



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE SYLVIO DE CAMARGO - CIASC
CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS DA MARINHA DO BRASIL

CT AFN SAMUEL LOURIVAL DA SILVA

A VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NAS
INFRAESTRUTURAS DAS ORGANIZAÇÕES MILITARES DO CORPO DE FUZILEIROS
NAVAIS, UTILIZANDO O MÉTODO AHP E THOR

Rio de Janeiro, RJ

2019

CT AFN SAMUEL LOURIVAL DA SILVA

**A VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NAS
INFRAESTRUTURAS DAS ORGANIZAÇÕES MILITARES DO CORPO DE FUZILEIROS
NAVAIS, UTILIZANDO O MÉTODO AHP E THOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística pela Universidade Federal do Rio Grande em cooperação com o Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo, Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil.

Orientador: Prof. Dr. Marcos dos Santos

Curso de Aperfeiçoamento Avançado de Oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais

Resumo

O presente trabalho defenderá uma perspectiva de utilização das energias renováveis nas Organizações Militares do Corpo de Fuzileiros Navais, no contexto da redução da emissão de gases que causam o efeito estufa, da sustentabilidade energética e visando a economia de recursos financeiros. Considerando este cenário, a pesquisa pretende analisar novas possibilidades de fornecimento de energia elétrica que resultem em menor impacto financeiro e ambiental. Assim no percurso para obter novas possibilidades, as fontes de energia limpa demonstram-se alternativas que somam um perfil vantajoso para ser implantado. Será utilizado como procedimento metodológico o sistema multicritério de escolha AHP e o THOR, onde a modelagem segue a técnica do incidente crítico de natureza qualitativa que simula as probabilidades de implantação do sistema de captação solar. Sendo, o estudo baseado nos consumos de energia elétrica, nos valores das faturas e na capacidade de produção de energia elétrica dos painéis solares fotovoltaicos por meio de documentação fornecida por uma empresa especializada nesta área. Assim, espera-se por meio da pesquisa, que os métodos avaliados sejam qualificados para desempenhar o abastecimento energético sem comprometer a capacidade econômica das Organizações Militares (OM) e cooperando para a maximização da responsabilidade social aliada a valorização socioambiental e da sustentabilidade.

Palavras-chave: Eficiência energética. Sistema de Energia Solar. Pannel Fotovoltaico. Multicritério AHP THOR.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	4
2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3.1 POTENCIAL ENERGÉTICO.....	5
3.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	10
4. INTRODUÇÃO AO PO SOFT	17
4.1 PROPOSTA DE USO DO SSM	18
4.1.2 DEFINIÇÕES EFICAZES: SISTEMA RELEVANTE DA METODOLOGIA SSM	21
5. MÉTODOS	21
5.1 MÉTODO MULTICRITÉRIO AHP	21
5.2 APLICAÇÃO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)	22
5.3 MODELAGEM MULTICRITÉRIO	23
5.4 MATRIZ DE DECISÃO	24
5.5 MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA.....	24
5.6 RESULTADOS ALCANÇADOS	24
6. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO (SAD) THOR.....	25
6.1 APLICAÇÃO DO THOR.....	25
6.2 RESULTADOS METODOLÓGICOS ALCANÇADOS.....	26
6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS AHP E THOR.....	27
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica compõe grande parte das despesas que as OM da Marinha do Brasil (MB) dependem para manter suas operações. Consoante a isso, busca-se métodos que sejam eficazes para suprir as necessidades das OM, de modo que os benefícios se sobressaiam às fontes convencionais utilizadas, que são provenientes de concessionárias que usam como fonte de energia as usinas hidrelétricas e termoeletricas. No entanto, para atender a alta demanda exigida pelos quartéis, é necessário que a disponibilidade de energia seja capaz de suprir as tensões necessárias, demonstrando capacidade e eficiência energética.

Neste contexto, a pesquisa se estrutura a partir da análise de possibilidades da implantação de sistemas de energia solar que proporcionem recursos energéticos, bem como retorno financeiro e ambiental, ainda que seja em longo prazo, visto que as atividades para produção de energia que utilizam recursos poluentes acarretam grandes impactos ao ecossistema como um todo.

Assim, inicialmente, sistematizou-se o enquadramento normativo nacional aplicável ao setor da Defesa e, em seguida, caracterizaram-se as fontes de energias renováveis e a sua aplicabilidade às Forças Armadas, com exemplos práticos do Brasil. Identificaram-se as ações em curso no setor de defesa no que concerne à utilização das energias renováveis nas Forças Armadas, em especial a utilização em áreas que possuem grande potencial fotovoltaico.

Posteriormente por meio de análise multifatorial demonstrou-se as variáveis financeiras, bem como as dificuldades e benefícios trazidos pela implantação do sistema de energia solar em comparação ao sistema convencional, proveniente de usinas hidrelétricas.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente, os gastos com energia elétrica somam custos elevadíssimos para manutenção das OM, estes gastos refletem em outras estruturas da organização, visto que o dinheiro poupado poderia ser investido em novos recursos e trazendo melhorias internas que consequentemente irão refletir em benefícios para as tripulações e para a sociedade.

Outro critério importante que caracteriza a utilização exclusiva dos métodos de fornecimento de energias convencionais como um desafio é o fato de que as fontes geradoras trazem impactos ambientais consideráveis. Neste contexto, observam-se nesta OM elevadas despesas com a concessionária de distribuição de energia elétrica do estado (Ligth), na qual são utilizadas usinas hidrelétricas para gerar e distribuir energia elétrica para o estado do Rio.

No entanto, sabe-se que apesar do elemento principal das hidrelétricas ser de natureza renovável, pois a água é um recurso natural, existem impactos relevantes ao ecossistema e as questões sociais dos locais em que se instalam as usinas.

Entretanto, a busca por novas tecnologias também se constitui desafios abrangentes, visto que é necessário dispor de um ambiente que permita um fácil desenvolvimento e instalação dos sistemas escolhidos. Além disso, a capacidade e os investimentos podem ser inicialmente maiores em relação às fontes convencionais. Com isso cabe a análise com base nos dados pesquisados e na disponibilização de recursos para alcançar novos métodos de se obter energia limpa e com custo mais acessível.

2.1 OBJETIVOS

A pesquisa propõe a identificação do método de obtenção de energia que seja mais benéfico, no sentido de apresentar melhor custo-benefício na relação entre sustentabilidade e economia de recursos, selecionando um sistema renovável que seja econômico e eficiente o suficiente para atender a demanda estabelecida pela OM.

2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar o potencial energético da energia solar em comparação aos demais sistemas energéticos atuais.
- Verificar os benefícios da adesão ao Sistema Solar Fotovoltaica nas OM do Corpo de Fuzileiros Navais no Rio de Janeiro.
- Detalhar os métodos e critérios utilizados para justificar a escolha do melhor método de produção e fornecimento de energia elétrica renovável.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 POTENCIAL ENERGÉTICO

O Brasil é um país com grande potencial para utilização de fontes de energia renováveis. Tratando-se da energia solar sabe-se que a irradiação produzida é alta em relação a outros países promovem a inserção de modelos de aproveitamento energético por conversão, tanto fotovoltaico como termelétrico (KEMERICH, 2016). Energia renovável por sua vez, diz respeito à fonte de energia que coopera para o desenvolvimento sustentável, onde os impactos

ambientais são mínimos e sua origem quase totalmente inesgotável, dependendo apenas de algumas variáveis que consideram a natureza de sua aplicação, como local, clima, entre outros.

Neste sentido, Gebert al., (2018, p.2) afirma que “segundo cálculos realizados em pesquisas, se fosse utilizado todo o potencial de energia solar em escala mundial, seria possível gerar um percentual de energia duas mil vezes a produção total de todas as usinas nucleares, termoeletricas e hidrelétricas”.

Acerca da energia liberada pelo sol, Besso (2017, p.3), relata que:

(...) é proveniente da fusão nuclear do hidrogênio presente no seu interior como consequência das altas temperaturas e densidades. Esse processo origina energia e produz hélio como um subproduto. O sol possui hidrogênio suficiente para continuar produzindo energia por mais centenas de bilhões de anos.

Assim, tratando-se dos tipos de conversão energética, o modelo para geração de energia solar convencional é o fotovoltaico, enquanto o termoeletrico está voltado ao aquecimento como refere sua própria nomenclatura. Não deixando, portanto, de ser auxiliar no processo de economia de energia e eficiência energética.

Nos sistemas fotovoltaicos é preciso utilizar condutores específicos que sejam resistentes as condições ambientais severas. Neste sentido cabe ressaltar suas características técnicas, onde os condutores devem ser de cobre que apresente $\rho_{cu}=0,01724 \text{ } \Omega.\text{mm}^2/\text{m}$ e coeficiente de variação com temperatura de $\alpha_{cu} = 0,0039/^{\circ}\text{C}$. Na questão técnica dos cabamentos devem-se consultar os fabricantes, mas os cabos e condutores devem suportar as radiações ultravioletas (SENAI, 2016).

Ressalta-se que apesar de receber um tratamento de energia alternativa, a energia solar é a fonte primária de energia, pois dela derivam as demais fontes de energia disponíveis, tanto a eólica quanto a hídrica. Onde esta primeira recebe uma parcela dos raios solares que aquecem desproporcionalmente a atmosfera da terra e dos mares, o que faz com que se origine a alta pressão, que permite os movimentos das massas de ar. Na hídrica por sua vez, tem a água aquecida pelo sol, que seguirá liberando o vapor que faz com que a água regresse em forma de precipitação (PÍTICA, 2015).

