



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 (FN) MAYCON ROBERTSON GOMES DE ALMEIDA

**SELEÇÃO DE FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA PARA AS ORGANIZAÇÕES
MILITARES DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS: APLICAÇÃO DOS MÉTODOS
MULTICRITÉRIO AHP E THOR**

Rio de Janeiro, RJ

2019

CT (FN) MAYCON ROBERTSON GOMES DE ALMEIDA

**SELEÇÃO DE FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA PARA AS ORGANIZAÇÕES
MILITARES DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS: APLICAÇÃO DOS MÉTODOS
MULTICRITÉRIO 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

SELEÇÃO DE FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA PARA AS ORGANIZAÇÕES MILITARES DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS: APLICAÇÃO DE MÉTODOS MULTICRITÉRIO AHP E THOR

Maycon Robertson Gomes de Almeida
CIASC/FURG

Resumo: O objetivo desse artigo é assessorar a escolha de um sistema de geração de energia renovável a ser instalado nas Organizações Militares (OM) do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN). Estudou-se a larga utilização e o consequente impacto orçamentário do consumo de energia elétrica conjugado com a crescente importância que o conceito de sustentabilidade ganha na sociedade e ainda os benefícios dos sistemas renováveis, apresentando como resultado as opções hierarquizadas. Inicialmente o problema a ser resolvido é estudado por meio do Método de Estruturação de Problemas SSM (*Soft System Methodology*), para encontrar as alternativas que se apresentam como adequadas. Assim, valendo-se das ferramentas de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), serão utilizados o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e o método THOR (Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas), para que de posse dos resultados, após comparação, seja revelada a solução. Os critérios e pesos utilizados serão atribuídos à luz de pesquisa em bibliografia especializada e entrevistas realizadas com Engenheiros Elétricos civis e militares.. Após a aplicação das ferramentas AMD, foi realizada uma projeção de gastos ao longo do ciclo de vida do sistema gerador de energia comparado à projeção de gastos com energia elétrica no modelo atual. Notoriamente a sociedade se beneficiará por meio do desenvolvimento nacional dessas tecnologia por meio do ganho de expertise e possibilidade de servir de modelo para outras instituições públicas ou privadas.

Palavras-chave: ***Analytic Hierarchy Process* (AHP), Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), Apoio Multicritério à Decisão (AMD), Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas (THOR), Energia Renovável**

1. INTRODUÇÃO

As Forças Armadas são instituições nacionais permanentes, conforme previsto no Artigo 142 da Constituição Federal (Brasil, 1988), com isso podemos inferir que suas instalações também tendem majoritariamente a permanecerem nos mesmos locais por períodos prolongados. O que se aplica igualmente ao Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) pois mesmo que as dependências atuais mudem de propósito militar, dificilmente as instalações em si deixarão de ser militares.

1.1. A ENERGIA ELÉTRICA NAS ATIVIDADES MILITARES

As OM, tal qual empresas, possuem instalações abastecidas por energia elétrica, todos os sistemas internos são gerenciados por computadores, os ranchos (refeitórios e cozinhas) possuem diversos equipamentos elétricos bem como toda a rede de iluminação. Dessa maneira fica claro que a demanda por eletricidade gera um custo que será deduzido das verbas destinadas ao orçamento anual de cada Força Armada. Cabe ressaltar que o dinheiro que qualquer órgão público utiliza é oriundo da arrecadação de impostos, o que faz crescer de importância a busca por meios de minimizar o consumo e consequentemente maximizar a destinação dos recursos públicos.

Nesse contexto fica evidente que a possibilidade de investir em geração de energia renovável se faz extremamente relevante por se tratarem de sistemas que ao longo do tempo compensam o investimento e a partir daí passam a poupar gastos com fornecimento de energia elétrica pelo resto do ciclo de vida útil dos equipamentos. Considerando-se o diversificado potencial energético brasileiro, também fica evidente que o país é naturalmente vocacionado para explorar as mais diversas formas de produção.

