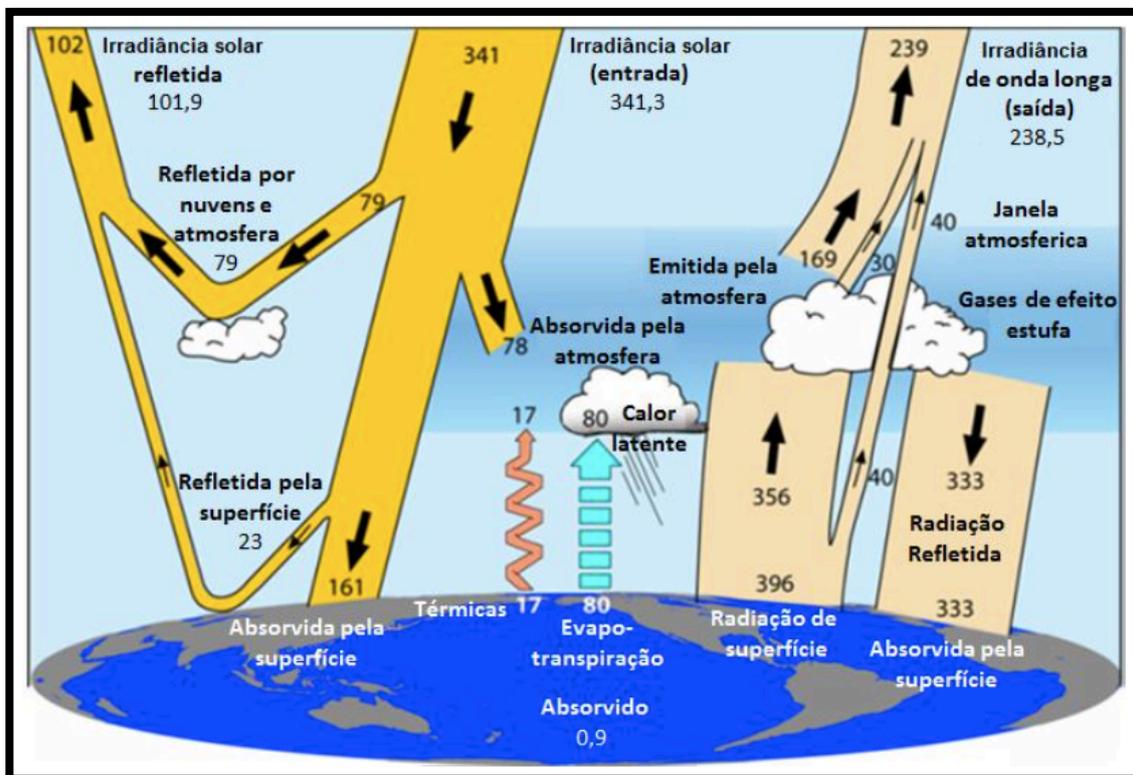
A energia total incidente sobre a superfície terrestre depende das condições atmosféricas, da latitude local e da posição no tempo, ou seja, hora do dia e dia do ano. Isto ocorre por causa do movimento de rotação da Terra e da translação (GTES, 2014). Abaixo está a figura 1, a qual explica estes movimentos. Como pode-se observar a duração solar do dia varia de acordo com as regiões e períodos do ano, além disso as variações são mais intensas nas regiões polares e nos períodos de solstício. Contudo, os raios solares sofrem reflexão e absorção pela atmosfera, assim apenas parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, conforme figura 2.

Figura 1 - Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol



Fonte: ANEEL, s.d.

Figura 2 – Fluxo de potência global (em  $W/m^2$ ). O valor da irradiação solar incidente no topo da atmosfera aqui apresentado é um fluxo médio anual recebido ao longo das 24 horas de um dia ( $341,3 W/m^2$ ) no topo da atmosfera.

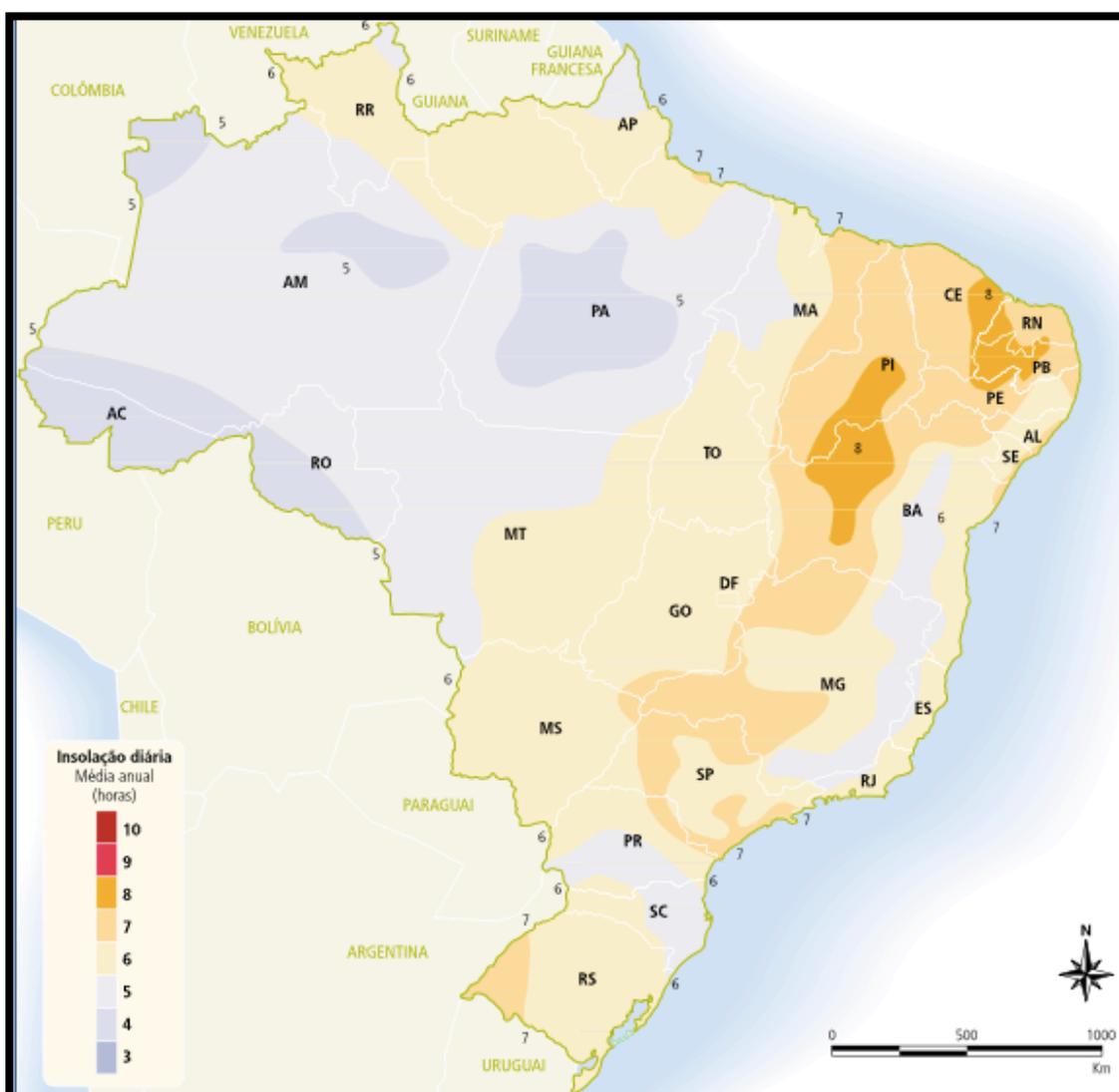


Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, 2014

“A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia”. (ANEEL, s.d.) De acordo com a figura 3 e 4, pode-se observar que o Estado do Rio de Janeiro, tem média anual de insolação diária equivalente a 6 (seis) horas e que a radiação solar global diária está entre 5.100 (cinco mil e cem) e 5.300 (cinco mil e trezentos) Wh/m<sup>2</sup>.dia.