Percebe-se por meio dessas perspectivas que os avanços tecnológicos também alcançaram os sistemas de energia solar, onde, foram criados painéis para os mais diversos produtos, entre eles os veículos mais utilizados no mundo, como aviões, barcos e carros.

No entanto, estas tecnologias ainda estão sendo inseridas no mercado, mas já foram testados e se mostraram capacitados. Como foi o caso do teleférico construído na Suíça, que se move a partir da energia solar, conforme dados apresentados pelo Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI, 2016).

Relacionando ainda os benefícios apresentados pela utilização da energia solar, ressalta-se que o reflexo ambiental da mesma, em comparação às demais fontes de energia não renováveis como o petróleo e carvão, a energia solar se sobressai, devido ao seu custo-benefício. Relação que tem ganhado notoriedade em proporções mundiais, principalmente devido à necessidade ambiental de energias limpas, que colaboram para a preservação do meio ambiente por serem menos nocivas (SILVA, 2015).

Basicamente existem quatro tipos de painéis solares e cada um desses tipos possuem outras ramificações de sua composição primária. Sendo: painel solar monocristalino, painel policristalino, painel solar de filme fino e painel solar híbrido. Este último é uma tecnologia atual que vem sendo aperfeiçoada. Sob esta perspectiva é preciso considerar as condições climáticas do local em que será aplicado, para optar pelo método mais eficaz. Cabe então mencionar como é produzido, para compreender qual o melhor material a ser inserido no possível sistema de captação de energia solar (ANAMI, 2017).

Entre as demais opções estudadas para geração de energia elétrica, podemos citar a energia eólica e a energia proveniente de geradores a diesel. A energia eólica trata-se de uma fonte de energia renovável, ou seja, assim como a energia solar, compreende uma fonte de energia limpa é um método eficaz para redução dos gases do efeito estufa, no entanto também existem impactos negativos recorrentes que devem ser avaliados na instalação das turbinas eólicas, principalmente no que diz respeito a emissão de ruídos (CARVALHO; RUZENE; PEREIRA, 2016).

As fontes de energia renováveis dependem de fatores naturais e por isso sua inviabilidade pode ser comprometida pela escassez desses recursos. No caso de energia eólica, a energia é extraída por meio da disponibilidade do vento e este processo pode acarretar em altos custos devido à altura das torres, onde os aerogeradores variam entre 80 e 120 metros de altura (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017).

A energia extraída de geradores a diesel, por sua vez compreende uma fonte de energia não renovável que dependendo do desempenho de combustíveis fósseis para gerar energia, que apesar de seu aspecto poluidor é capaz de abastecer uma grande extensão territorial, por isso é comumente utilizada em centrais termelétricas em regiões isoladas e indústrias.

3.2 ENERGIA EÓLICA

Segundo resolução da ANEEL (2012, p. 1), energia eólica é definida como:

energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento), onde seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

Tratando-se do contexto histórico da implantação de aerogeradores, observa-se que a energia eólica já é explorada no estado do Rio de Janeiro, que teve sua energia comercializada por meio de projetos governamentais de incentivo. Neste caso, é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Atualmente, a capacidade instalada, segundo a OMEGA (2019), é de 28,1 MW. a CGE Gargaú foi instalada em 2010, no município de São Francisco do Itabapoana.

Segundo dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2018) a geração de energia eólica cresceu 17,8%, sendo o nordeste predominante na produção, mesmo a representatividade tendo aumentado, ainda é muito inferior quando comparado as demais fontes de energia, somando 7% em 2018, enquanto a hidráulica ocupa um total de 74,5%.

Entre os benefícios estão a sustentabilidade por tratar-se de energia de fonte renovável, não emite gases poluentes e é inesgotável. Pode trazer muitos benefícios financeiros devido a economia e eficiência energética, fator que atrai investimento do governo e de empresas privadas. No entanto, sabe-se apesar dos benefícios da energia provenientes do geradores eólicos, estes causam impactos ambientais consideráveis, junto a fauna local, especialmente no que diz respeito as aves, podendo alterar o sucesso de reprodução de algumas espécies, causar colisão das aves com os aerogeradores, perturbação sonora que pode causar perda ou desvio do habitat natural de reprodução e alimentação de muitas espécies (KASPARY, 2015).

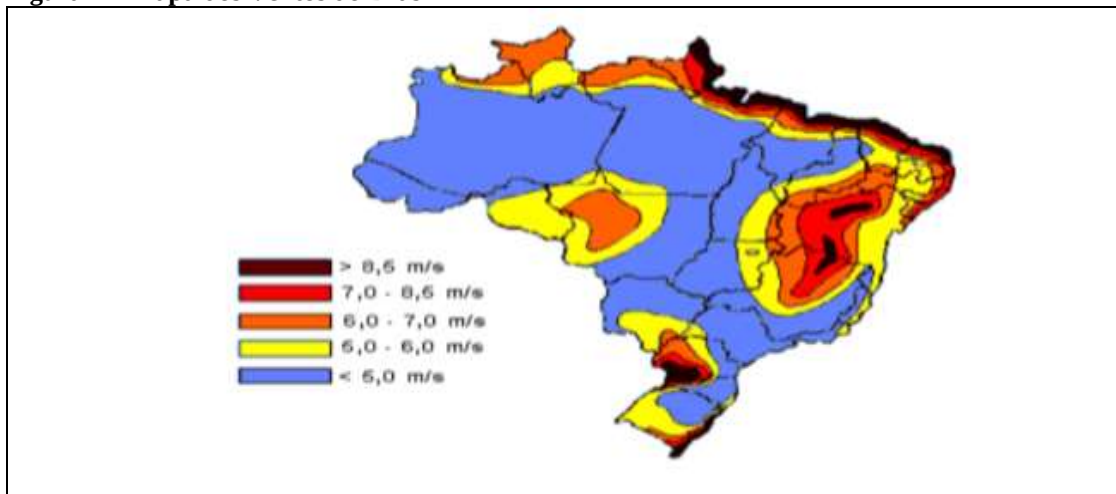
Devido aos impactos que podem ser causados, a ANEEL determina quais são as condições ideais para se instalar os geradores, onde são necessários trabalhos sistemáticos de coletas de informações, mas que a principio, podem ser utilizados os dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas que podem fornecer uma estimativa inicial, pois caso estes dados não sejam observados, tantos os equipamentos podem ser danificados, como podem não apresentar os resultados esperados, se tornando uma alternativa ineficiente (AZEVEDO, NASCIMENTO E SCHRAM; 2018).

Para aproveitamento da energia eólica, no entanto, são necessários estudos que demonstraram a capacidade e densidade do vento na região e as condições geográficas, considerando que alguns tipos de turbinas necessitam de grande escavação.

A figura 1 abaixo demonstra o mapa dos ventos no Brasil, onde evidencia-se que em maior parte do estado a frequência dos ventos é menor que 5,0 m/s e por tratar-se de uma

fonte alternada, visto que em algumas horas do dia os ventos são mais intensos, enquanto em outras horas chegam a ser incapazes de gerar potência que façam as hélices girar produzindo energia, fato que deve ser observado, "por este motivo, é importante considerar a preocupação em relação à inconstância da produção de energia pelos aerogeradores, devido às variações na velocidade do vento, à medida que aumenta a participação da geração eólica na matriz energética dos países" (KASPATY, 2015, p.11).

Figura 1 – Mapa dos Ventos do Brasil



Fonte: CBEE (2015)

De acordo com Brannstom et al. (2018, p. 10) "em termos sazonais, o período em que a velocidade do vento está mais propícia para a geração de energia são os meses de junho a novembro em quase todas as regiões, com exceção do norte de Roraima em que os ventos têm velocidade mais elevada no período de dezembro a fevereiro".

Considerando as condições descritas não cabe a simulação do custo de instalação de aerogeradores, no entanto, para que os dados fiquem ainda mais precisos, o cálculo abaixo visa demonstrar em uma simulação baseada na potência que uma turbina de médio porte pode produzir, considerando-se os seguintes dados:

Figura 2 - Estimativa de potência produzida por turbina

Turbina eólica		Potência elétrica	
Diâmetro do Rotor (m):	10	Velocidade Média do Vento:	4 m/s ▼
		Pot. Instantânea (kW):	1.078
		Pot. Mensal (kWh):	786.63

Fonte: Autoria própria com estimativa atribuída pela concessionária de energia - Eletrônica PT (2019)

Considerando que uma OM do porte do CIASC consome uma média de 40.000 kw/mês conforme demonstrado na figura 3, seriam necessários aproximadamente 50 turbinas de pequeno porte que tenham um diâmetro de rotor de 10m, considerando a velocidade média do vento de 4m/s e a eficiência da turbina em 35% , visto que um aerogerador bem desenhado consegue alcançar entre 25% a 40% de eficiência.

Sabendo ainda que a média de mercado para um aerogerador desse porte é de R\$ 12.000,00, o custo médio total, somente dos equipamentos somariam R\$ 600.000,00 isto desconsiderando o valor de instalação e manutenção. A área necessária para implantação seria de aproximadamente 3.927 m² livres, considerando a baixa densidade do vento, a eficiência energética pode não sobressair ao investimento, demonstrando-se como prejuízo. Apesar de ser relativamente inferior ao valor de energia solar (o custo com obras não pode ser estimado claramente), mas espera-se que o mesmo seja alto devido ao transporte dos equipamentos, mão-de-obra especializada pra escavação estruturação das turbinas e regularização adequada junto ao órgão estadual responsável, fator que não é necessário na implantação dos painéis fotovoltaicos.