Outra vertente que visa a implementação de fontes renováveis é participação do Brasil nas missões da Organização das Nações Unidas (ONU) projeta a redução do uso dos combustíveis fósseis em suas instalações ao redor do mundo nas mais diversas missões (UN, 2017). O Brasil, como membro da ONU, já participou de missões anteriores como Angola e Haiti, além de manter observadores militares atuando nas mais diversas missões ao redor do mundo. Assim, em um futuro, é muito possível que nossas tropas voltem a compor efetivos de “Capacetes Azuis” (tropas empregadas em missões de paz), o que também corrobora para que as Forças Armadas se atualizem e seus militares que agora manuseiam geradores movidos a combustíveis fósseis possam também operar sistemas renováveis. O que é considerada uma boa prática pela ONU (MAERTENS e SHOSHAN, 2018, p.16).

1.2. SUSTENTABILIDADE

A Sustentabilidade é um conceito definido por ações e atividades que têm por finalidade suprir as demandas humanas, sem necessariamente prejudicar o futuro das próximas gerações pois não esgotam as fontes dos recursos. Está assim diretamente associada ao desenvolvimento econômico e material sem danificar o meio ambiente, usando os recursos naturais judiciosamente de forma adequada. Este conceito ganha cada vez mais destaque conforme a conectividade e o acesso à informação se torna mais fácil, e a população mais informada sobre assunto. O desenvolvimento não é sustentável quando um dos três componentes não é cumprido: sustentabilidade econômica, a social e a ambiental, e todas elas precisam ser levadas em conta e harmonizadas (GOLDEMBERG, 2015, p. 34).

Na realidade o desenvolvimento sustentável tem três componentes indispensáveis, isto é, se apoia num tripé: a sustentabilidade econômica, a social e a ambiental, e todas elas precisam ser levadas em conta e harmonizadas. Quando uma delas não está presente considera-se que o desenvolvimento não é sustentável. É o chamado TBL (*Triple Bottom Line*) ou tripé da sustentabilidade (ELKINGTON, 1997).

Dessa forma o emprego de fontes renováveis de energia nas OM se enquadra no tripé pois economicamente o investimento é compensado ao longo do tempo e proporcionará redução dos gastos, ao aliviar a rede de abastecimento que atende tanto ao meio militar quanto ao civil e ainda

disponibilizar excedentes há a contribuição social, e em maior evidência o quesito ambiental tendo em vista a não emissão de gases poluentes.

1.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS RENOVÁVEIS

As fontes de energia renováveis possuem como grande vantagem a utilização de fenômenos recorrentes da natureza como exemplo a incidência de luz solar, ventos e o fluxo dos rios, mas em contrapartida as tecnologias atuais e a geração de eletricidade em quantidades elevadas têm como barreira inicial o custo de instalação.

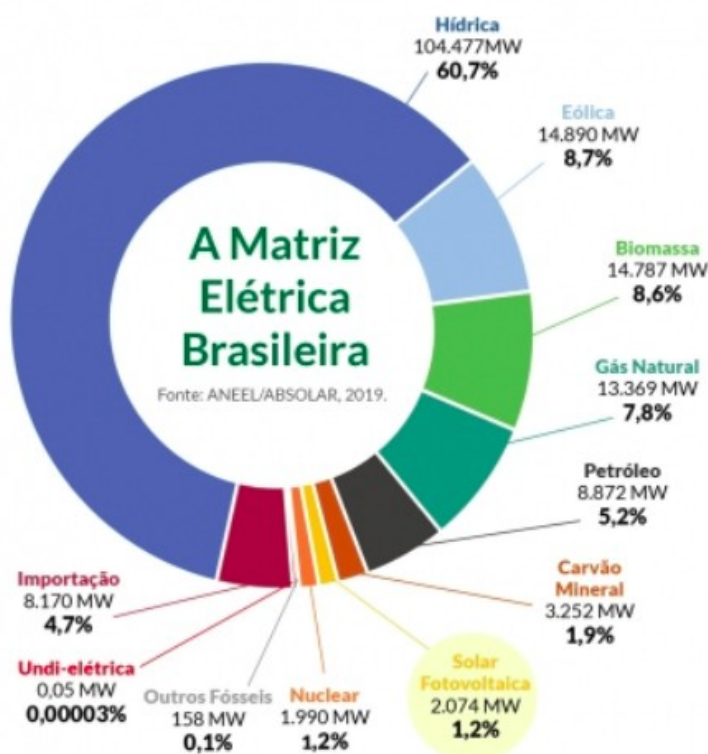
Outro fator negativo é que tanto a energia solar quanto a energia eólica, por exemplo, requerem extensões territoriais e locais específicos. Entretanto, esses sistemas têm a capacidade de em um período de tempo poupar recursos de forma a compensar o valor inicial de investimento e, ao longo de sua vida útil, continuar gerando economia. Um outro aspecto que sobremaneira contribui para a adoção dos sistemas supracitados é vantagem de se tornar autossuficiente e assim não ter despesas com eletricidade.