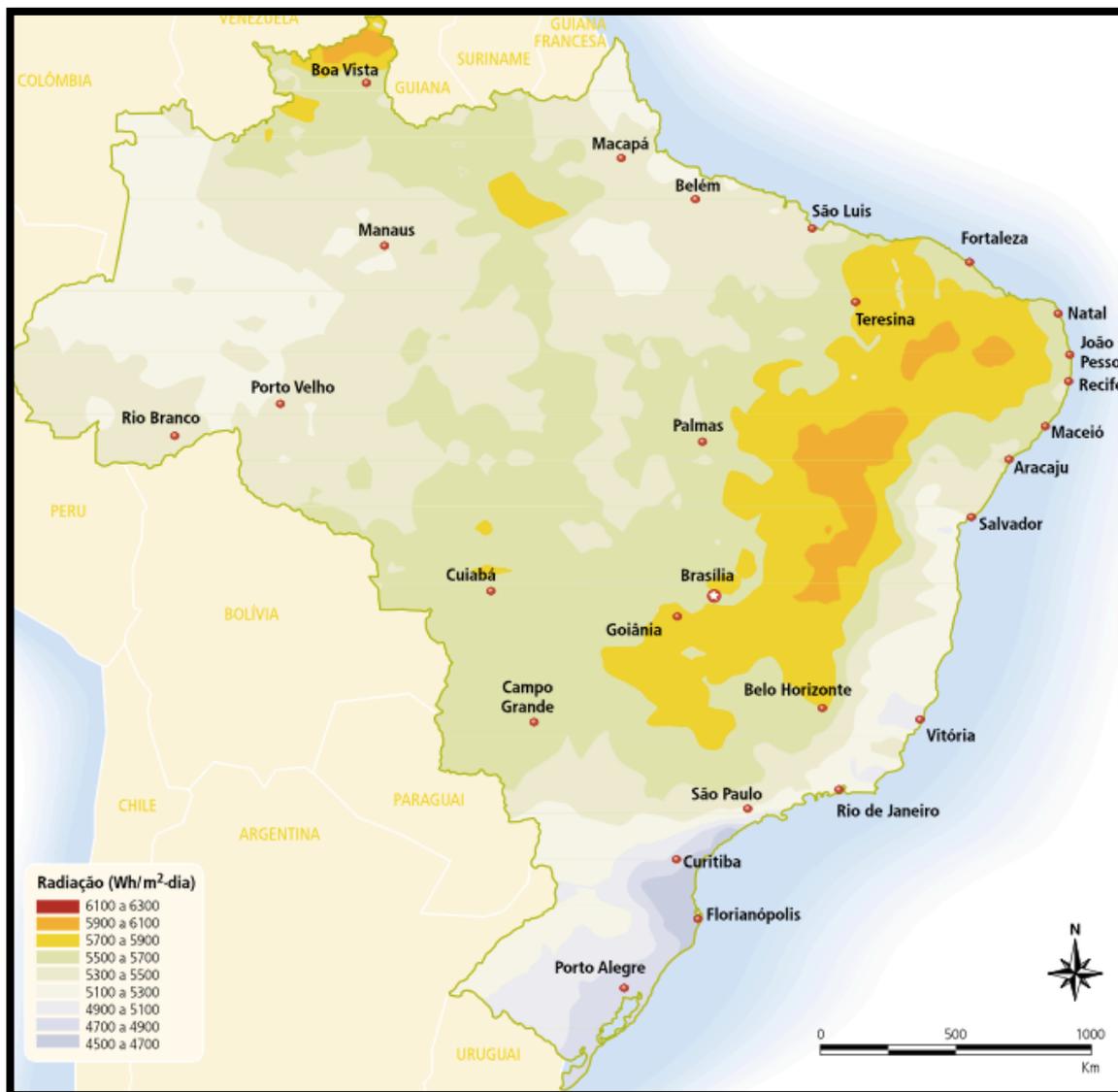
Assim, “para maximizar o aproveitamento da radiação solar, pode-se ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia”. (ANEEL, s.d.)

Figura 3 - Média anual de insolação diária no Brasil (horas)



Fonte: ANEEL, s.d.

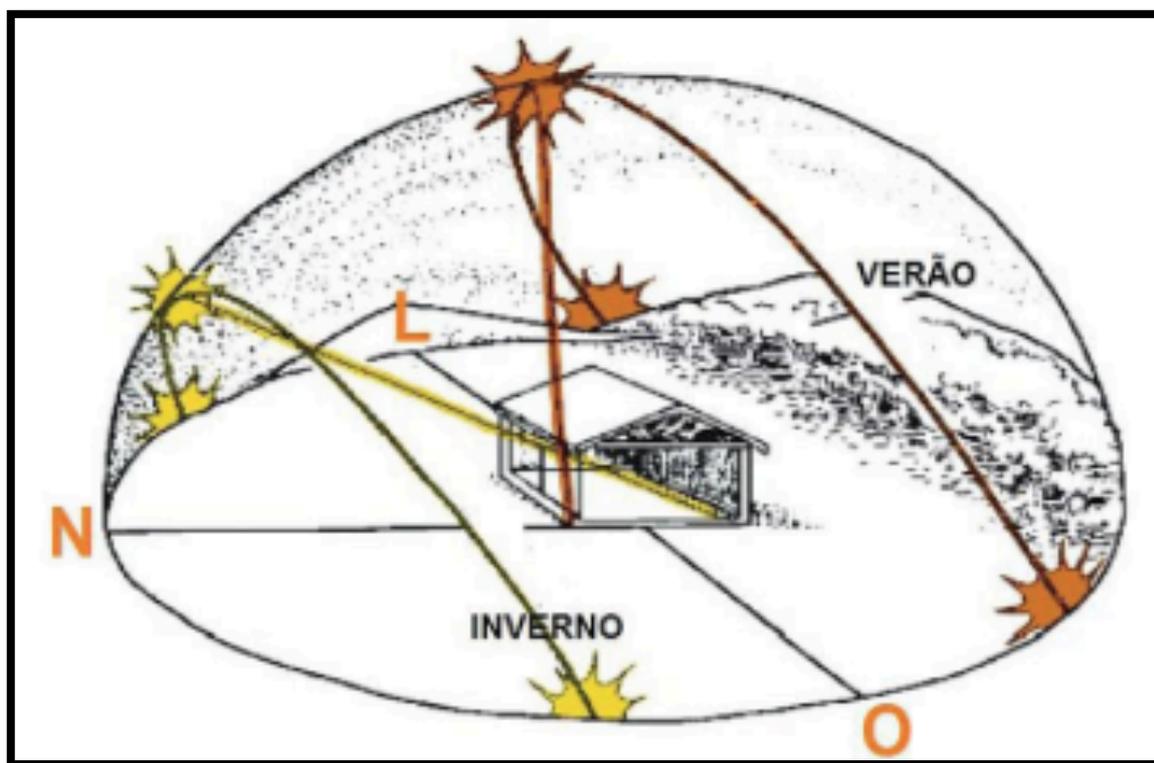
Figura 4 - Radiação solar global diária - média anual típica (Wh/ m<sup>2</sup>.dia)



Fonte: ANEEL, s.d.

Assim, a posição ideal para os painéis fotovoltaicos no Brasil é voltado para o Norte, pois o sol nasce no Leste, sobe inclinado para o Norte e se põe no Oeste (conforme figura 5). Contudo, se não há possibilidade de posicionar as placas nesta formatação, as mesmas podem ser instaladas com as faces voltadas ao Leste e Oeste, pois assim a perda da geração de energia não é tão grande (PORTAL SOLAR, 2017).

Figura 5- Esquema de posição do Sol



Fonte: Portal Solar, 2017

### 2.1.3 O processo de conversão de energia elétrica

O funcionamento do processo de conversão de energia solar fotovoltaica em energia elétrica pode ser explicada rapidamente, segundo o Portal Solar (2017), da seguinte forma:

A luz do sol é composta de pequenas partículas de fótons. As células fotovoltaicas (PV) são constituídas por no mínimo duas camadas de semicondutores, onde uma contém carga positiva e a outra carga negativa.

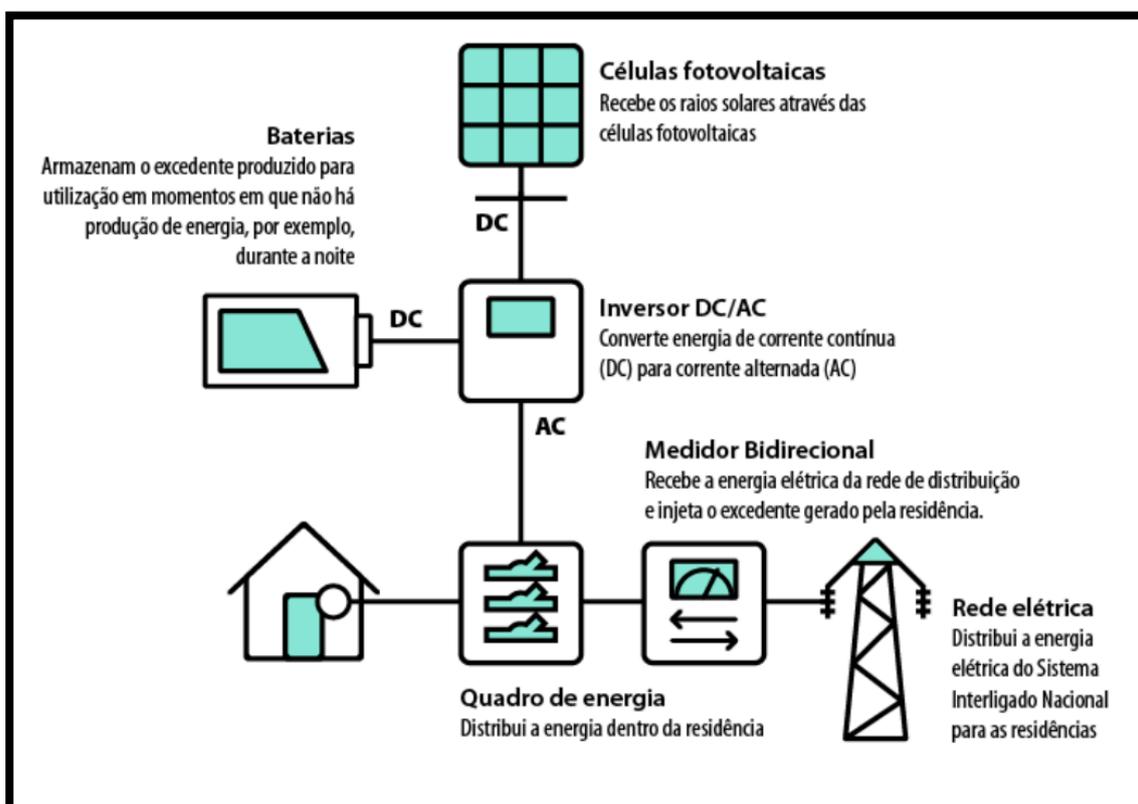
Quando fótons suficientes são absorvidos pela camada negativa da célula fotovoltaica, os elétrons são liberados do material semicondutor negativo.

Devido ao processo de fabricação da camada positiva, estes elétrons liberados naturalmente migram para a camada positiva criando um diferencial de tensão, semelhante a uma bateria. Quando as duas camadas são conectadas a uma carga externa, os elétrons fluem através do circuito criando eletricidade.

Ademais, os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em isolados ou conectados à rede. “Em ambos os casos, podem operar a partir apenas da fonte fotovoltaica ou combinados com uma ou mais fontes de energia, quando são chamados de híbridos” (GTES, 2014). O que determina qual delas utilizar é a aplicação e/ou disponibilidade dos recursos energéticos.