A instalação de turbinas eólicas que atendam a expectativa do CIASC, portanto, não é viável, considerando o espaço que demanda para implantação das turbinas, analisando que trata-se de torres de sustentação baixa as quais contribuem para diminuir o aproveitamento do vento. Já nos casos das torres de sustentação alta, também são estimativas de alto custo e que a modelagem aerodinâmica pode sofrer interferências devido a proximidade com transmissores de energia elétrica e por demandarem uma escavação complexa.

3.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

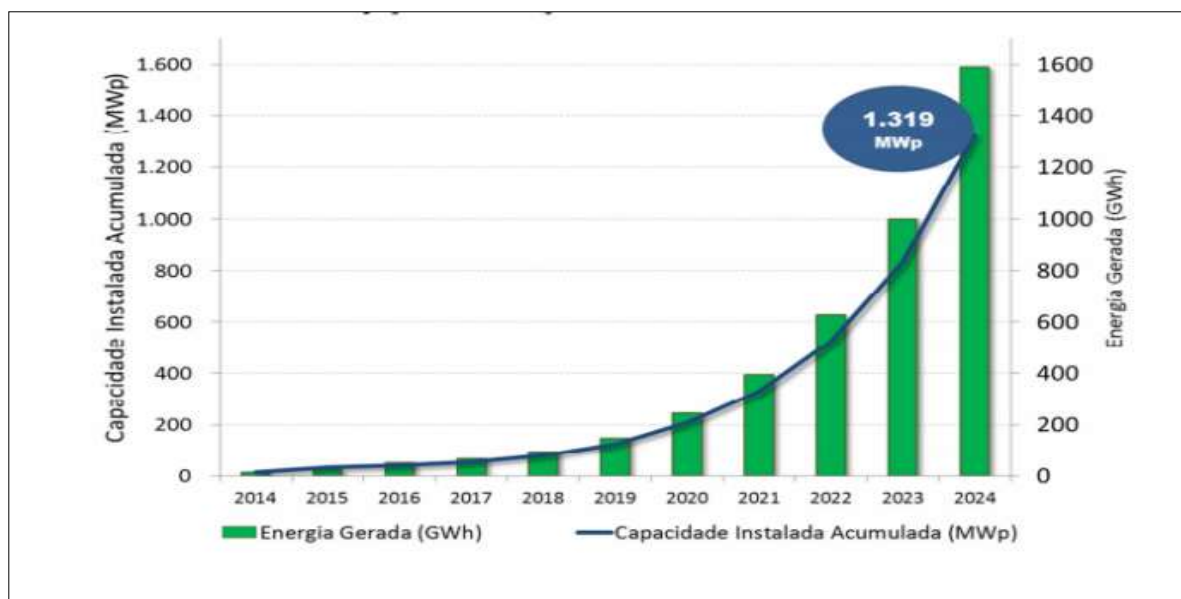
Sabendo que a geração de energia fotovoltaica depende da incidência solar, cabe mencionar os dados correspondentes a cidade do Rio de Janeiro, que atualmente sedia a maioria das OM do Corpo de Fuzileiros Navais.

Neste contexto, avalia-se o potencial da cidade, considerando os altos índices de incidência solar, que segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), mostra como a radiação solar tem uma média que ultrapassa a Alemanha, país que faz parte da liderança global em energia fotovoltaica. Ocorre que na Alemanha, o nível médio de radiação solar atinge 1700 kw/m², enquanto no Rio de Janeiro varia entre 1460 kw/m² a 2010 kw/m².

A capacidade projetada para a geração de energia fotovoltaica demonstra alta capacidade, esta perspectiva está relacionada no gráfico (figura 3), e revela um crescimento

acelerado na distribuição deste tipo de energia no Brasil. Este dado é relevante, considerando que “a energia solar é a fonte de energia alternativa mais amplamente utilizada em todo o mundo. Cerca de 70% da luz solar é refletida para o espaço e nós só recebemos 30% da luz solar para atender as nossas necessidades de energia”(ANGOLA, 2016, p. 22).

Figura 3 – Expectativa projetada da geração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil.



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017).

Quanto à instalação dos painéis fotovoltaicos, a viabilidade também se faz positiva e abrangente, pois de acordo com o manual de Engenharia Fotovoltaica (MARINHA DO BRASIL, 2014), os módulos podem ser aplicados em qualquer local, sem restrições, visto que foram desenvolvidos não só para absorver a radiação, mas também para resistir às alterações climáticas (chuvas, geadas, entre outros).

Ainda sim, existem algumas recomendações que visam aperfeiçoar a potencialização de energia por meio do desempenho dos painéis fotovoltaicos, sendo considerada mais relevante, a necessidade de distância menor possível dos painéis, com relação a baterias e cargas, para não comprometer a tensão nos cabos de transmissão, evitando perdas (PINHO; GALDINHO, 2014).

Entre os benefícios intrínsecos ao uso dos sistemas de energia solar, pode-se mencionar: a sua eficiência proporcionada, bem como sua ótima relação custo-benefício para equipamentos elétricos e seus sistemas, economias de baixas emissões de carbono, melhora a eficiência dos motores elétricos e de outros componentes, reduzindo as perdas de calor. Visto

que também se demonstra ecológico e amigável ao meio ambiente, 100% reciclável e que possuem materiais indispensáveis nos sistemas de energia do futuro (SENAI, 2016).

Aplicando-se a Marinha do Brasil, os projetos de implantação de modelos que tenham eficiência energética têm ganhado notoriedade. Considerando o custo-benefício e as condições de instalação, devido ao fato de que OM localizada em uma região que recebe irradiação solar alta e constante. Sob este prisma, a MB, analisou o cenário e desenvolveu perspectivas por intermédio do Comando de Operações Navais (MARINHA DO BRASIL, 2017).

Uma variável que deixa explícita a necessidade econômica da implantação de painéis de energia fotovoltaica é o custo que a OM possui com as fontes convencionais de energia elétrica, provenientes de concessionárias, que possuem contratos que segundo dados disponibilizados pela MB em 2017, somaram em média 134 milhões de reais em faturas.

A justificativa para a adesão de modelos de eficiência energética não se limita aos benefícios financeiros, mas compreendem também os amplos impactos positivos proporcionados ao meio ambiente (MARINHA DO BRASIL, 2017)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao considerar os benefícios descritos ao decorrer da pesquisa é importante também fazer um comparativo do custo de energia solar em relação à energia convencional fornecida pelas concessionárias. Onde o cálculo deve refletir o valor do consumo médio em quilowatts. É relevante evidenciar que as tarifas dependem da classe de consumo e são homologados pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), incidindo impostos ou não, de acordo com a categoria conforme demonstrado na tabela (figura 4).

Figura 4 – Custo da Tarifa de Baixa Tensão relativa a concessionário do estado do Rio de Janeiro

TARIFAS DE BAIXA TENSÃO - R\$/KWH - Maio/2019							
Classe de consumo	Tarifa com PIS/COFINS e ICMS					Tarifa homologada pela ANEEL sem incidência de ICMS/PIS/COFINS	Tarifa com PIS/COFINS isenta de ICMS
	Faixa consumo						
	até 50 kWh	de 51 até 300 kWh	até 300 kWh	de 301 até 450 kWh	acima de 450 kWh		
	Residencial	Residencial	Demais Classes	Todas as Classes	Todas as Classes		
	(isento de ICMS)	(ICMS de 18%)	(ICMS de 20%)	(ICMS de 31%)	(ICMS de 30%)		
Residencial	0,65893	0,81306	-	0,57834	0,56328	0,62565	0,65893
Tarifa Social							
- até 30 kWh	0,20785	0,25647	-	0,30868	0,30385	0,19735	0,20785
- 31 até 50 kWh	0,35631	0,43906	-	0,52904	0,52089	0,33832	0,35631
- 51 até 100 kWh	-	-	-	-	-	-	-
- 101 até 220 kWh	-	0,65949	-	0,79355	0,78133	0,50747	0,53446
- acima de 220 kWh	-	0,73276	-	0,88172	0,86814	0,56386	0,59385
Não residencial	-	-	0,63476	0,57834	0,56328	0,62565	0,65893
Rural	-	-	0,63441	0,74353	0,73209	0,47549	0,50078

Fonte: Concessionária de Energia Elétrica do RJ - Ligh (2019)

A partir da observação da tabela percebe-se que o preço do kilowatt/hora é maior para classe não residencial de consumo, ou seja, aplica-se a MB, o valor equivalente a R\$ 0,96328, por kilowatts. No entanto há uma variação no valor do kilowatts considerando as bandeiras, custos adversos agregados e outras condições que podem interferir neste valor. Felizmente, nos meses de fevereiro de 2018 a junho de 2019 o valor do kilowatts ficou em torno de R\$ 0,509, então, considerando que uma OM do porte do CIASC consome uma média (últimos 17 meses) de 38.000 kw/mês, os gastos com energia chegam a somar R\$ 19.342,00, dependendo do consumo no período. A tabela (figura 5), demonstram os dados relativos ao período de fevereiro de 2018 a junho de 2019, ou seja, um ano e meio relativo ao consumo e os valor por kw que embasam todos os processos anteriores a simulação ao cálculo de implantação do sistema de energia solar fotovoltaico.