1.4. SISTEMAS RENOVÁVEIS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Atualmente existem diversas tecnologias em desenvolvimento para aproveitar fontes de energias ainda pouco exploradas tal qual as fontes limpas do movimento das marés e de fontes geotérmicas. Porém outras tecnologias que no passado eram inviáveis em escala comercial foram desenvolvidas e atualmente são realidade, mesmo que ainda aproveitadas em pequena escala se comparado em nosso país com as convencionais.

A matriz energética brasileira já é composta de mais de 70% de fontes renováveis, cerca de 60% é de origem hídrica devido às grandes bacias das quais dispõe o território nacional. Essas usinas demandam grandes investimentos e obras estatais, o que também acarreta danos ao meio ambiente pelo alagamento de vastas áreas. Segue diagrama da matriz energética brasileira:

Figura 1: Matriz energética brasileira



Fonte:

<http://www.absolar.org.br>

2. O PROBLEMA

Dado o contexto político e econômico nacional a austeridade é pauta destacada quando se trata de orçamentos dos órgãos governamentais. Ampliar o orçamento de Defesa também é um desafio, o que direciona as Forças Armadas para buscar alternativas que possam maximizar o aproveitamento das verbas disponíveis. O problema abordado nesse artigo se trata de propiciar economia e impactos positivos dentro e fora do meio militar, tal qual foi exposto na introdução.

2.1. ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA (MÉTODO DE ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA) POR MEIO DO SSM (*SOFT SYSTEM METHODOLOGY*)

Quando em situações complexas, carregadas por uma gama de informações (por vezes divergentes), é normal que se tenha dificuldade para processar essas relações e conseqüentemente melhor avaliar o problema em tela.

Os Métodos de Estruturação de Problemas, também chamados PSM (*Problem Structuring Methods*), são ferramentas que permitem manobrar perspectivas diversas conjuntamente para encontrar uma solução comum e aplicável. Seu principal Objetivo é facilitar a compreensão, justamente por serem acessíveis para quem não possui o conhecimento matemático específico.

Segundo DE ALMEIDA (2012) “o problema deve ter sua compreensão facilitada sem excluir nenhuma camada envolvida. O uso de demasiada matemática que pode não ser de clara compreensão às partes envolvidas, pode promover a sensação de manipulação. Assim, para evitar isso, faz-se necessário o recurso de utilizar métodos gráficos pois representações da considerável complexidade podem ser visualizados com facilidade.”

Para KOTIADÍS e MINGERS (2006), pode-se empregar dois tipos de abordagem à Pesquisa Operacional (PO) ou a combinação deles: abordagem *Hard*, tradicional, a qual já não se mostra suficiente ao mundo contemporâneo devido ao aumento constante da complexidade dos problemas e a necessidade de planejamento mais amplo, ou seja levando cada vez mais fatores em consideração; e a Abordagem *Soft*, qual leva em consideração o entendimento dos aspectos cognitivos do ser humano para que este possa ser apoiado no processo decisório.