A seguir, na figura 6, pode-se observar como ocorre a geração de energia elétrica a partir da energia solar fotovoltaica.

Figura 6 – Ilustração da geração de energia solar fotovoltaica



Fonte: EBC, 2017

Portanto, um sistema fotovoltaico é constituído por um bloco gerador (módulos fotovoltaicos em diferentes associações, o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura de suporte) e um bloco de condicionamento de potência (pode conter conversores, seguidor de ponto de potência máxima, inversores, controladores de carga quando tiver armazenamento, e outros dispositivos de proteção, supervisão e controle), podendo ainda ter um bloco de armazenamento, que é constituído por baterias e outras formas de armazenamento de campo elétrico, campo magnético, energia mecânica e hidrogênio.

Existem diversos materiais semicondutores para compor a célula fotovoltaica, como por exemplo, o carbono (C), o fósforo (P) e o Selênio (Se), mas segundo GREEN *et al.* (2000, apud ANEEL, s.d) entre os mais adequados para esta conversão destaca-se o silício (Si) cristalino.

A eficiência da conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células fotovoltaicas fabricadas com diferentes materiais e tecnologias apresentam um índice de eficiência de 37,7% e as melhores células de Si fabricadas em laboratório tem eficiência de 25% (GTES, 2014).

Portanto, existem alguns fatores que limitam a eficiência de conversão de uma célula fotovoltaica, sendo elas:

1) reflexão na superfície frontal; 2) sombra proporcionada pela área da malha metálica na face frontal; 3) absorção nula de fótons de energia menor do que o *gap* ( $E_f < E_g$ ); 4) baixa probabilidade de coleta [...]; 5) recombinação dos portadores de carga, isto é, o ‘reencontro’ dos elétrons e lacunas em impurezas e defeitos do material; e 6) resistência elétrica no dispositivo e nos contatos metal-semicondutor, bem como possíveis caminhos de fuga da corrente elétrica.

No entanto, na produção da energia solar fotovoltaica também pode ocorrer o excedente. Este é injetado na rede elétrica criando-se assim um “crédito de energia”. De acordo com a Resolução Normativa nº 482/2012, o “crédito de energia” não pode ser revertido em dinheiro, porém pode ser utilizado, em no máximo 60 (sessenta) meses, para abater o consumo da unidade consumidora nos meses seguintes ou em outras unidades do mesmo titular que estejam na mesma área de concessão.

#### **2.1.4 Vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica**

A energia solar fotovoltaica tem vantagens e desvantagens. De acordo com o Portal Solar (2017) entre as vantagens pode-se citar:

- I) Ser um recurso totalmente renovável, sustentável e inesgotável;
- II) Fácil instalação;
- III) Não polui durante a operação;
- IV) Não produz ruído durante a operação;
- V) Baixo custo de operação;
- VI) Não necessita de manutenção periódica;
- VII) Proteção contra oscilação de custos de geração de energia elétrica no Brasil;
- VIII) Proteção contra a oscilação de energia elétrica no Brasil;
- IX) Contribui para evitar o aquecimento global, ou seja, redução de emissões de gases de efeito estufa;

- X) Pode ser utilizada em áreas isoladas e sem energia elétrica; e
- XI) Valorização do imóvel ou da empresa.

Além das vantagens já citadas, de acordo com BRASIL (2018) a energia solar fotovoltaica reduz os gastos com energia elétrica seja pelo população, empresas ou poder público, racionaliza os investimentos em infraestrutura de transmissão e distribuição, reduz as perdas elétricas e aumenta a eficiência e eficácia do Sistema Interligado Nacional, gera empregos locais e de qualidade, e otimiza a gestão da complementariedade energética entre as diversas fontes renováveis pela utilização racional dos reservatórios de recursos hídricos de usos múltiplos.

Dentre as desvantagens, de acordo com o Portal Solar (2017) e a eCycle [entre 2010 e 2019], encontram-se:

- I) Poluição durante a fabricação das placas fotovoltaicas;
- II) Impacto socioambiental causado pela matéria-prima Silício;
- III) Alto custo na instalação;
- IV) Não produz energia no período da noite;
- V) Variação na produção de energia durante dias chuvosos/nublados;
- VI) Queima não intencional de pássaros;
- VII) O descarte dos painéis deve receber destinação apropriada, pois o mesmo apresenta potencial de toxicidade; e
- VIII) A reciclagem dos painéis ainda não é satisfatório.

Nota-se aqui, de acordo com o Portal Solar (2017), que para produzir os painéis fotovoltaicos há muito gasto de energia, porém durante a vida útil estes geram 20 vezes mais energia. Por tal motivo diz-se que energia solar fotovoltaica não polui. Além disso, os painéis não necessitam de manutenção porém necessitam de uma limpeza anual. Destaca-se aqui que a Lei 10.370/18 informa que “a geração de energia elétrica renovável a partir da fonte solar fotovoltaica possui baixo impacto ambiental ao longo de todo o seu ciclo de vida e contribui para o atingimento das metas de reduções de emissões de gases de efeito estufa do Brasil” (BRASIL, 2018).

Ademais, sabe-se que o investimento inicial para a instalação da energia fotovoltaica é alto, porém durante sua operação o mesmo reduz os valores das contas de luz e deve-se considerar também a vida útil dos painéis, economicamente viável e com um tempo de retorno financeiro apazível.

Além das observações anteriores, a seguir será abordado alguns tópicos que corroboram com as vantagens financeiras e ambientais da energia solar fotovoltaico de acordo com o Portal Solar (2017):

- I) Um sistema de energia solar fotovoltaica pode reduzir a sua conta de luz em até 95%;
- II) Levando em consideração a vida útil de um sistema de energia solar fotovoltaica, que é maior que 25 anos, a energia solar pode ser 50% mais barata, ou mais, que a energia convencional que é comprado da distribuidora;
- III) Um aquecedor solar pode economizar até 70% no gasto com aquecimento de água de uma residência;
- IV) A energia solar fotovoltaica se paga ao longo do tempo, além de gerar benefícios ao meio ambiente;
- V) Um sistema fotovoltaico de 3kWp, sistema padrão para residências de médio porte, em 20 anos de funcionamento vai produzir energia renovável suficiente para evitar que 99.000 kg de CO<sub>2</sub> sejam emitidos na atmosfera. Isto equivale a plantar 320 árvores ou tirar 100 carros da estrada.

A partir destas informações é notório que para a energia solar fotovoltaica há mais vantagens do que desvantagens, logo utilizar esta energia ao invés da energia elétrica convencional é viável ambiental e economicamente.

### **2.1.5 Como definir a quantidade de placas solares fotovoltaicas e qual o investimento médio necessário para se ter esta energia?**

Inicialmente deve ser feita uma medição da radiação solar na superfície terrestre desejada para identificar as variações de intensidade da mesma ao longo do ano, para assim verificar a viabilidade da instalação do sistema fotovoltaico. Após ser identificado como viável pode-se selecionar a localização mais adequada para a instalação do sistema, dimensionar o gerador fotovoltaico, calcular a produção de energia anual, mensal e diária, e estabelecer estratégias operacionais e dimensionamento do sistema de armazenamento em caso de sistemas isolados (GTES, 2014).

Esta radiação pode ser medida através de equipamento próprio, o piranômetro, ou através de satélites, ou ainda através de correlações com outras variáveis meteorológicas, como por exemplo, quantidade de horas de insolação e a nebulosidade. Sendo que esta última deve ter um cuidado

especial, pois ao analisar diversas fontes distintas pode existir discrepância entre as informações, assim o ideal é utilizar como base os piores dados (GTES, 2014).

No entanto, o Portal Solar (2017) afirma que de forma genérica, as faces dos painéis fotovoltaicos voltados para o Norte e sem sombreamento que atrapalhe deve ter aproximadamente 7 (sete) m<sup>2</sup> de placa para cada 1 (um) Kwp instalado.

Os painéis fotovoltaicos variam de acordo com produção, como por exemplo, 170 watts ou 240 watts, porém o mais importante é o tamanho do sistema fotovoltaico. Este tamanho “depende da potência total produzida a partir dos painéis fotovoltaicos” (Portal Solar, 2017).

Para avaliar o tamanho ideal do sistema fotovoltaico deve-se também analisar a conta de luz do local, os hábitos de consumo e o local disponível para a instalação do sistema solar fotovoltaico.

Já o investimento médio necessário varia de acordo com o consumo. O preço da placa solar é negociado em dólares por Watt. Em média, pode-se dizer que para uma residência a energia solar fotovoltaica custa em média R\$ 20.000,00 (vinte e mil reais), já para uma empresa de médio porte a energia solar fotovoltaica custa em média R\$100.000,00 (cem mil reais), enquanto para uma indústria a energia solar fotovoltaica pode custar mais de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais).

O investimento no sistema inicialmente é caro, porém a longo prazo compensa, além de ser uma produção de energia renovável, limpa e sustentável com a luz do sol.

## **2.2 Unidades de Conservação Federais brasileiras que utilizam energias renováveis**

Existem no Brasil 959 (novecentos e cinquenta e nove) Unidades de Conservação de esfera administrativa Federal, sendo que dentre elas apenas 34 (trinta e quatro) Unidades utilizam alguma fonte de energia renovável. No entanto, destas UCs apenas 15 (quinze) delas realmente utilizam alguma fonte de energia renovável, totalizando assim 1,5% do total de UCs Federais brasileiras (SILVA *et al.*, 2019).

Ainda de acordo com SILVA *et al.* (2019) a matriz energética dessas Unidades de Conservação é composta pelas energias: elétrica convencional, solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, hidroelétrica e carvão produzidos a partir da casca do babaçu. Sendo que dentre as energias renováveis, a energia solar térmica e a fotovoltaica são a mais utilizadas respectivamente.