Figura 5 - Tabela de Custo mensal de energia consumido no CIASC – RJ (Fev 2018 a Jun 2019)

Data da Leitura	Custo KW	Consumo KW/H	Valor Total
FEV2018	0,509	12.000	R\$ 6.108,00
MAR2018	0,509	55.200	R\$ 28.096,80
ABR2018	0,509	33.600	R\$ 17.102,40
MAI2018	0,509	45.600	R\$ 23.201,40
JUN2018	0,509	33.600	R\$ 17.102,40
JUL2018	0,509	36.000	R\$ 18.324,00
AGO2018	0,509	40.800	R\$ 20.767,20
SET2018	0,509	33.600	R\$ 17.102,40
OUT2018	0,509	38.400	R\$ 19.545,60
NOV2018	0,509	38.400	R\$ 19.545,60
DEZ2018	0,509	38.400	R\$ 19.545,60
JAN2019	0,509	38.400	R\$ 19.545,60
FEV2019	0,509	52.800	R\$ 26.875,20
MAR2019	0,509	38.400	R\$ 19.545,60
ABR2019	0,509	36.000	R\$ 18.324,00
MAI2019	0,509	36.000	R\$ 18.324,00
JUN2019	0,509	38.400	R\$ 19.545,60

Fonte: Publicação Interna CIASC (2019)

Os dados apresentados reforçam a necessidade de uma intervenção nos métodos de obtenção de energia para conseguir diminuir os custos elevados de energia elétrica. Projetando, os valores para o final do ano de 2019, sem estimativas e simulações diferentes, o valor somaria ao longo dos doze meses, o montante de R\$ 244.320,00, valor considerável, visto que em dois anos e ainda sem alterações de tarifa pode se considerar que o consumo de energia totalizaria aproximadamente meio milhão de reais.

O cálculo torna-se imprescindível para percepção da viabilidade em se aderir aos sistemas de energia solar fotovoltaica. Conforme indica a tabela, estão inclusos no preço da

tarifa, os tributos Federais e estaduais (PIS, COFINS, ICMS), onde apenas 30,5% representa o custo da energia efetivamente e o restante, encontra-se empregado em tributos, encargos, custos e receita irre recuperáveis. Como demonstrado no gráfico abaixo (figura 4):

Figura 6 – Parcelas que constituem o custo final do gasto com Energia Elétrica.



Fonte: Ligth (2019)

A incidência destes custos e tributos incluídos pelas concessionárias de energia e previstos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017), torna o custo final da fatura de energia elétrica ainda mais elevada, visto que consideram todos os custos incorridos no percurso até o fornecimento efetivo da energia, conforme mencionado. Sendo assim, para a implantação do projeto de energia solar fotovoltaica, será preciso considerar a diferença financeira vultosa assegurada por este meio de obtenção de recursos energéticos de fontes renováveis.

Considerando o gasto atribuído ao fornecimento de energia convencional cabe análise simulatória em relação à energia solar. Para isso, considera-se a quantidade de placas fotovoltaicas e a capacidade das mesmas em relação à geração de quilowatts. Também é preciso considerar o consumo médio anual de energia, sobre a área mínima ocupada pelo sistema.

Para escolher o sistema fotovoltaico adequado, é preciso considerar a unidade de potência necessária para o local em que será implantado. É certo que o retorno da implantação deste tipo de sistema acontece em longo prazo, visto que a instalação requer investimentos iniciais um pouco elevados, o que pode resultar em empecilhos para os interessados na implantação (PINHO; GALDINHO, 2014).

Entre os sistemas disponíveis no mercado, para complemento a energia elétrica, o mais adequado é o sistema conectado (on-grid), que é conectado a rede de energia e funciona como

armazenador de energia. Assim, a rede armazena o excedente de energia e distribui a mesma para suprir a demanda, onde "envia energia para a rede quando a geração é maior que o consumo, e retira dela quando o consumo é maior que a geração" (ALVES 2016, p.18).

Para identificar de maneira simplista, o valor do kilowatt/hora no sistema de energia solar fotovoltaica, é preciso considerar o custo de investimento inicial, somando a manutenção. A partir daí têm-se o custo total, então se divide o custo total pela energia gerada e desta forma é possível obter a média que evidenciará o valor do kilowatt/hora. Assim, usa-se a seguinte fórmula:

$$Kw = \frac{I + M}{Te}$$

Onde: Kw= Kilowatts

I= Investimento Inicial

M= Custo de Manutenção

Te = Total de Energia fornecida

Contudo, além da perspectiva do cálculo simplista sobre a comparação do preço dos quilowatts, é preciso observar também que o cálculo para tornar-se coerente deveria considerar o custo de combustível das usinas térmicas, o que não ocorre no sistema solares além do gasto com operação e manutenção, no qual é cinco vezes mais barato na geração de energia fotovoltaica. Quanto aos tipos de painéis solares, os mesmos são eficientes de acordo com o material no qual foram fabricados. Assim, a eficiência dá-se pela maior quantidade de watts por metro quadrado que o sistema irá gerar.

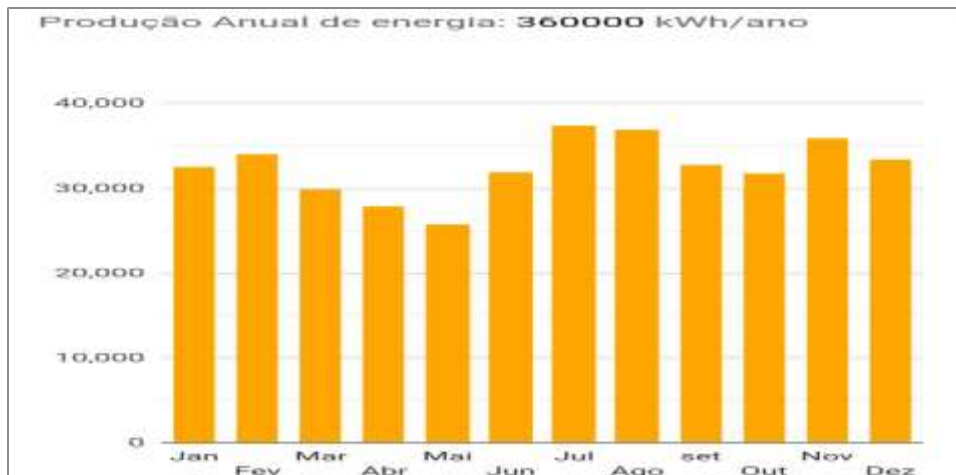
Na simulação com dados aproximados dos fornecedores de equipamentos de energia solar no Brasil no ano de 2019, considera-se para este caso a quantidade de kilowatts para verificar a quantidade de painéis necessários. Neste contexto, a fonte de energia fotovoltaica isolada pode não remeter há uma opção viável, visto que a produção energética necessária para abastecer o CIASC é alto, somando cerca de 38.000kw/mês.

Baseado nisso, faz-se a simulação dos custos por kw, tomando-se como base o maior valor em consumo de kilowatts do CIASC nos últimos dezessete meses (55.200 kw), onde o valor de sua tarifa constitui aproximadamente R\$ 0,509/Kwh, o valor da fatura chega a somar R\$ 28.096,80. Assim, o consumo médio considerando as últimas dezessete faturas (figura 5), resultam em cerca de 38.000 Kw/ mês o que configura um gasto de R\$ 19.330,00 médio para fatura mensal.

Considerando que o sistema solar gere em média 30.000 kw/ mês, ficando o restante a cargo da energia elétrica, o valor incluindo a instalação ficaria em torno de R\$ 1.013.490,00

(preço de mercado, com base em simulação com empresa especializada) e restariam cerca de 8.000 kWh a R\$0,509, resultando em uma fatura de R\$ 4.072,00 mensal para ser paga a concessionária de energia, gerando uma redução de R\$ 15.258,00 (figura 5).

Figura 7 – Simulação de Preço para implantação do Energia Solar Fotovoltaica



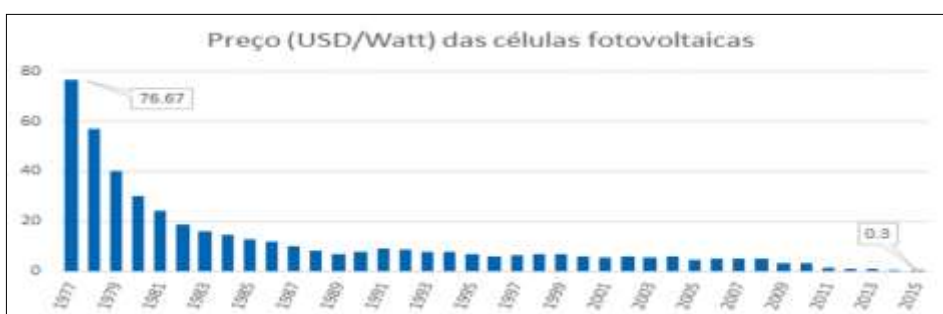
Fonte: Autor (2019)

Nota: Gráfico realizado com base em metodologia disponibilizada pela empresa fornecedora dos sistemas de energia solar. Dados projetados considerando o consumo médio de 30.000 kw/mês com base nos valores de mercado, incluindo o valor do investimento inicial de R\$ 1.013.490,00. Potência instalada de 316,80 KWp, área mínima necessária de 2.534,80m², peso médio de 16kg/m² e quantidade de painéis de 960 de 330 Watts.