A principal função da PO *Soft* é estruturar os problemas antes de tentar resolvê-los, sem requerer do usuário um conhecimento matemático. Os PSM mais conhecidos e utilizados são: SODA (*Strategic Options Development and Analysis*), SSM (*Soft Systems Methodology*), VFT (*Value-Focused Thinking*) e SCA (*Strategic Choice Approach*). A seleção do PSM para estruturar o problema é situacional. De acordo com ANDRADE e MORAIS (2016), segue breve explicação dos métodos:

SODA (*Strategic Options Development and Analysis*): Auxiliar os decisores envolvidos em problemas complexos a encontrar uma solução ou um conjunto de soluções de compromisso. 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 (Rosenhead, 1989);

SSM (*Soft System Methodology*): Trabalha com ambiente e aprendizado para analisar problemas complexos. Avaliação do mundo real, através de debates comum grupo estabelece quais as mudanças são possíveis de serem realizadas. – 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 (Checkland, 1999).

SCA (*Strategic Choice Approach*): Administração das incertezas em situações estratégicas. Comparações interativas dos esquemas alternativos de decisão para trazer incertezas à tona. SCA – 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 à 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 (ROSENHEAD e MINGERS, 2004).

VFT (*Value-Focused Thinking*): Os métodos anteriores focam na avaliação de alternativas, chamados de *Alternative-Focused Thinking* (AFT), para a escolha dentre as conhecidas ou atualmente disponíveis ao decisor. VFT É uma abordagem diferente por estar focada nos valores que o decisor se apoiará para a tomada de decisão. Ressaltando valores e objetivos aos quais se deseja alcançar, assim a alternativa se trata de um meio para tal realização. 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 (KEENEY, 2012).

Segundo KOTIADIS e MINGERS (2006) as PO *Hard* e PO *Soft* podem ser empregadas juntas de três formas distintas:

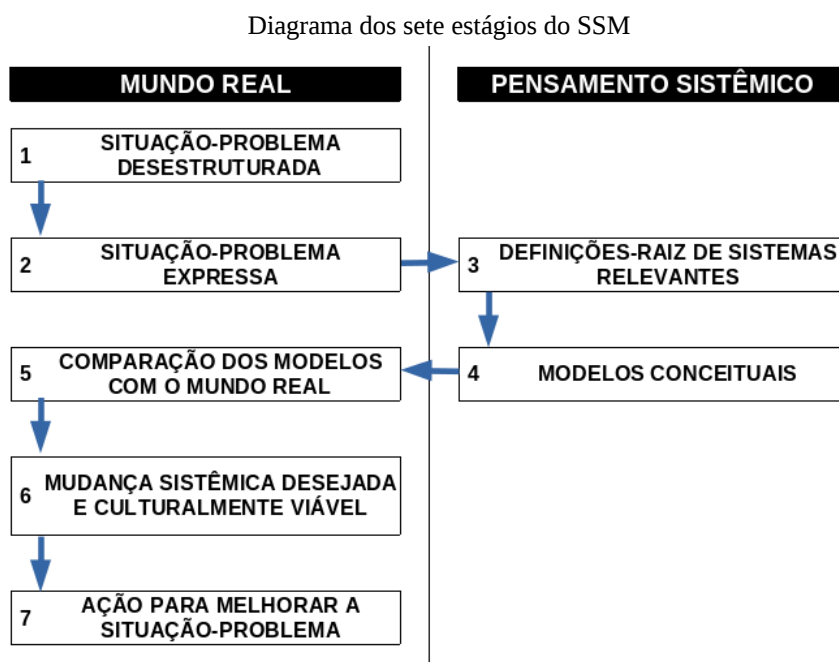
- a) Alimentando-se ciclicamente;
- b) PO *Soft* contendo a PO *Hard*; e
- c) PO *Hard* e PO *Soft* entrelaçadas (conjuntas).

Devido à natureza da problemática a ser resolvida será empregada PO *Soft* contendo a PO *Hard*, de forma que incia-se pela estruturação do problema *Soft* de forma a evidenciar os critérios, alternativas e os métodos *Hard* mais adequados, emprega-se a *Hard* para chegar à solução final que será estudada à luz da *Soft*. Devido ao exposto, será empregado o método SSM, em virtude de suas características.