Assim, entre as 15 (quinze) UCs que utilizam energias renováveis, 6 (seis) delas utilizam energia solar fotovoltaica, sendo elas: PARNA das Anavilhanas, ESEC de Maracá, PARNA do

Caparão, PARNA do Juruena, REBIO do Jaru e REBIO do Uatamã. No entanto, apenas as 3 (três) últimas Unidades tem esta energia em pleno funcionamento e a REBIO Uatamã utiliza também a fonte solar térmica e hidroelétrica.

Foi verificada uma outra Unidade de Conservação que utiliza energia solar fotovoltaica que não se encontrava registrada no Cadastro Nacional das Unidades de Conservação – CNUC, esta Unidade é a Floresta Nacional Restinga de Cabedelo, que fica localizada em João Pessoa - Paraíba. De acordo com o ICMBio (2007) para a instalação desse sistema na Floresta foi necessário um investimento de R\$750 mil (setecentos e cinquenta mil) e acredita-se que a recuperação deste valor aconteça entre 6 (seis) e 8 (oito) anos. Pelo fato do sistema já está implementado e em funcionamento, foi possível encontrar dados relevantes.

O projeto desse sistema “consiste numa planta de geração de energia elétrica por meio de fotocélulas, acopladas à rede de distribuição da Energisa, empresa concessionária de energia elétrica na Paraíba (ICMBio, 2017). O sistema foi dimensionado para ter capacidade de 75 kW no pico, com produção anual média de 95 mil kWh de energia e sem a emissão de 50 toneladas/ ano de CO<sub>2</sub>. Ademais, o mesmo serve como exemplo do uso de energia solar no ambiente urbano e aproxima a sociedade as energia renováveis (ICMBio, 2017).

Assim, de acordo com o ICMBio (2017) na FLONA com a energia solar fotovoltaica foram gerados em 4 (quatro) meses 49,1 mil kWh, o que evitou nesse mesmo período a emissão de 23.357,45 kg de CO<sub>2</sub> e ainda proporcionou uma economia de R\$ 33 mil (trinta e três mil reais) para a Unidade.

### **2.3 A radiação solar no Estado do Rio de Janeiro e na cidade de Macaé**

Macaé é uma cidade do Estado do Rio de Janeiro que contempla o Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual Norte Fluminense, nela está localizada desde dezembro de 2014 a Estação Solarimétrica 02 (ES2), uma das 35 (trinta e cinco) estações solarimétricas da rede do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (IEPUC, 2016).

A aquisição de dados de todos os sensores das estações solarimétricas é feita por um *datalogger* dedicado com uma taxa de amostragem de 60 Hz, cujos valores são integralizados a cada minuto e os valores médios, mínimos, máximos e os desvios padrões são armazenados. Após seu registro, os dados são integrados em período de 30 minutos e enviados para o servidor dedicado instalado na PUC-RIO via tecnologia GSM. Há ainda um *back-up* próprio em cada *datalogger* realizado em cartão *flash* com 2 GB de memória (IEPUC, 2016).

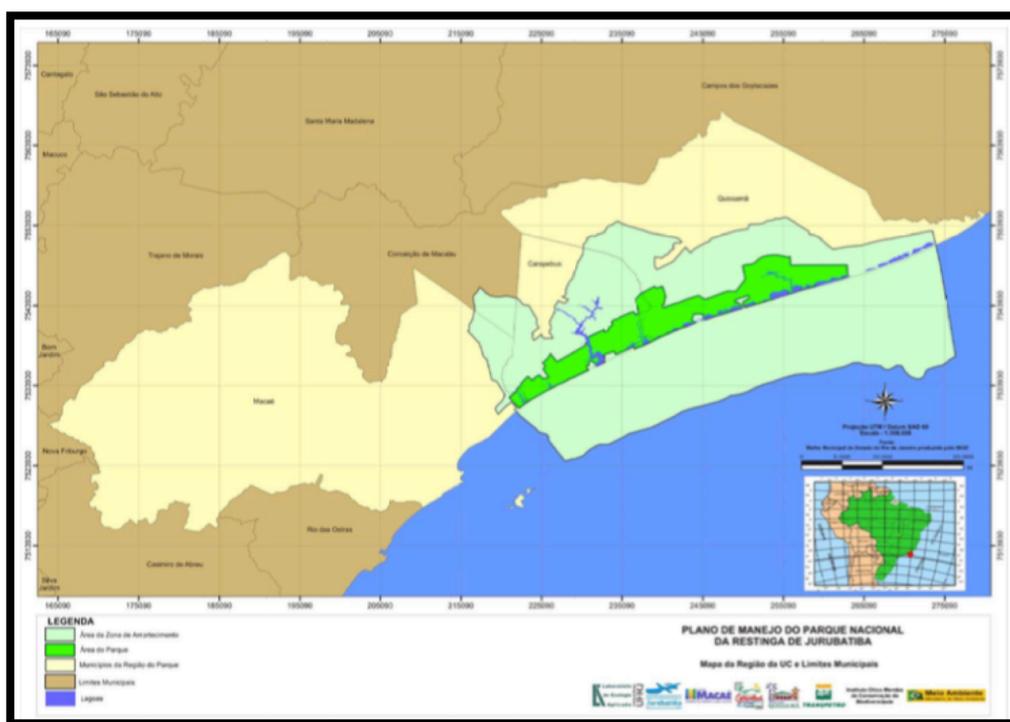
Ainda de acordo com IEPUC (2016) a irradiação solar sobre o Estado do Rio de Janeiro tem uma média anual de 4 a 5,5 kWh/m<sup>2</sup>. Além disso, a irradiação solar global diária “varia sazonalmente de 2,5 a 7,0 kWh/(m<sup>2</sup>.dia), com um período de mínimo no trimestre maio-junho-julho, onde as estações solarimétricas registram intensidade de irradiação na faixa de 3 a 4 kWh/(m<sup>2</sup>.dia)”. No entanto, no trimestre de dezembro-janeiro-fevereiro as taxas de irradiação são elevadas, com uma máxima de 7,5 kWh/(m<sup>2</sup>.dia).

Conclui-se que a radiação da cidade de Macaé é similar a radiação do Estado do Rio de Janeiro, sendo assim a mesma “possui uma irradiação solar global anual de 1.460 a 2.010 kWh/m<sup>2</sup>, abaixo das melhores localizações do país, [...] mas ainda assim maiores que a Alemanha, que possui um nível médio de 1.700 kWh/m<sup>2</sup>, país líder na instalação de sistemas fotovoltaicos, mesmo com esse nível de irradiação solar” (IEPUC, 2016).

## **2.4 Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba**

Criado em 1998 o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba é uma Unidade de Conservação federal, de proteção integral, administrada pelo ICMBio situada no norte do estado do Rio de Janeiro, abrangendo os municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã, onde a UC ocupa 0,2%, 22,2% e 12,53% desses municípios respectivamente (conforme figura 7). O mesmo está inserido na Macro-região Ambiental MRA-5 (conforma figura 8), ou Macro-região “Macaé – Lagoa Feia”, que é formada pela Bacia do Rio Macaé, Lagoa Feia e Zona Costeira adjacente. Está situado no bioma de Mata Atlântica e abrangem formações vegetacionais de restingas e suas lagoas costeiras associadas ou protegem ecossistemas costeiras de restingas e lagoas bem representativas da região norte fluminense. Assim, a UC possui aproximadamente 60 km de comprimento por 10 km de largura 17 lagoas costeiras, 14.860,00 hectares, 44 km de praias, grande beleza cênica e notável importância ecológica (CAMPOS, 2015; ICMBio, 2007; PEREIRA; MARTINS, 2012).

Figura 7 - Área do PARNA da Restinga de Jurubatiba



Fonte: Plano de Manejo do PARNA da Restinga de Jurubatiba, 2007

Figura 8 - Microregiões Ambientais do Estado do Rio de Janeiro



Fonte: Plano de Manejo do PARNA da Restinga de Jurubatiba, 2007

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente a UC tem como

objetivo básico é a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (BRASIL, 2002).

O PARNA da Restinga de Jurubatiba é um abrigo para diversas espécies de fauna e flora que em outras restingas do país estão em risco de extinção. Na flora é possível identificar formações vegetacionais que variam desde praia (formação rastejante), passando por arbustos esparsos, áreas permanentemente ou periodicamente alagadas, até as florestas altas nos locais mais distantes do mar, enquanto na fauna é possível encontrar crustáceos como siri, caranguejo e várias espécies de mariscos; peixes como acará, bagres, carapeba, entre outros; répteis como jacaré de papo amarelo, jibóia e cágado do brejo; aves de 140 espécies entre residentes e migratórias; e mamíferos como lontras, capivaras, cachorro do mato, entre outros (CAMPOS, 2015; MARTINS; AGAPITO; SANTOS, 2012; PEREIRA; MARTINS, 2012). Além disso já foram encontradas novas espécies na área.