Supondo que pague-se o valor integral de ambos inicialmente (R\$ 1.013.490,00), o prazo para retorno médio do investimento ficará em 5 anos (aproximadamente 65 meses) e posteriormente a economia de energia irá acarretar um percentual aproximado de 80% mensal.

Isto desconsiderando o fato de que a redução nos custos de implantação de sistemas de energia solar, tem caído drasticamente desde de 1977 (figura 8) e projeta-se que essa queda persistirá nos próximos anos, tornando a adesão aos sistemas de energia solar ainda mais viáveis (SILVEIRA, 2019).

Figura 8 – Preço em dólar das células fotovoltaicas nos últimos anos.



Fonte: Silveira 2019 (adaptado de New Energy Finance)

Neste contexto avalia-se a viabilidade e as probabilidades da implantação do sistema de energia solar para CIASC, por meio da avaliação multicritério das possibilidades, custos incorridos e desafios envolvidos.

4. INTRODUÇÃO AO PO SOFT

De acordo com Gomes e Gomes em Princípios e métodos para tomada de decisão em sua 6ª edição, 2019, a PO Soft é mesclada de uma geração de metodologias, discorridos e formados para um mundo envolto em um ambiente complexo, conflitos e incertezas que ajudam aos que exercitam funções de análise de problemas e gerenciamento na vida real a encarar os problemas de planejamento e tomada de decisão, além de auxiliar os alunos de sistemas de gerenciamento e de pesquisa operacional a perceber esta nova perspectiva. A PO Soft apareceu da necessidade de análise de situações e problemas sob uma ótica subjetiva e humanizada. Estruturar problemas antes da resolução neste método é a principal função, por esta razão é chamado de método Soft e surge da evolução da Pesquisa Operacional.

O principal objetivo da estruturação de problemas é torná-los mais facilmente compreendidos pelo grupo (ANDRADE et. al 2016).

Existem diversos métodos de estruturação de problemas e é admissível juntar quaisquer deles quando imprescindível, já que o seu emprego é feito de acordo com o que o problema necessita e o que é preciso para que as pessoas envolvidas nesse processo possam perceber melhor a sua natureza.

Segundo Andrade et al. (2016), os principais métodos de estruturação de problemas utilizados são:

SODA (*Strategic Options Development and Analysis*) – utiliza mapas cognitivos como ferramenta modeladora para analisar a visão do decisor acerca do problema. Após a realização de mapas cognitivos individuais, eles são juntados e é criado um mapa em comum que forma o material que será discutido em grupo junto com um facilitador participante do processo.

SSM (*Soft System Methodology*) – É um método geral utilizado para realizar a reformulação de um sistema, no qual os participantes devem construir modelos conceituais ideais, um para cada visão relevante do problema. Eles os comparam com as perspectivas dos sistemas que já existem para assim ocorrer o debate sobre as mudanças que são culturalmente e sistematicamente desejáveis.

SCA (*Strategic Choice Approach*) – É um planejamento com a abordagem centrada na gestão da incerteza em situações estratégicas. Facilitadores participam do processo para

auxiliarem os participantes a interconectarem as áreas de decisões. Para trazer a tona as incertezas chaves são feitas comparações interativas das alternativas dos esquemas de decisão. Assim o grupo faz a identificação de áreas prioritárias para compromisso parcial e projeta planos de contingência.

VFT (*Value-Focused Thinking*) – O foco do pensamento nessa abordagem é o valor. O VFT é um processo que tem como principal objetivo identificar os valores que o decisor deverá utilizar como norteadores gerais para a tomada de decisão. Ele ressalta os valores e os objetivos que devem ser alcançados e fornece as alternativas como um meio para que esses objetivos possam ser atingidos. Quando há uma decisão bastante complexa para ser feita, com objetivos que não estão claros e há muitas alternativas que não são conhecidas pelo grupo, uma abordagem VFT pode conduzir a uma melhor solução na hora de tomar a decisão.

4.1 PROPOSTA DE USO DO SSM

Mapa cognitivo: o mapa cognitivo é uma ferramenta muito útil para estruturar problemas nos processos de tomada de decisão (GOMES et al., 2010).

Santos et al. (2011) relatou que o mapa cognitivo tem sido amplamente aplicado em vários tipos de problemas: acadêmicos, gestão de projetos de pesquisa ambiental e outros. Neste caso vamos desenvolver o mapa cognitivo para verificar a viabilidade da implantação de energia solar fotovoltaica nas infraestruturas das Organizações Militares do Corpo de Fuzileiros Navais.

Vários métodos de estruturação problemas apareceram para apoiar o processo de levantamento e representação dos pontos de vista dos envolvidos em um problema particular, em busca de um consenso para melhorar os processos de negociação e tomada de decisão (MANSO et al., 2015).

Para Gomes e Gomes (2019), o comportamento humano é o elemento básico das metodologias Soft, que, por senso trivial e empírico, pode ser representado por métodos gráficos ou diagramas que concebem de forma esquemática redes de influência mútua, evidenciando, entre os múltiplos elementos das situações analisadas, as influências, causalidades, similaridades ou compatibilidade existentes. A característica mais comum encontrada entre as metodologias aqui mencionadas é fornecer elementos que visem estruturar situações problemáticas consideradas estratégicas.

Na SSM, os pesquisadores começaram a estudar um problema do mundo real estudando seus sistemas, e, em seguida, desenvolvem alguns modelos que melhoram o

funcionamento dos sistemas estudados. A SSM é uma metodologia de abordagem sistêmica, portanto, os modelos elaborados utilizam alguns conceitos da Teoria dos Sistemas, Segundo Gomes e Gomes em Princípios e métodos para tomada de decisão em sua 6ª edição, 2019.

Segundo Abuabara et al. (2018), basicamente, o SSM demonstra um método de aprendizagem que assume a configuração de um processo de averiguação em circunstâncias onde os indivíduos estão em causa. Este processo leva à ação em um circuito de aprendizagem que nunca termina: em uma ocasião que a ação é adotada, uma nova situação com novas propriedades surge e o processo de aprendizagem começa do mesmo modo. Esta abordagem para a SSM é o mais experimentado, e embora Checkland proporcionou uma forma mais branda de aplicar seus conceitos. E Checkland e Poulter (2006), a metodologia de sete fases ainda é uma maneira fácil de começar a usar o SSM.

Figura 9 - Abordagem Sistêmica SSM



Fonte: autor 2019

Após apresentação do mapa cognitivo pode-se abordar o problema sistemicamente conforme exemplificado abaixo.

1 – Apresentação do problema, interrupção da prestação do serviço de fornecimento de energia elétrica prejudica a atividade fim da OM, e necessidade de economizar recursos com sustentabilidade.

2 – Gerar energia elétrica na própria OM com ênfase em inovação e sustentabilidade.

3 – Pesquisa para produção de energia elétrica em Organizações Militares com destaque em energia renovável colaborando para um sistema com desenvolvimento sustentável.

4 – Ideias de modelos de produção de energia elétrica possíveis.

5 – Tecnologias empregadas na sociedade mostram a viabilidade de implantar nos quartéis.

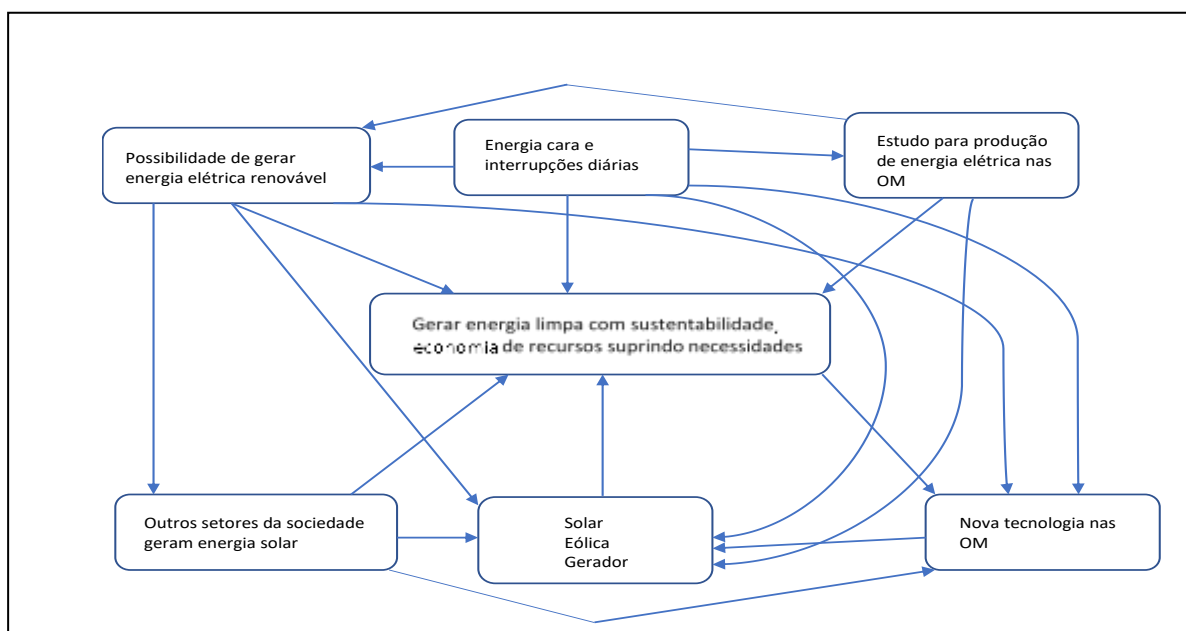
6 – Nova tecnologia no meio militar mais uma oportunidade de acompanhar o desenvolvimento tecnológico e domina-los.