2.1.1. SSM (SOFT SYSTEM METHODOLOGY)

O SSM foi desenvolvida por CHECKLAND e SHOLES (1990), por meio da comparação do mundo como deveria ser (mundo real) com modelos do mundo ideal (mundo dos sistemas) com conceitos relacionados à pesquisa qualitativa para analisar, diagnosticar e resolver problemas, valendo-se de uma metodologia heurística, a partir de tomadas de decisões consistentes em função do uso de sete estágios durante a investigação organizacional, (GOMES, 2019).

A diferença entre os modelos ideais e a realidade é o ponto base para as decisões que vão mudar a organização, trata-se de uma abordagem sistêmica, ou seja, utiliza conceitos da Teoria dos Sistemas. Segue o diagrama com os sete estágios:



Fonte: adaptado de CHECKLAND (1981)

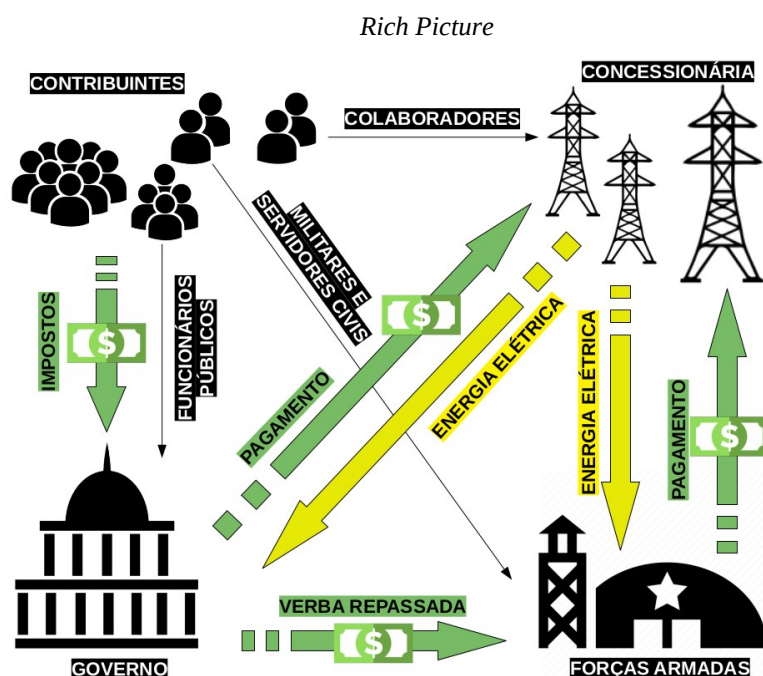
2.1.1.1. SITUAÇÃO-PROBLEMA DESESTRUTURADA (MUNDO REAL):

Os gastos com energia elétrica irão ocorrer, é um fato dado o uso dos diversos equipamentos no dia a dia, é intrínseco ao funcionamento das OM. Esse é um dinheiro que não volta, não é um investimento, por assim dizer, é um custo fixo, tanto para o meio administrativo quanto para o operativo.

Justamente pela restrição orçamentária há uma tendência a manter o *status quo*, pois não carece de investimento, tão pouco necessita de alterações estruturais. De outro lado temos a necessidade de reduzir esses custos para que se possa realizar investimentos em outras áreas de defesa, trata-se de uma solução de compromisso.

2.1.1.2. SITUAÇÃO-PROBLEMA EXPRESSA (MUNDO REAL):

Pelo prisma do consumo energético temos possibilidades: manter o sistema atual onde a energia é consumida das empresas distribuidoras de energia, investir em meios de produção renováveis próprios mas ainda conectado à rede ou investir em produção energética totalmente independente das redes regulares. Com isso temos os elementos para a construção da *Rich Picture*, CHECKLAND (1981), que engloba variados pontos de vista da situação estudada de maneira a elaborar modelos de sistemas relevantes para a resolução do problema.