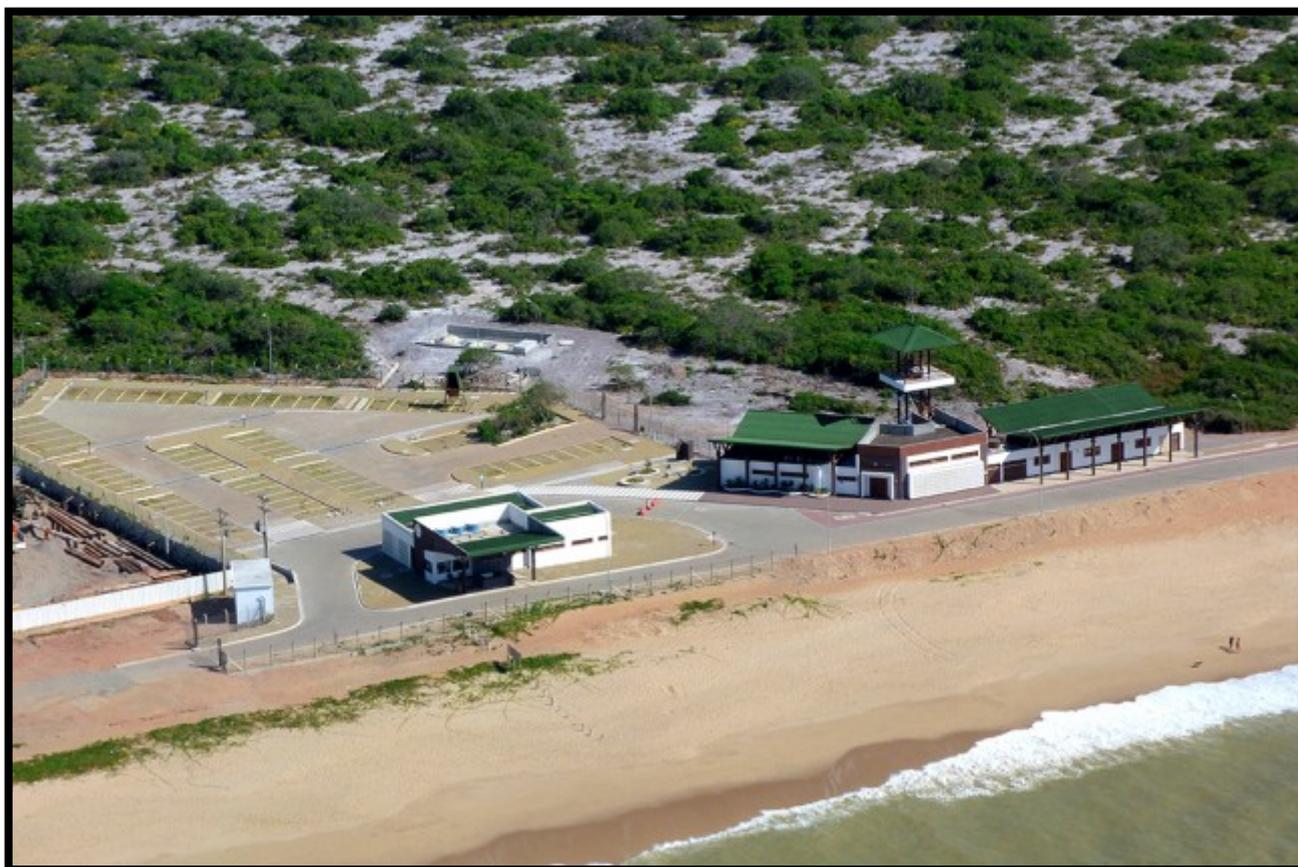
De acordo com os gestores do Parque, o mesmo destaca-se na promoção de pesquisas científicas e desde a sua criação foram feitas inúmeras atividades de educação ambiental na área que culminaram por contribuir para a formação de milhares de estudantes de Macaé e região.

Após a publicação do plano de manejo em 2008 as normas de visitação foram estabelecidas e os gestores do Parque Nacional perceberam a urgência em se construir na área um Centro de Visitantes que ao mesmo tempo garantisse a preservação da Unidade e proporcionasse melhor experiência de visitação e segurança à área (SILVA, 2015).

O Ministério Público Federal em Macaé (MPF) juntamente com o ICMBio e a Petrobras - por meio de um Termo de Ajustamento de Conduta relativo a vazamentos de água de produção na área do Parque entre os anos de 2001 e 2004 - estabeleceram uma parceria visando à construção do Centro de Visitantes próximo à lagoa de Jurubatiba, que dentre as lagoas é a mais visitada e se localiza na divisa dos municípios de Macaé e Carapebus. A estrutura do Centro de Visitantes foi pensada para ser ao mesmo tempo sustentável e capaz de receber com segurança e estrutura a grande quantidade de visitantes que lá passam o dia, em especial nos períodos de verão e férias. Assim, no ano de 2015 a UC inaugurou o grande Centro de Visitação no município de Macaé e dentre as estruturas construídas encontram-se diversos equipamentos direcionados à prática de educação ambiental, tais como: auditório, sala de exposição, torre de observação, trilhas interpretativas,

banheiros, estacionamento dentre outros (conforme figura 9). Desde então tem sido observado um incremento na utilização da área para práticas de educação ambiental (SILVA, 2015).

Figura 9 - Centro de Visitantes do PARNA da Restinga de Jurubatiba



Fonte: Mar sem fim – João Lara Mesquita, 2015

A visitação segundo o SNUC, deve ser cuidadosamente planejada para que possam cumprir os objetivos de sua criação, além de funcionar como uma ferramenta de conscientização para a sociedade sobre a importância da conservação da biodiversidade e com um vetor de desenvolvimento local e regional. Tornando assim os visitantes possíveis aliados do ICMBio na proteção e conservação das UC. Ressalta-se que o público alvo da UC envolve grupos escolares (da educação básica à superior) e também diversos outros segmentos: igrejas, empresas, associações, representações públicas, etc.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método utilizado no presente trabalho é o método descritivo-exploratório. E a metodologia pode ser dividida em 2 etapas, a saber:

- (i) Pesquisa bibliográfica – Abordagem geral sobre: PARNA da Restinga de Jurubatiba, energia solar fotovoltaica, a radiação solar e os painéis fotovoltaicos, o processo de conversão de energia elétrica, vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica, explicação sobre a quantificação de placas solares fotovoltaicas e o investimento médio necessário para ter o mesmo, Unidades de Conservação que utilizam a energia solar fotovoltaica e por fim a radiação solar no Estado do Rio de Janeiro e na cidade de Macaé.
- (ii) Pesquisa experimental – Levantamento de dados com os gestores do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba; e levantamento de dados para identificar a viabilidade do projeto de sistema solar fotovoltaico no PARNA da Restinga de Jurubatiba, a partir de simulações realizadas com três empresas distintas, sendo as duas primeiras em sites e a última com uma empresa própria de Macaé.

### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

#### 4.1. Energia Solar Fotovoltaica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba

Atualmente o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba tem sua matriz energética baseada exclusivamente na rede elétrica convencional. Pode-se observar no quadro 1 o gasto mensal em kWh de energia no Parque, compreendendo os meses entre junho de 2018 e maio de 2019, bem como os valores correspondentes aos mesmos.

Pode-se notar que o valor médio anual de energia é de 3.127 kWh. Além disso, os meses de julho, agosto e setembro são os meses que gastam mais energia, e estes correspondem ao período de inverno. E os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março são os meses que gastam menos energia, e estes correspondem ao período do verão. Observa-se ainda que os gastos mensais com as contas de luz são altos, tendo em média um valor de aproximadamente 2.845 (dois mil oitocentos e quarenta e cinco) reais.

Quadro 1 – Quantidade de energia em kWh e os valores pagos pelo PARNA da Restinga de Jurubatiba entre junho de 2018 e maio de 2019

<b>Mês/ano</b>	<b>kWh</b>	<b>Valor</b>
Junho 2018	3.552	3.494,39
Julho 2018	3.684	3.419,81
Agosto 2018	3.683	3.409,59
Setembro 2018	3.709	3.408,95
Outubro 2018	3.294	3.131,13
Novembro 2018	3.335	3.174,52
Dezembro 2018	2.835	2.663,97
Janeiro 2019	2.821	2.801,27
Fevereiro 2019	2.773	2.827,36
Março 2019	3.096	2.930,91
Abril 2019	3.102	2.860,44
Mai 2019	1.636	2.178,77

Fonte: Elaboração própria

Por tais motivos, os gestores do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba têm interesse em mudar a matriz energética do Parque de energia elétrica convencional para energia solar fotovoltaica. Afinal, este reduziria os gastos do Parque e utilizaria uma fonte renovável e limpa, sendo assim compatível com objetivo das UCs de Proteção Integral. Ademais, o mesmo pode servir de exemplo para outras UCs que tenham o mesmo desejo ou ainda para aquelas mais afastadas e que não utilizam energia elétrica.

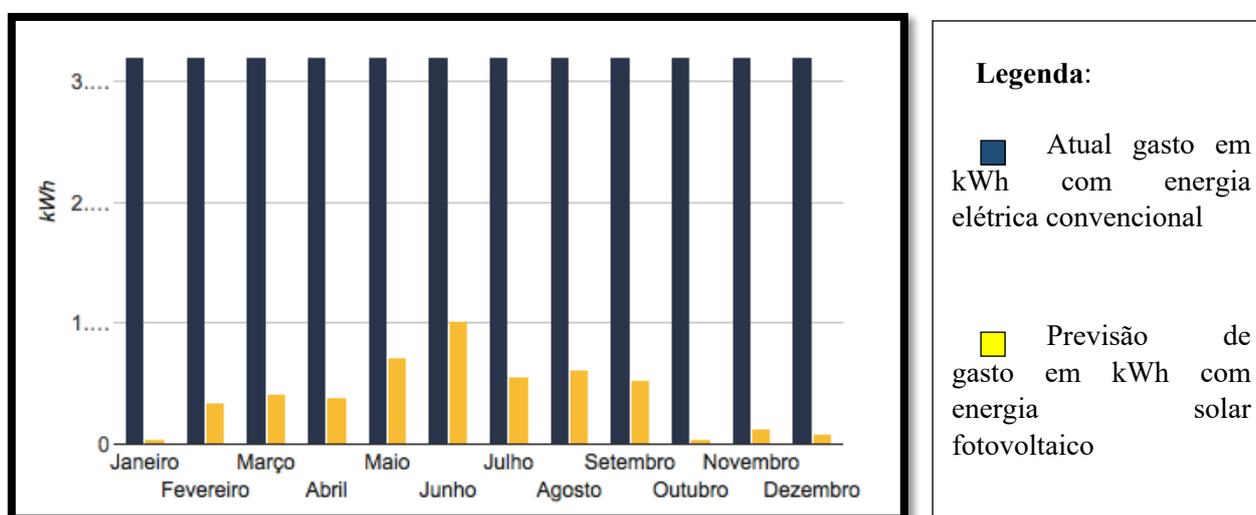
Para dimensionar o sistema fotovoltaico necessário para o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba foi necessário utilizar as informações da tabela 1 (kWh e valores). No entanto, os gestores do PARNA informaram o desejo de um dimensionamento maior a fim de uma geração excedente de energia. Para isso, foi avaliado o mês que teve o maior gasto de energia (setembro de 2018) com 3.709 kWh sendo pago um valor de R\$ 3.408,95 (três mil quatrocentos e oito reais e noventa e cinco centavos) e assim arredondou-se este valor para 4.000 kWh, o que daria um valor aproximado de R\$ 4.352 (quatro mil trezentos e cinquenta e dois reais).