7 – Gerar energia limpa com sustentabilidade, economia de recursos, e de forma totalmente viável aproveitando as características ambientais que a natureza oferece, descartando, dessa forma, os meios poluentes e aqueles que não foram possíveis por falta de recursos naturais.

4.1.1 DEMONSTRAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA DA SSM

Uma figura rica melhora amplitude para mentalizar a situação-problema que retribui a uma representação gráfica e puramente contextual, incluindo atores, questões estruturantes, problemas, processos, relações e conflitos de interesse, que fornecem uma ideia do clima e da situação real (CHECKLAND; SCHOLLES, 1990). Logo, a figura rica enlaça o cerne de uma situação problema e auxilia na identificação de tópicos acentuados e avaliar um entendimento comum dos diferentes aspectos de avaliação do problema. É por meio da figura rica que se captura visualmente a conjuntura real e o entorno do problema ou questão de interesse (CHECKLAND; SCHOLLES, 1990).

Figura 10: Método Figura Rica



Fonte: Autor 2019

4.1.2 DEFINIÇÕES EFICAZES DO SISTEMA RELEVANTE DA METODOLOGIA SSM

Versar de um meio de análise sugerido por Checkland e Scholes (1990), o qual aponta resumir as definições efetivas para modelar o Sistema Definido em Torno do Problema (SDTP). Para elaborar a análise, os seguintes pontos de avaliação foram estimados:

- Quais as diferentes perspectivas de compreensão da situação-problema?
- Considerando cada perspectiva, o que poderia ser feito, para quem, o quê, com quais pressupostos e em que tipo de ambiente?

Para tanto, adotou-se a técnica CATWOE, para caracterizar o sistema de interesse. A abordagem está descrita na figura 10.

Figura 11: técnica CATWOE

	Abordagem Definições	Definições
C	CLIENTES	Organizações Militares do Corpo de Fuzileiros Navais, Marinha do Brasil e Ministério da Defesa.
A	ATORES	Comando da OM, Comando do Material de Fuzileiros Navais, EMGEPRON.
T	TRANSFORMAÇÕES	Implementação de metas estratégicas, cumprir metas estabelecidas pelo Comando Imediatamente Superior.
W	VISÃO DE MUNDO	Implantação de energia renovável nas Organizações Militares do Corpo de Fuzileiros Navais.
O	PROPRIETÁRIOS/ INTERVENTORES	O Estado e a sociedade brasileira.
E	RESTRIÇÕES AMBIENTAIS	Inexistência de restrições ambientais. Impactos ambientais serão positivos.

Fonte: autor 2019

5. MÉTODOS

Mesmo tendo uma grande variedade de ferramentas de métodos multicritérios que poderiam ser usados, foi decido usar dois métodos multicritério que têm sido concebidos e desenvolvidos por pesquisadores brasileiro e americano. Por esta razão AHP e THOR foram escolhidos como ferramentas analíticas.

5.1 MÉTODO MULTICRITÉRIO AHP

Ao ser observado por Saaty, matemático, na década de 60, a dificuldade na Administração pública dos EUA em comunicação com seus membros, foi motivado, dessa

forma, a desenvolver um método de apoio à tomada de decisão no qual concebeu o método multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP), Briozo e Musetti (2015). Logo, foi desenvolvido este método que tem a visão de modelar os problemas das pessoas a cada dia. Sendo que tomam decisões importantes sem basicamente ter a ciência exata da importância dos critérios usados.

O método AHP apresenta entre os benefícios a quantificação de critérios complexos e subjetivos, possibilidade de múltiplos critérios na análise de um problema ou na metodologia de alcance de um objetivo de forma hierárquica, possibilidade de verificação da consistência dos julgamentos realizados (SANTOS, 2018).

Apontando para acrescentar maior credibilidade à tomada de decisão foi aplicado o método AHP para selecionar qual melhor fonte de geração de energia irá complementar a energia elétrica do CIASC, servida pela concessionária LIGHT na cidade do Rio de Janeiro. Os critérios utilizados como entradas foram: Custo, Eficiência, Manutenção, Economia/Ano, Ecologia e Impacto Visual/Sonoro, para escolher entre Energia Solar, Eólica e Gerador a diesel.

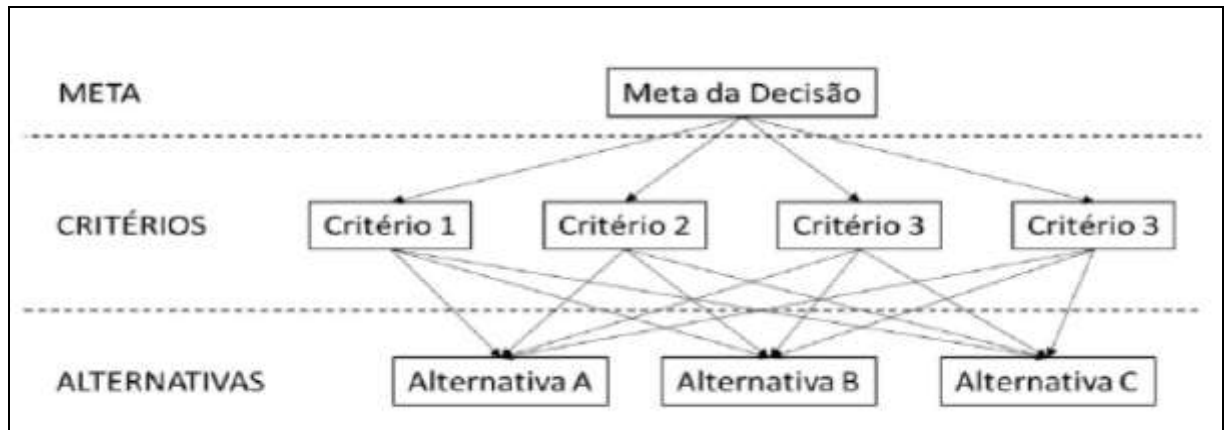
Segundo Schaffer (2018), quando se trata da utilização de métodos multicritério para auxílio à tomada de decisão, o AHP é o mais utilizado no mundo. Neste sentido, decidiu-se, também, por este método de decisão multicritério tão confiável.

5.2 APLICAÇÃO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Para aplicar o método AHP foram utilizados como dados de entrada a modelagem do problema, estabelecimento de prioridades e verificação lógica, a definição dos resultados foi dividida nessas três etapas macro como descritas, proposto por Santos (2018).

Citando Celestino et al. (2018), as informações de uma hierarquia para resolver problemas de decisão no AHP são: foco fundamental, as opções viáveis e o conjunto de critérios. O esforço capital é o objetivo integral, o que a resolução do problema trará, neste artigo é o modo de expansão energética no CIASC. Para que a decisão seja tomada, as opções viáveis são as possibilidades de escolha dentro do problema como a melhor fonte de energia elétrica a ser indicada – eólica, solar fotovoltaica ou por gerador a diesel. Enfim, os critérios são os atributos ou propriedades pelas quais as alternativas devem ser avaliadas.

Figura 12: Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão com três níveis.

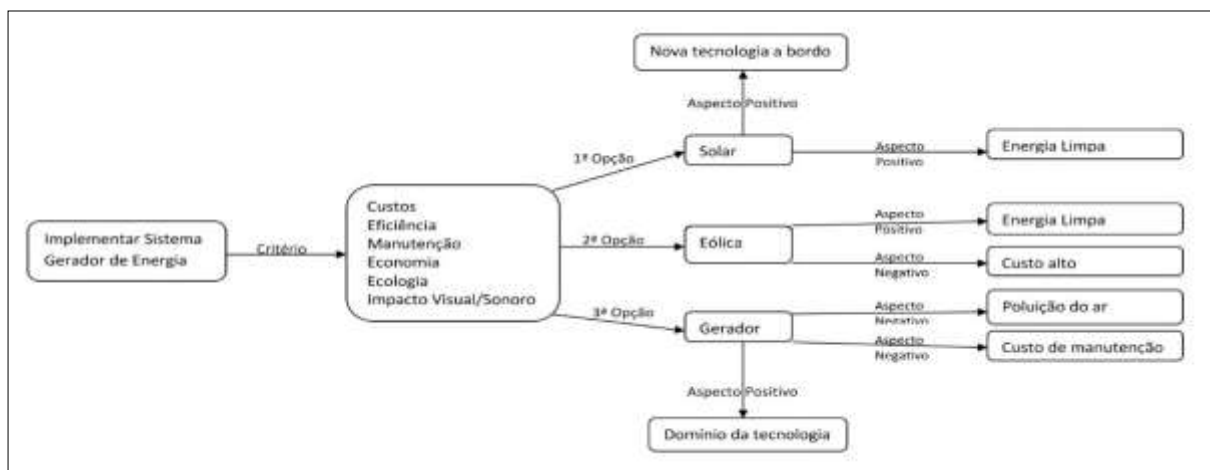


Fonte: Celestino et al. (2018)

5.3 MODELAGEM MULTICRITÉRIO

A decisão multicritério se adéqua a este processo de decisão uma vez que as características do projeto são a base dos critérios que irão definir o processo decisório (SANTOS et al., 2016). Os critérios foram relacionados com estudo do projeto e foi utilizada a técnica do incidente crítico com o cuidado de que cada parte do projeto pudesse indicar os aspectos decisivos para a implantação de um sistema de geração de energia limpa, seguro e eficiente.