Fonte: Autor (2019)

2.1.1.3. DEFINIÇÕES-RAIZ DE SISTEMAS RELEVANTES (PENSAMENTO SISTÊMICO):

Após analisar a figura rica, aspectos da situação estruturada organizados em termos sistêmicos: uma descrição básica das atividades, a partir de um determinado ponto de vista (PIDD, 1998). Do sistema tenta-se extrair uma estrutura fundamental, a definição sucinta, que servirá de base para o seu entendimento sistêmico e para possíveis soluções aceitáveis e desejáveis para a situação problemática (CHECKLAND, 1981). O recurso que auxilia a sua construção é conhecido pelo mnemônico CATVPA, o qual identifica os elementos básicos que nela devem estar presentes:

- Clientes: Contribuintes, são os que pagam por qualquer serviço gerenciado pelo governo;
- Atores: Militares
- Transformação: Reduzir as despesas com energia, passando a produzir por meios renováveis;

- Visão de mundo: Ao longo do ciclo de vida dos geradores de energia renovável não necessitar de pagar pela energia elétrica, as verbas repassadas poderão ser investidas efetivamente em Defesa;
- Proprietários: Contribuintes (representados pelos governantes); e
- Restrições do ambiente: Falta da cultura de planejamento de longo prazo e a necessidade de investimentos em infraestrutura.

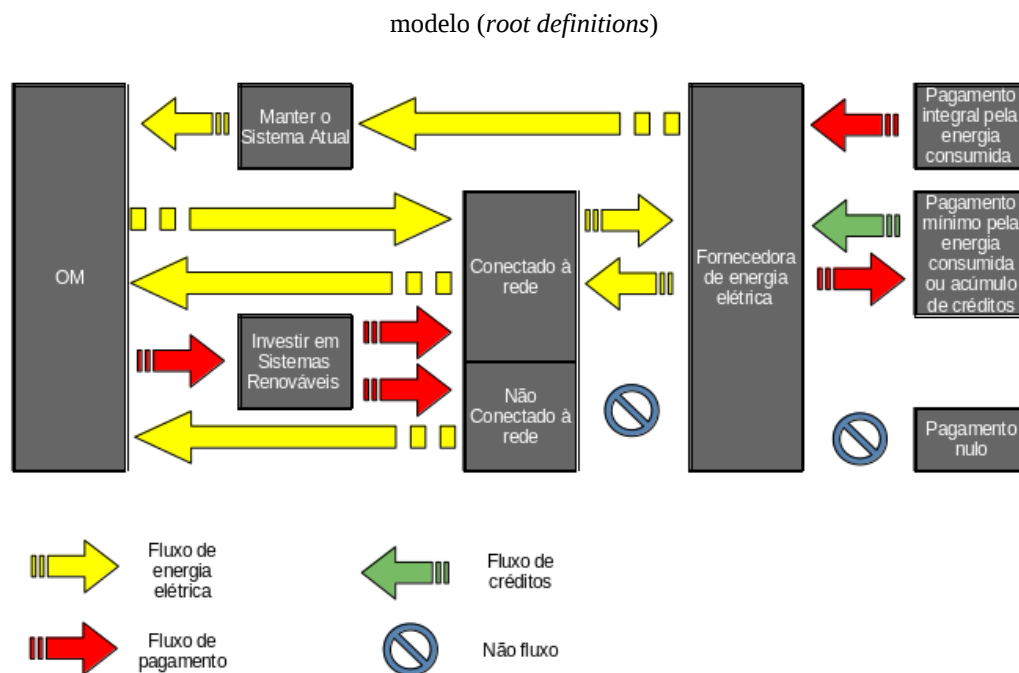
2.1.1.4. MODELOS CONCEITUAIS (PENSAMENTO SISTÊMICO):

Foi construído um modelo que realiza uma transformação de inputs em outputs, uma descrição de um conjunto de atividades humanas com propósitos, concebido como um processo de transformação CHECKLAND (1981). Para chegar neste modelo se faz necessário antes entender como se dá o armazenamento de energia produzida: os sistemas renováveis em tela podem ser classificados quanto ao modo de armazenamento em dois: sistemas conectados à rede, chamados *On Grid* e os sistemas não conectados à rede *Off Grid*.