Após estas informações 3 (três) empresas de energia solar fotovoltaica foram contatadas para realizar simulações e assim obter uma média.

- Primeira Simulação

A primeira empresa América do Sol (2019) informou que o sistema fotovoltaico necessitaria de uma inclinação de 23° e ocupar uma área entre 210 e 258 m<sup>2</sup>, pois o mesmo teria potência de 30,4kWp, com rendimento anual de 1.385 kWh/kWp e ainda seria evitado 12.334 kg/a de emissões de CO<sub>2</sub>. Além disso, sua geração fotovoltaica seria de 42,09 MWh, seu consumo seria da rede elétrica 6,04 MWh e o consumo total seria de 48 MWh. Ainda de acordo com a empresa, é visível na figura 10 a economia que a energia solar fotovoltaica traria para a Unidade.

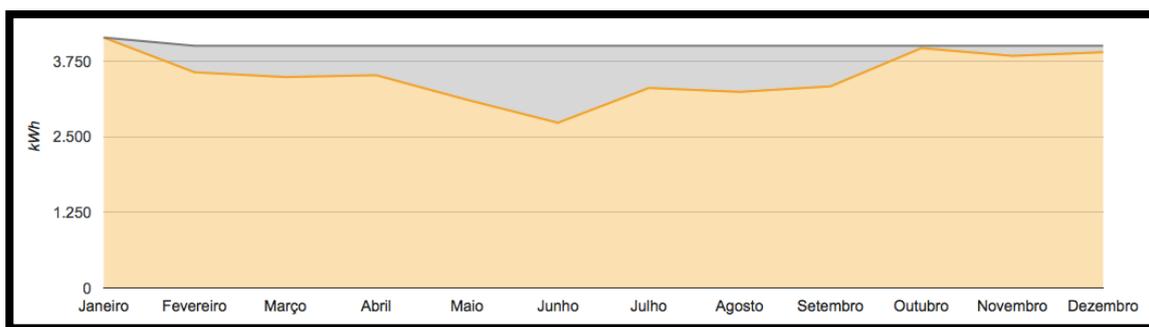
Figura 10 - O atual gasto de kWh do PARNA da Restinga de Jurubatiba e o gasto de kWh que teria com a energia solar fotovoltaica



Fonte: América do Sol (2019)

A figura 11 simula o consumo elétrico do PARNA da Restinga de Jurubatiba com um sistema fotovoltaico ligado à rede elétrica. Como pode ser observado a seguir, “a área cinza mostra uma estimativa de quanta eletricidade é fornecida pela rede elétrica, enquanto a parte amarela mostra o quanto seria gasto pelo sistema fotovoltaico” (AMÉRICA DO SOL, 2019). E a soma dessas duas áreas correspondem ao total consumido pela Unidade, conforme os valores fornecidos (arredondados para cima). Está geração solar é estimada segundo a radiação mensal média da cidade que a sede do PARNA está instalada (sendo assim Macaé/RJ) e a potência instalada, ou seja, o tamanho do sistema simulado.

Figura 11 – Total que seria consumido de energia elétrica e fotovoltaica



Legenda:



estimativa de eletricidade fornecida pela rede elétrica



estimativa de eletricidade fornecido pelo sistema fotovoltaico

Fonte: América do Sol (2019)

Observa-se a seguir na figura 12 como seria o consumo elétrico do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba com o sistema de energia solar fotovoltaico, onde é possível visualizar a demanda energética por mês, o quanto dessa energia é produzida pelo sistema fotovoltaico, quanto da rede elétrica seria consumido e por fim os créditos que seriam acumulados por mês. Destaca-se aqui “os créditos só irão aparecer quando o sistema fotovoltaico gerar mais energia do que o consumido no mês” (AMÉRICA DO SOL, 2019).

Figura 12 – Simulação do consumo elétrico do PARNA da Restinga de Jurubatiba

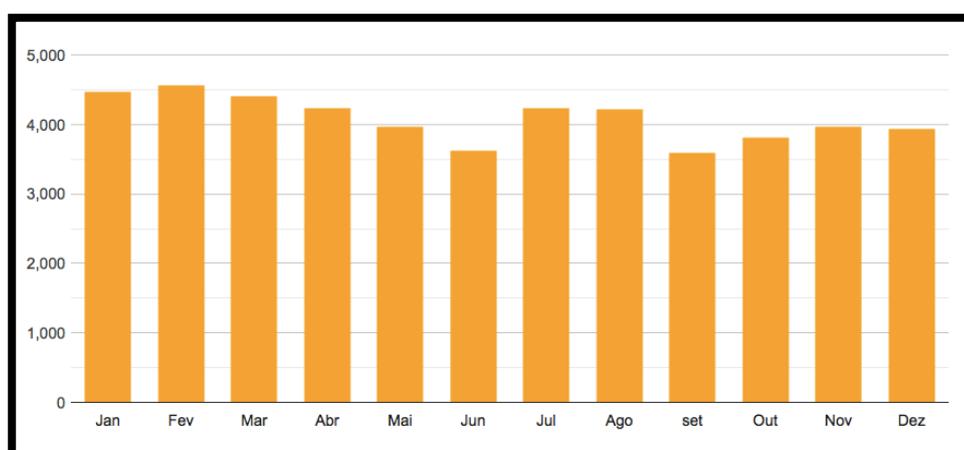
Mês	Eletricidade total consumida	Eletricidade gerada pelo sistema FV	Eletricidade fornecida pela rede	Creditos gerados
Janeiro	4.000,00 kWh	4.136,35 kWh	0,00 kWh	136,35 kWh
Fevereiro	4.000,00 kWh	3.562,46 kWh	437,54 kWh	0,00 kWh
Março	4.000,00 kWh	3.483,11 kWh	516,89 kWh	0,00 kWh
Abril	4.000,00 kWh	3.513,98 kWh	486,02 kWh	0,00 kWh
Maio	4.000,00 kWh	3.107,37 kWh	892,63 kWh	0,00 kWh
Junho	4.000,00 kWh	2.728,70 kWh	1.271,30 kWh	0,00 kWh
Julho	4.000,00 kWh	3.303,21 kWh	696,79 kWh	0,00 kWh
Agosto	4.000,00 kWh	3.238,14 kWh	761,86 kWh	0,00 kWh
Setembro	4.000,00 kWh	3.330,01 kWh	669,99 kWh	0,00 kWh
Outubro	4.000,00 kWh	3.961,56 kWh	38,44 kWh	0,00 kWh
Novembro	4.000,00 kWh	3.833,77 kWh	166,23 kWh	0,00 kWh
Dezembro	4.000,00 kWh	3.894,58 kWh	105,42 kWh	0,00 kWh
<b>Total Anual</b>	<b>48.000,00 kWh</b>	<b>42.093,24 kWh</b>	<b>6.043,11 kWh</b>	<b>136,35 kWh</b>

Fonte: América do Sol (2019)

- Segunda Simulação

A segunda simulação foi realizada com os mesmos dados informados na primeira simulação. Este teve os seguintes resultados: o gerador deveria ter potência instalada de 33 kWp, com uma área mínima de 264 m<sup>2</sup>, com um peso médio de 16 kg/m<sup>2</sup>. Para isso, seria necessário 100 (cem) placas de energia solar fotovoltaica de 330 Watts, o que forneceria ao Parque uma produção anual de energia de 48000 kWh/ano. Este sistema de energia solar fotovoltaica teria um custo médio de aproximadamente R\$ 126.539,00 (cento e vinte e seis mil quinhentos e trinta e nove reais).

Figura 13 – A produção anual de energia elétrica solar de acordo com a simulação 2



Fonte: Portal Solar, 2019.

Nota-se que estes valores da figura 13 podem “variar, para mais ou menos, de acordo com a complexidade da sua instalação, por exemplo: altura do telhado, distância do local de instalação, rede local, superfície (solo ou telhado), marca dos equipamentos, origem dos equipamentos, etc.” (PORTAL SOLAR, 2019).