Figura 12: Mapa mental de escolha da fonte de energia.



Fonte: Autor (2019).

Após apresentação do mapa mental chegou-se aos critérios para escolher a melhor forma de gerar energia elétrica em OM.

Custo: Custo para implantar o projeto de forma geral do início até a inauguração do projeto.

Eficiência: Eficiência em gerar energia principalmente durante o expediente fazendo com que a OM não tenha prejudicada sua atividade fim.

Manutenção: Valor anual para manter todo sistema em referência ao valor aplicado.

Economia: Qual o impacto direto na fatura de energia da OM.

Ecologia: Projeto que causa menor impacto ao meio ambiente.

Impacto Visual/Sonoro: Os equipamentos que tratam da captação de energia deverão ser silenciosos, não interferindo com o seu meio ambiente nesse sentido, nem não ocupam espaço que seria necessário para outros fins.

5.4 MATRIZ DE DECISÃO

A figura 13 expõe a Matriz de Decisão com as células completadas, a primeira coluna são os critérios, e após as colunas seguintes com notas e média das opções. As opções correspondem a uma escolha de geração de energia classificada no seu respectivo critério.

Figura 13: Matriz de Decisão.

Critérios	Peso	SOLAR		EÓLICA		GERADOR	
		Nota	Média	Nota	Média	Nota	Média
CUSTO	0,0158	6	0,09456	5	0,0788	7	0,11032
EFICIÊNCIA	0,4859	7	3,40137	7	3,40137	8	3,88728
MANUTENÇÃO	0,2658	8	2,12648	6	1,59486	5	1,32905
ECONOMIA	0,1332	9	1,19889	9	1,19889	5	0,66605
ECOLOGIA	0,0624	9	0,56178	9	0,56178	6	0,37452
IMPACTO VISUAL/SONORO	0,0367	9	0,33039	7	0,25697	6	0,22026
SOMA	1,00	48	7,71347	43	7,09267	37	6,58748

Fonte: autor (2019)

5.5 MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA

Para que os critérios pudessem ser comparados igualmente para evitar diferenças, a Matriz de Decisão teve todos os seus valores normalizados dentro de cada critério, alcançando-se a Figura 14.

Figura 14: Matriz de Decisão Normalizada.

	SOLAR	EÓLICA	GERADOR	SOMA
CUSTO	0,335	0,274	0,386	1,00
EFICIÊNCIA	0,330	0,285	0,380	1,00
MANUTENÇÃO	0,400	0,300	0,300	1,00
ECONOMIA	0,410	0,365	0,220	1,00
ECOLOGIA	0,390	0,345	0,260	1,00
IMPACTO VISUAL/SONORO	0,410	0,310	0,275	1,00

Fonte: Autor (2019).

5.6 RESULTADOS ALCANÇADOS

A multiplicação do vetor prioridade dos critérios pela respectiva matriz de decisão normalizada dá o seguinte resultado, ver tabela 15.

Figura 15: Tabela por relação de Classificação.

CLASSIFICAÇÃO	MODELO	PESO
1ª opção	SOLAR	0,3818
2ª opção	EÓLICA	0,3137
3ª opção	GERADOR	0,3045

Fonte: Autor (2019)

Destarte, o aproveitamento do AHP recomenda que a melhor alternativa seja o emprego da Energia Solar, levando em consideração todas as variáveis apresentadas. Além disso, observa-se que a pior opção seria a aplicação de Gerador a diesel.

6. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO (SAD) THOR

Sugerido por Gomes (1999), o THOR é baseado na modelagem de preferência (o que o deixa próximo da Escola Francesa) e nas conjecturas multiatributo e da utilidade (o aproxima da Escola Americana).

A metodologia de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) permite a priorização de alternativas em uma situação de critérios conflitantes, buscando satisfazer as restrições com objetivos conflitantes (Cardoso et. al, 2007), ou seja, uma solução de compromisso.

6.1 APLICAÇÃO DO THOR

O THOR ao ser implementado pode ser considerado como um sistema de apoio à decisão (SAD) devido proporcionar um modelo que possui três algoritmos para classificação simultaneamente: teoria da utilidade, modelagem de preferência e teoria de multiatributo, bem como a técnica dos conjuntos aproximativos.

Pode-se afirmar que a aproximação do THOR da Escola Americana se deve ao fato realizar uma colocação agregadora de transitividade, ponderando o peso dos critérios, em que uma opção sobrepuja a outra.

Também o THOR se aproxima da Escola Francesa por empregar a modelagem de prioridades/preferências considerando limites de preferência denominados p e q quando comparar as opções dentro dos critérios. Conforme reportado por Gomes et al. (2010), à luz do estado da arte no apoio multicritério a decisão (AMD), o THOR fez as seguintes contribuições:

Apresenta algoritmo híbrido que agrega simultaneamente conceitos da teoria dos

conjuntos aproximativos (TCA), teoria dos conjuntos nebulosos, teoria da utilidade e modelagem de preferências;

- Ordena alternativas discretas em processos decisórios transitivos ou não;
- Faz a eliminação de critérios redundantes, considerando simultaneamente se a informação é dúbia (uso da TCA) e se ocorre elevação da imprecisão do processo de decisão (uso da teoria dos conjuntos nebulosos);
- Quantifica a imprecisão e a utiliza no processo de decisão AMD;
- Permite simultaneamente a entrada de dados de mais de um decisor, possibilitando que eles expressem seu(s) juízo(s) de valor(es) em escala de razões, intervalos ou ordinal;

A nova fórmula utilizada pelo THOR (para atribuição de pesos na escala ordinal) foi obtida após o estudo das três fórmulas existentes na literatura;

- O decisor também pode executar o processo de decisão sem atribuir pesos aos critérios;
- Elimina a necessidade de alguns algoritmos que se baseiam na modelagem de preferências de determinar um valor, normalmente arbitrário, para a concordância.

Para comparar resultados entre métodos seria viável com métodos de uma mesma escola ou princípio de agregação. Considerando que o THOR é um método que incorpora aspectos da Escola Americana, assim como o método AHP, optou-se por comparar os resultados obtidos pelo THOR com os oriundos da aplicação do método AHP. A seguir descreve-se a aplicação dos métodos THOR e AHP ao problema de escolha do modelo de energia suplementar para o CIASC no apoio multicritério à decisão (AMD), o THOR fez as seguintes contribuições:

6.2 RESULTADOS METODOLÓGICOS ALCANÇADOS

Figura 16: Tabela de discordância THOR

Tabela de discordância			
Alternativas / Critérios	SOLAR	EÓLICA	GERADOR
CUSTO	10	10	10
EFICIÊNCIA	10	10	10
MANUTENÇÃO	10	10	10
ECONOMIA	10	10	10
ECOLOGIA	10	10	10
IMPACTO VISUAL/S	10	10	10

Fonte: Autor (2019)

Figura 17: Tabela de limiares de preferência dos critérios THOR

Limiares de preferência dos critérios.		
Critérios utilizados:	Valor p	Valor q
SOLAR	0.90	0.45
EÓLICA	0.90	0.45
GERADOR	0.80	0.40

Fonte: Autor (2019)

Figura 18: Tabela de Classificação THOR

S1				
SOLAR:	0.0		0.571	0.5 Soma: 1.071
EÓLICA:	0.0		0.0	0.5 Soma: 0.5
GERADOR:	0.5		0.5	0.0 Soma: 1.0
S2				
SOLAR:	0.0		0.571	0.5 Soma: 1.071
EÓLICA:	0.0		0.0	0.5 Soma: 0.5
GERADOR:	0.5		0.5	0.0 Soma: 1.0
S3				
SOLAR:	0.0		1.0	0.5 Soma: 1.5
EÓLICA:	0.0		0.0	0.5 Soma: 0.5
GERADOR:	0.5		0.5	0.0 Soma: 1.0

Fonte: Autor (2019)

É importante salientar que o THOR apresenta como solução três alternativas/situações detalhando cada uma delas, esclarece, dessa forma, qual a pior hipótese apresentada o que serve para ser a primeira opção a ser descartada e ao mesmo tempo realça os atributos da opção vencedora. Apresenta ainda que a 2ª e 3ª opção apresentaram resultados semelhantes quanto ao segundo e terceiro colocados nas situações 2 e 3, e terceira situação destacou ainda mais a opção vencedora.

6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS AHP E THOR

Com base nos resultados alcançados pelo emprego de dois diferentes métodos multicritério, Sistema de Apoio à Decisão, o decisor pôde realizar sua decisão com maiores informações sobre o problema, adquirido através das modelagens efetuadas. É interessante compreender que, embora os dois métodos dependem de bases diferentes, produziram em particular resultados bastante idênticos. Outras aplicações de ambos AHP e THOR

confirmaram a tendência dos resultados, apesar das diferenças conceituais e técnicas entre os dois métodos: o AHP é apropriado para avaliar a consistência nas ponderações, evitando incoerências no processo decisório, o THOR se baseia na ciência de classificação superior e não leva em conta a atitude de um decisor enfrentar risco.