Os sistemas *On Grid* permitem sempre que houver excedente de energia, a mesma não ser perdida pois a rede elétrica local redireciona para outros consumidores, assim ganha-se créditos junto à distribuidora local independentemente do período do dia, caso se produza mais do que se consome os créditos serão armazenados para dias que a produção é inferior à demanda. Se a energia gerada não supre toda a demanda, a rede elétrica compensa o que se faz necessário. O que acarreta pagar-se menos para a distribuidora pela energia consumida, sendo a conta se resumindo à diferença entre o que foi produzido e o que foi consumido.

Os sistemas *Off Grid* não são conectados à rede elétrica, alimentam assim diretamente os diversos aparelhos. É comumente utilizado em localidades isoladas as quais não são abastecidas por distribuidoras de energia. A energia produzida é necessariamente armazenada em baterias ao invés de ser enviada à rede elétrica.

A seleção entre *On Grid* e *Off Grid* leva fatores estruturais em consideração. Caso a região estudada não dispôr de rede elétrica, adota-se o sistema *Off Grid*. Quanto maior a necessidade de potência em virtude das características dos aparelhos, maior e mais cara será o conjunto de baterias para armazenagem.



Fonte: Autor (2019)

2.1.1.5. COMPARAÇÃO DOS MODELOS COM O MUNDO REAL (MUNDO REAL):

A *Rich Picture* exhibe visualmente o problema a ser estudado enquanto as *Root Definitions* apresentam possibilidades para mitigá-lo. Trata-se do ideal, tanto a *Rich Picture* quanto as *Root Definitions*, voltando ao “mundo real”, carecem de aprofundamento dos estudos, coleta de dados e testes. Observa-se três possibilidades:

- 1) Manter o Sistema Atual: não requer investimentos e não reduz os gastos;
- 2) Investir em Sistemas Renováveis (requer investimentos):
 - *On grid*: dependência da rede, porém a energia depositada se reverte em créditos; e
 - *Off grid*: independência da rede, porém carece de maior investimento.

2.1.1.6. MUDANÇAS SISTEMATICAMENTE DESEJÁVEIS E CULTURALMENTE VIÁVEIS (MUNDO REAL)

A partir da análise realizada no estágio anterior, observa-se que manter o sistema atual não agrega em nada à solução do problema. Além disso, o uso de sistemas renováveis já é uma realidade no meio empresarial e doméstico. O que nos leva a duas opções: sistema *on grid* ou *off grid*, porém há diferenças estruturais com prós e contras já apresentados antes.

Um olhar simplista indicaria como melhor solução o uso dos sistemas não conectados à rede, devido à independência desejável conferida. Entretanto, o custo inicial de instalação pode tornar o projeto inviável, principalmente pelos custos com baterias para armazenamento, as quais demandam espaço e possuem alto valor de aquisição. Neste estudo somente será considerado o sistema *On Grid* pois as OM do CFN estão todas conectadas à rede. Apesar de ser interessante para a autonomia das Forças Armadas, o sistema *Off Grid* demanda um estudo separado para emprego em bases de caráter isolado ou expedicionário.

2.1.1.7. AÇÃO PARA MELHORAR A SITUAÇÃO-PROBLEMA (MUNDO REAL)

Após o exaurir as etapas pregressas do método SSM chegamos à uma proposta desejável para solucionar a situação-problema estudada: investimento em sistemas renováveis de energia conectados à rede. Porém existem diversas possibilidades como eólica, fotovoltaica, termo solar, micro-hidroelétricas, entre outras.

Para avaliar as alternativas e elencá-las hierarquicamente mediante os critérios selecionados, serão empregadas ferramentas de Apoio Multicritério à Decisão (AMD): método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e o método THOR (Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas).