- Terceira Simulação

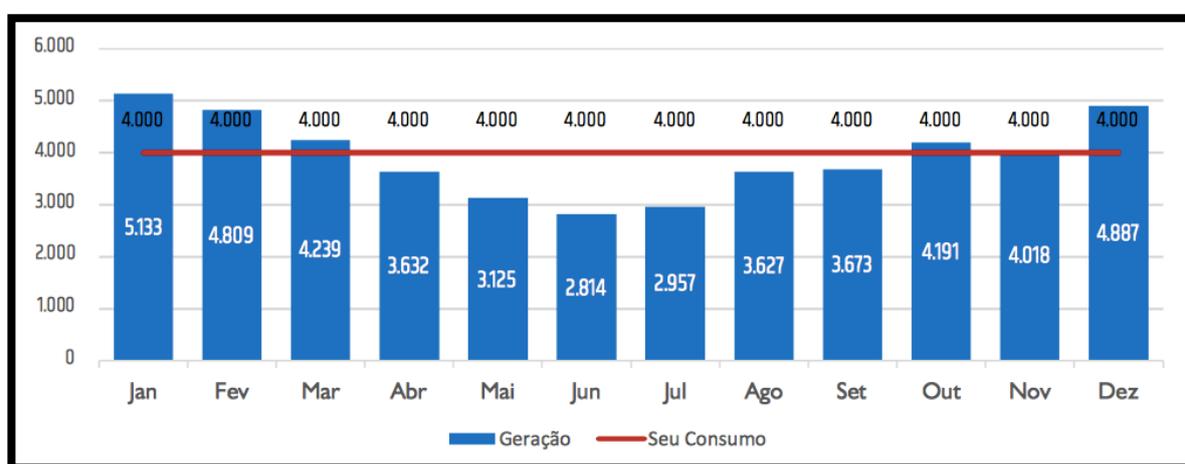
A última simulação foi realizada com uma empresa de Macaé. Os dados fornecidos para a mesma, foram os mesmos dados fornecidos para as demais simulações.

Athie (2019) informou que o sistema proposto necessitaria de uma geração média de 3.925 kWh, com uma potência pico de 32,34 kWp e que cada Watt teria o custo de R\$ 3,48 (três reais e quarenta e oito centavos). Além disso, este sistema teria um peso total de 1.890 kg (mil oitocentos e

noventa quilos) e para isso necessária de uma área de aproximadamente 167 m<sup>2</sup> (cento e sessenta e sete metros quadrados).

Na figura 14 é possível visualizar a relação do consumo médio do Parque conforme foi fornecido a empresa (4.000 kWh) e da estimativa de geração da energia solar fotovoltaica durante o período de um ano. Nota-se que durante os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro a geração de energia seria excedente, enquanto nos meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro a geração de energia seria inferior ao necessário, sendo preciso completar com a energia da rede elétrica (Athie, 2019).

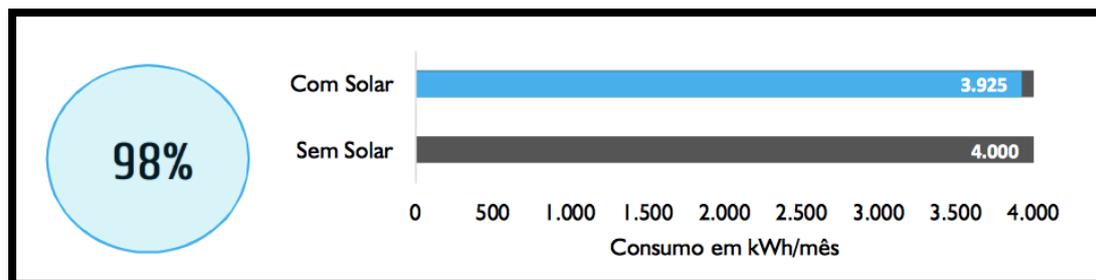
Figura 14 – Consumo vs Estimativa de geração



Fonte: Athie, 2019.

Além disso, Athie (2019) relata conforme figura 15 que existiria uma redução de 98% do consumo mensal de energia elétrica, pois a energia elétrica consome por mês 4.000 kWh, enquanto com a energia solar consumiria 3.925 kWh. Nota-se, porém que esta redução não poderia chegar a 100%, pois existe uma taxa mínima de 100 kWh todo mês.

Figura 15 – Redução do consumo mensal



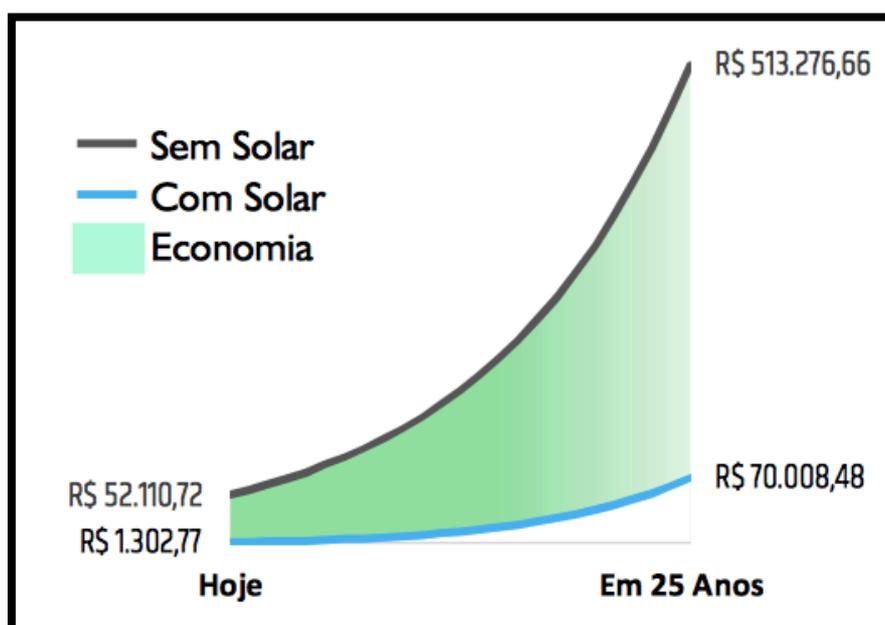
Fonte: Athie, 2019.

Para instalar o sistema de energia solar fotovoltaico Athie (2019) relata que o investimento seria de R\$ 112.564,00 (cento e doze mil quinhentos e sessenta e cinco reais), sendo este distribuído entre equipamentos (*kit* fotovoltaico + frete) no valor de R\$ 81.300,00 (oitenta e um mil e trezentos e trinta reais), um transformador de 40 kVA no valor de R\$ 4.121,00 (quatro mil cento e vinte e um reais) e os serviços (projeto + instalação + homologação) no valor de R\$ 27.143,00 (vinte e sete mil cento e quarenta e três reais). Apesar do alto valor no investimento, o retorno financeiro do mesmo ocorreria entre 2 (dois) e 3 (três) anos (ATHIE, 2019).

A simulação ainda informa que os equipamentos seriam entregues em um prazo de 10 a 20 dias e que a homologação mais a instalação ocorreriam em um prazo de até 90 dias. Ademais, os módulos teriam uma garantia de 10 anos, o inversor uma garantia de 5 anos, a estrutura uma garantia de 15 anos e os serviços teriam uma garantia de 1 ano.

Com tudo Athie (2019) demonstra ainda que a redução da conta de luz seria de 90%, tendo uma economia anual de R\$ 50.808,00 (cinquenta mil e oitocentos e oito reais), que em 25 anos daria um total de R\$ 4.613.052,00 (quatro milhões, seiscentos e treze mil e cinquenta e dois reais), o equivalente a 2.776 (dois mil setecentos e setenta e seis) árvores. A seguir, na figura 16 é possível verificar o valor da conta de luz atual e daqui a 25 anos tanto com a energia elétrica convencional, quanto com a energia solar fotovoltaica.

Figura 16 – Valor anual da conta de luz atual e em 25 anos



Fonte: Athie, 2019.

A partir dos dados coletados com os gestores do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e os dados coletados nas três simulações foi possível realizar o levantamento de um projeto de sistema solar fotovoltaico, pois o mesmo necessita de 7 (sete) etapas, sendo eles:

- i) Levantamento adequado do recurso solar disponível no local;
- ii) Definição da localização;
- iii) Levantamento adequado de demanda e consumo de energia elétrica;
- iv) Dimensionamento do gerador fotovoltaico - quantidades de placas necessárias;
- v) Dimensionamento dos equipamentos de condicionamento de potência;
- vi) Dimensionamento do sistema de armazenamento; e
- vii) Tempo de retorno financeiro.

A primeira etapa trata do levantamento do recurso solar disponível no Parque, lembrando o mesmo se encontrar nas cidades de Quissamã, Carapebus e Macaé que pertencem ao Estado do Rio de Janeiro, logo o estudo utilizado para este recurso foi o do Estado. Sendo assim, a irradiação solar global diária varia sazonalmente de 2,5 a 7,0 kWh/(m<sup>2</sup>.dia), tendo uma média anual de 4 a 5,5 kWh/m<sup>2</sup>, assim a irradiação solar global anual é de 1.460 a 2.010 kWh/m<sup>2</sup>.

A etapa seguinte trata da definição da localização das placas solares fotovoltaicas, que para o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba foi previamente definida pelos gestores. Existe por parte dos mesmos o interesse de utilizar o espaço do estacionamento da Unidade, para isso a área que é de 2.000 m<sup>2</sup> (dois mil metros quadrados) deverá ser coberta para que os veículos permaneçam na sombra enquanto estacionados e a cima dessa cobertura seria instaladas as placas solares.

Já a terceira etapa é para definir a demanda e o consumo de energia elétrica, sendo que

Demanda é a potência total que a instalação está utilizando em um determinado momento, enquanto o consumo é a demanda multiplicada pelo tempo de utilização, ou seja, a soma das potências de todos os equipamentos ligados vezes o número de horas que ficaram ligados. Comercialmente falando, a distribuidora compra um montante de energia (demanda contratada) e fica incumbida de fornecer essa potência mensalmente ao cliente (ENERGISA, 2019).

Logo, com base nas contas de luz em um período de um ano foi possível identificar que a demanda contratada é de 30 kW e o consumo tem média anual de aproximadamente 2150 kWh.

A quarta etapa é para dimensionar o gerador fotovoltaico, ou seja, a quantidade de placas fotovoltaicas que serão necessárias para suprir a necessidade do estabelecimento. No caso aqui

estudado e de acordo com as simulações foi possível identificar que para o PARNA seriam necessárias 100 placas fotovoltaicas, o que ocuparia cerca de 264 m<sup>2</sup> com um peso médio de 16 kg/m<sup>2</sup>.