Na ocorrência de que eles produziram efeitos análogos indica que a estruturação de um problema de decisão de uma forma compreensiva e o bom emprego de um método corretamente pode ser pelo menos tão importante como as características técnicas do método, o que ficou muito bem evidenciado no método AHP e o THOR.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando todos os pontos relevantes da pesquisa, percebe-se que a instalação de sistemas de energia solar não agrega somente benefícios financeiros, mas também está inserido no contexto da responsabilidade social e sustentabilidade em que as Organizações Militares buscam se adequar, para adotar uma postura que esteja de acordo com as necessidades ambientais e sustentáveis. Assim, tal responsabilidade está totalmente atrelada ao comprometimento da OM em buscar soluções que contribuam para o desenvolvimento sustentável do país.

Considera-se então que a inclusão de uma central elétrica fotovoltaica, apesar de necessitar de um investimento inicial considerável, é altamente vantajosa, visto que apresenta um período de retorno curto considerando que a OM estará sempre ativa e possui operações continuamente, onde, compõe em média cerca de cinco anos e que no seu período útil será proveitosa financeiramente.

Portanto, percebe-se que a energia Solar Fotovoltaica atingiu já um nível de desenvolvimento tecnológico e custo comercial a ponto de surgir como uma alternativa às tradicionais fontes de energia elétrica e mostra-se a existência de um potencial de economia dos recursos financeiros e independência do sistema elétrico.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Guilherme Henrique. **Sistema Solar Fotovoltaico Conectado À Rede – Estudo De Caso no centro de tecnologia da UFRJ**. São Carlos, 2016. Disponível em <file:///C:/Users/mdmdel/Download/s/Alves_Guilherme_Henrique_tcc.pdf> acesso em 07 mai 2019.

ANAMI, André Massayoshi. **Painel fotovoltaico: perspectivas e desafios**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ANDRADE, D. C. et al. (2016), **O uso do método de estruturação de problema strategic choice approach no desenvolvimento de novos produtos**, XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção

ANEEL, Agência Nacional de Energia elétrica. Atlas de energia. 2012. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_eolica/energia_eolica.htm> acesso em 01 jul 2019.

ANGOLA, Universidade Católica de; Relatório em Energia em Angola. Ed UCA, 2016. ISBN:978-989-884-107.

ATLAS DE ENERGIA SOLAR. 2017. Disponível em < <http://absolar.org.br/atlas-brasileiro-de-energia-solar-2a-edicao.html> > acesso em 01 mai 2019.

ATLAS DE ENERGIA SOLAR. São José dos Campos - Brasil. 2ª Edição - 2017

AZEVEDO, João Paulo Minardi; DO NASCIMENTO, Raphael Santos; SCHRAM, IGOR BERTOLINO. **Energia eólica e os impactos ambientais: um estudo de revisão**. REVISTA UNINGÁ, v. 51, n. 1, 2018

BESSO, Rachel. **Sistema Solar Fotovoltaico conectado a rede- Estudo de caso no centro de tecnologia da UFRJ**. Escola politécnica. Rio de Janeiro, 2017.

BRANNSTROM, Christian et al. **Perspectivas geográficas nas transformações do litoral brasileiro pela energia eólica**. Revista Brasileira de Geografia, v. 63, p. 3-28, 2018.

BRIOSO, R. A.; MUSETTI, M. A. **Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h**. 2015. Pesquisa Operacional. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v22n4/0104-530X-gp-0104-530X975-13.pdf>> acesso em 05 maio 2019.

CARDOSO, Rosângela; et al. **SAD THOR como ferramenta de Apoio à Decisão na escolha de embalagens na cadeia produtiva de Imunobiológicos**. Universidade Federal da Paraíba. 2007.

CARVALHO, Iasmim Mayara Libório; RUZENE, Denise Santos; SILVA, Daniel Pereira. Análise dos impactos da energia eólica. **Anais do VIII SIMPROD**, 2016.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Geração de energia eólica já cresceu 17,8% em 2018**. Publicado por Luciano Nascimento. 2018. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-09/geracao-de-energia-eolica-ja-cresceu-178-em-2018>> acesso em 01 jul 2019.

CELESTINO, Nívea Maria; LOUZADA, Daniel Ramos; R. CALILI, D. R. LOUZADA,. **Método AHP para avaliação e escolha de fontes de geração para a segurança da expansão de energia – análise do caso do Nordeste Brasileiro**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2018.

CHECKLAND, P., & POULTER, J. **Aprender para a ação - um curto relato definitivo da SSM, e seu uso para praticantes, professores e alunos**. Ed. 1 2006, Brasil.

CHECKLAND, P. B.; SCHOLLES, J. *Soft systems methodology in action*. Chichester: Wiley, 1990.

- CIASC, Centro de Instrução Almirante Sylvio de Carmago. **Documentação Interna de acesso físico**. Rio de Janeiro, Brasil, 2019.
- GEBERT, Alice; MULLER, Rafaela; CASAGRANDE, Deise. **Energia Solar Fotovoltaica**. Feira Regional de Matemática do RS, v. 1, n. 1, 2018.
- GOMES, L. A. M; GOMES, C. F. S. **Princípios e métodos para tomada de decisão: enfoque multicritério**. 6ª. Ed. – São Paulo: Atlas, 2019.
- GOMES LFAM, Rangel LAD, Jerônimo RL (2010) **Um estudo sobre a mobilidade profissional em uma grande empresa através do mapeamento cognitivo**. *Pesqui Oper* 30 (2): 331-334. doi:10.1590 / S0101-74382010000200005.
- GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro, GOMES, Carlos Francisco Simões, RANGEL, Luiz Alberto Duncan. **Ballast Water Management: uma análise comparativa dos TODIM e Thor**. Ibmecc / RJ, Universidade Federal Fluminense, MCDM Grupo de Pesquisa do Ibmecc, Rio de Janeiro, Brasil.1999.
- KASPARY, Rosane Maria; JUNG, Carlos Fernando. Energia Eólica no Brasil: Uma Análise das Vantagens e Desvantagens. In: Congresso nacional de excelência em gestão. 2015.
- KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha *et al.* Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.
- LIGHT, Concessionária de Energia Elétrica. **Composição da tarifa em abril de 2019**. Disponível em <<http://www.light.com.br/para-residencias/Sua-Conta/composicao-da-tarifa.aspx>> acesso em 01 mai 2019.
- MANSO DF, Suterio R, Belderrain MCN (2015) **Estruturação do Problema de Gerenciamento de Desastres do Estado de São Paulo POR intermedio do metodo Opções de Desenvolvimento Estratégico e Análise**. *Gest Prod* 22 (1): 4-16. doi: 10.1590 / 0104-530X1105-13.
- MARINHA DO BRASIL. **Marinha do Brasil lança projeto pioneiro em gestão e eficiência energética**. Abril, 2017. Disponível em <<https://www.marinha.mil.br/noticias/marinha-do-brasil-lanca-projeto-pioneiro-em-gestao-e-eficiencia-energetica>> acesso em 01 mai 2019.
- OMEGA, Concessionária de Energia elétrica. **CGE Gargaú-Capacidade instalada**. Disponível em <<http://www.omegaenergia.com.br/projetos/cge-gargau/>> acesso em 01 jul 2019.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL – CRESEB, Rio de Janeiro, 2014.
- PINTO, Lucía Iracema Chipponelli; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 6, p. 1082-1100, 2017.
- PÍTICA, Monique. **Energias Renováveis**. O papel da IRENA. Ed. Appris. 1ª ed. Curitiba - PR, 2015.
- SANTOS PR, CURO RSG, BELDERRAIN MCN (2011) **Aplicação fazer mapa cognitivo um hum Problema de Setor decisão fazer Aeroespacial de Defesa do Brasil**. *J Aerosp Technol Manag* 3 (2): 215-226. doi: 10,5028 / jatm.2011.03021211.

SANTOS, Ana Laura B. D. V. FERREIRA, L. G. B. SILVA, M. S. MACEDO & T. FERREIRA, **Método de análise hierárquica para suporte à decisão na localização de instalações geradoras de energia solar fotovoltaica no estado de Sergipe**. 2018. Pesquisa operacional: Disponível em <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/index.asp?pesq=ok&ano=2018&area=1510&pchave=ahp&autor>> acesso em 05 mai 2019.

SANTOS, Marcos dos; GOMES, Carlos Francisco Simões; OLIVEIRA, Altina Silva. COSTA, Helder. **Uma Abordagem Multicritério Para Seleção De Um Navio De Guerra De Médio Porte A Ser Construído No Brasil**. Anais do XLVIII SBPO Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional Vitória, ES, 27 a 30 de setembro de 2016.

SCHAFFER, André L. (2018), **Estudo de localização de uma usina solar fotovoltaica de 1MW no Brasil utilizando o método AHP**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Instalação de sistema de microgeração solar fotovoltaica**. SP editora, 2016. 216 p.:il/ ISBN 978-85-8393-586-5.

SILVA, R. M. Energia Solar: dos incentivos aos desafios. Texto para discussão nº 166. Brasília. Senado Federal, 2015.

SILVEIRA, Natália. **Como o preço da Energia Solar despencou ao longo dos anos**. fev, 2019. Disponível em <<https://fotonengenharia.com/como-o-preco-da-energia-solar-despencou-ao-longo-dos-anos/>> acesso em 07 mai 2019.