A quinta etapa é para dimensionar os equipamentos que seriam necessários para instalar/operar a energia solar fotovoltaica, que de acordo com as simulações, encontra-se dentre eles: *kit* fotovoltaico, um gerador de 33 kWp de potência, 100 placas fotovoltaica de 330 Watts e um transformador de 40 kVA.

A penúltima etapa seria para dimensionar o sistema de armazenamento da energia solar fotovoltaica, porém nenhuma das três simulações informaram sobre o mesmo. Ademais, instalar este sistema de armazenamento não é de interesse dos gestores do PARNA da Restinga de Jurubatiba.

A sétima e última etapa seria o tempo de retorno financeiro, ou seja, o tempo que levaria para o gasto na implementação do sistema solar fotovoltaico se pagar (através da diminuição dos valores das contas de luz), que de acordo com Athie (2019) seria de 2 (dois) a 3 (três) anos, pois o valor médio para a instalação do sistema seria de R\$ 119.552,00 (cento e dezenove mil e quinhentos e cinquenta e dois reais).

Portanto, de acordo com o estudo e as simulações realizados nessa dissertação foi verificada a viabilidade econômica e socioambiental da instalação de um sistema solar fotovoltaico no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.

Este resultado pode ser atribuído a: produção de energia renovável e mais limpa durante sua operação; menos 12.334 kg/a de emissões de CO<sub>2</sub>; com uma produção mensal de energia superior ao necessário, ou seja, superior a 4000 kWh/mês durante pelo menos 6 (seis) meses do ano; redução de 98% do consumo mensal de energia elétrica, já que a energia solar fotovoltaica consumiria 3.925 kWh; e por fim o sistema teria um custo médio de R\$ 119.552,00 (cento e dezenove mil e quinhentos e cinquenta e dois reais) com um *payback* de 2 (dois) a 3 (três) anos. Ademais, de acordo com as simulações foi possível identificar que para o PARNA seriam necessárias em média 100 placas fotovoltaicas de 330 Watts (o que ocuparia cerca de 264 m<sup>2</sup> com um peso médio de 16 kg/m<sup>2</sup>), *kit* fotovoltaico, um gerador de 33 kWp de potência e um transformador de 40 kVA, destaca-se que não foi possível dimensionar o sistema de armazenamento da energia. Ademais, os gestores do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba definiram previamente que as placas fotovoltaicas seriam instaladas no estacionamento da Unidade que tem uma área de 2.000 m<sup>2</sup> (dois mil metros quadrados) e que deverá ser coberta para que os veículos permaneçam na sombra enquanto estacionados.

## 5. CONCLUSÃO

Para utilizar a energia solar fotovoltaica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba seriam necessárias em média 100 (cem) placas fotovoltaicas de 330 Watts (o que ocuparia cerca de 264 m<sup>2</sup> com um peso médio de 16 kg/m<sup>2</sup>), kit fotovoltaico, um gerador de 33 kWp de potência e um transformador de 40 kVa. Destaca-se que não foi possível dimensionar um sistema de armazenamento de energia para o PARNA.

Ademias, os gestores do Parque definiram previamente que as placas fotovoltaicas seriam instaladas no estacionamento da Unidade, que tem uma área total de 2.000 m<sup>2</sup> (dois mil metros quadrados) e que deverá primeiramente ser coberto com o objetivo de fazer sombra no local.

Portanto, pode-se constatar que existe viabilidade econômica e socioambiental da instalação de um sistema solar fotovoltaico no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. E este resultado pode ser atribuído a 6 (seis) fatores, sendo eles: produção de energia renovável e mais limpa durante sua operação, menos 12.334 kg/a de emissões de CO<sub>2</sub>, produção mensal de energia superior ao necessário (4000 kWh/mês) durante pelo menos 6 (seis) meses do ano, redução de 98% do consumo mensal de energia elétrica, o sistema teria um custo médio de R\$ 119.552,00 (cento e dezenove mil quinhentos e cinquenta e dois reais) e por fim, o mesmo teria um retorno financeiro de 2-3 anos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **03 - Energia Solar**. Brasília, DF: s.d. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia\\_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)

América do Sol. **Resultado de Simulação**. Disponível em: [http://americadosol.org/simulador/simulation.php?id=371522&session=167d5ad841dede99e75fdaebl6ad0f0&id\\_s=1](http://americadosol.org/simulador/simulation.php?id=371522&session=167d5ad841dede99e75fdaebl6ad0f0&id_s=1)

ATHIE, Javier. **Proposta comercial preliminar para implantação de sistema fotovoltaico**. Macaé, RJ: EcoResidência, 2019.

Atlas Rio Solar: atlas solarimétrico do Estado do Rio de Janeiro / organização: IEPUC – Instituto de Energia da PUC-Rio; [realizado pela EGPEnergia e PUC-Rio]. – Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2016. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/wp-content/uploads/2017/04/atlas-rio-solar-ambiente-energia.pdf>.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição [da] Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)

BRASIL. Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006, Institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas – PNAP, seus princípios, diretrizes, objetivos e estratégias, e da outras providências. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 abr. 2006. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/decreto/d5758.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5758.htm)

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, Aprova o código florestal. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 jan. 1934. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1930-1949/d23793.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm)

BRASIL. **Lei Federal nº 13.169**, de 06 de outubro de 2015. Altera a Lei nº 7.689, de 15 de dezembro de 1988, para elevar a alíquota da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido – CSLL em relação às pessoas jurídicas de seguros privados e de capitalização e às referidas nos incisos I a VII, IX e X do § 1º do art. 1º da Lei complementar nº 105, da 10 de janeiro de 2001, altera as Leis nº 9.808, de 20 de julho de 1999, 8.402, de 8 de janeiro de 1992, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 11.033, de 21 de dezembro de 2004, 12.715, de 17 de setembro de 2012, 9.249, de 26 de dezembro de 1995, 11.484, de 31 de maio de 2007, 12.973, de 13 de maio de 2014, 10.150, de 21 de dezembro de 2000, e 10.865, de 30 de abril 2004; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 de outubro de 2015. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113169.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113169.htm)

BRASIL. **Lei nº 9.795**, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação ambiental e dá outras providencias. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321>

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>

BRASIL: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. Sala de Recursos Multifuncionais: espaços para o Atendimento Educacional Especializado. Brasília: MEC/SEESP, 2006.

\_\_\_\_\_. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes. **Contribuição da pós-graduação brasileira para o desenvolvimento sustentável: Capes na Rio+20** / Brasília: Capes, 2012. 194p.

BRASIL, **Projeto de Lei nº 10.370**, de 06 de junho de 2018. Institui a Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica – PRONASOLAR e da outras providências. Brasília, DF, 06 jun. 2018. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=726A89DE41508C3AC2DA82575123C57B.proposicoesWebExterno2?codteor=1669732&filename=Avulso+-PL+10370/2018](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=726A89DE41508C3AC2DA82575123C57B.proposicoesWebExterno2?codteor=1669732&filename=Avulso+-PL+10370/2018)

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 14**, de 26 de abril de 2012. Recomenda a adoção da Estratégia Nacional de Comunicação e Educação Ambiental em Unidades de Conservação – ENCEA. Publicado no DOU

BRUGUER, P. **Educação Ambiental ou Adestramento Ambiental?** 3.ed. Editora Argos, 2004. CAMPOS, Romulo. **Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba**. Rio de Janeiro: 2015.

eCycle. **Energia solar: o que é, vantagens e desvantagens**. [entre 2010 e 2019]. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/57-plastico/2890-energia-solar>.

ENERGISA. **Central de ajuda: Qual a diferença entre demanda e consumo?**. Rio de Janeiro: 2019. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/ajuda/paginas/pergunta.aspx?rid=363#>.

Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.

ICMBio, 2007. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba**. Rio de Janeiro: 2007. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/parna\\_jurubatiba.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/parna_jurubatiba.pdf)

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Parques Nacionais**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://mapas.icmbio.gov.br/i3geo/icmbio/mapa/interno/home.html?1bhjhr4leb5j9qsgmbu1dlicj4>

MARTINS, Rodrigo Lemes; AGAPITO, Bárbara de Pinho; SANTOS, Marcos Cezar. **Guia das trilhas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba**. Macaé: NUPEM/UFRJ, 2012.

MERGULÃO, Maria Cornélia; VASAKI, Beatriz. N. G. **Educando para a conservação da Natureza: Sugestões de Atividades em Educação Ambiental**. São Paulo: EDUC, 1998. [1]<sup>[SEP]</sup>  
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Unidades de Conservação**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/usuarios-permitidos/item/368>

\_\_\_\_\_. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-gerar-relatorio-de-uc.html>

\_\_\_\_\_. **Projeto de energia solar avança em UC na Paraíba**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/8901-projeto-de-energia-solar-avanca-em-uc-na-paraiba>

PEREIRA, Frederico Meireles; MARTINS, Rodrigo Lemes. **Atrativos do PARNA da Restinga de Jurubatiba: Turismo e Educação Ambiental**. Macaé: NUPEM/UFRJ, 2012.

PORTAL SOLAR. **Energia Renovável**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-renovavel.html>

\_\_\_\_\_. **Simulador Solar**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>.

PRIMACK, Richard B.; RODRIGUES, Efraim. **Biologia da Conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001. p.201.

SILVA, F. A. P. **Relatório de Iniciação Científica Centro de Visitantes do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba: histórico, caracterização e influência no incremento do uso público e na satisfação do visitante**. Macaé: FSMA, 2015.

SILVA, F. A. P. *et al.* Uso da energia renovável em Unidades de Conservação da esfera administrativa federal. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, nº 18, 2019. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2019. (em fase de elaboração).