3. SISTEMAS SELECIONADOS PARA O ESTUDO

A principal fonte de energia distribuída pelas distribuidoras é hidroelétrica, assim não será considerada uma alternativa pois já se trata do sistema vigente e o que se busca é implementação de alternativas novas. Após a seleção do sistema melhor avaliado por AMD será realizada uma projeção de valores gastos em dentro do ciclo de vida da alternativa selecionada em comparação com o sistema preponderantemente instalado e utilizado.

Para direcionar o estudo para uma possibilidade aplicável à realidade das OM, foram selecionados os sistemas Eólico e Fotovoltaico. Cabe ressaltar que o fator preponderante para que esses sistemas fossem selecionados para estudo é a existência de exemplos reais de aplicações empresariais e militares, dentro e fora do Brasil. O que se torna um fator facilitador no caso de determinado modelo ser adotado em virtude dos projetos prévios que podem vir a ser reproduzidos ou adaptados.

3.1. EXEMPLO DE GERAÇÃO EÓLICA

Um exemplo nacional de utilização do sistema eólico é o parque da Honda em Xangri-lá, no Rio Grande do Sul. Os Aerogeradores fornecem energia para a fábrica de Sumaré (São Paulo), onde se localizam dependências administrativas, de pesquisa e a fábrica de carros. O parque da Honda possui nove aerogeradores, com uma capacidade total de 27,7MW. Em uso, o empreendimento

alcança a geração de 85.000 MW/ano. Com isso a empresa é a única empresa automotiva nacional autossuficiente em energia.

Figura 2: Parque Eólico da Honda em Xangri-Lá/RS

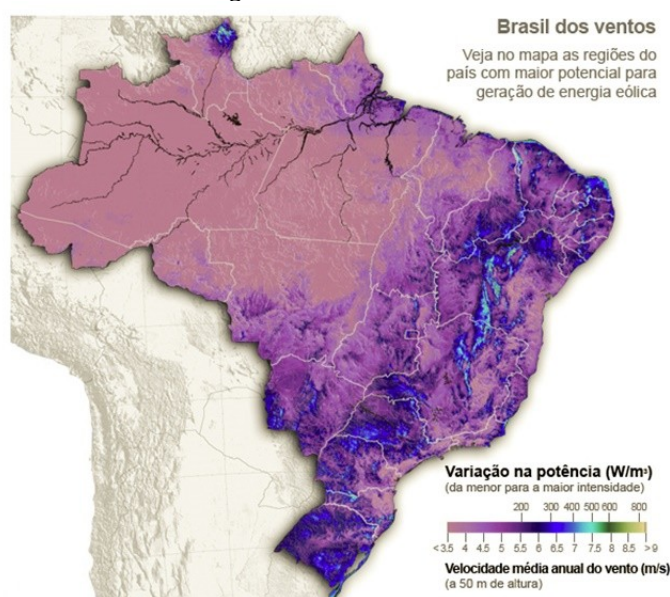


Fonte: www.honda.com.br

Podemos observar que diversas regiões do Brasil apresentam potencial para instalação de parques Eólicos, e é relevante considerar que o parque se encontra no Rio Grande do Sul e as instalações da empresa em São Paulo, o que pode ser usado com exemplo para as Forças Armadas no sentido de instalar o Sistema mais adequado em determinada região para gerar créditos pelo sistema on-grid e abastecer outras OM em localidades com potencial inferior no que tange a geração de energia.

Trata-se de uma tecnologia que depende de estudo de impacto ambiental em virtude da energia cinética dos ventos sofrerem drásticas reduções após moverem as pás dos aerogeradores. Pode-se dizer de maneira simplista que os sistema Eólico consome os ventos, além de preocupação de projeto conforme a proximidade de Aeroportos.

Figura 3: Carta de ventos



Fonte: www.portaldoagronegocio.com.br

3.2. EXEMPLO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) possui um estacionamento com painéis fotovoltaicos no campus da Ilha do Fundão (Rio de Janeiro), tem espaço de 651,64 metros quadrados, com capacidade para 65 carros, e seus 414 painéis são capazes de gerar 140 mil kWh por ano. Essa energia é suficiente para abastecer até 70 residências com consumo médio de 167 KWh por mês (G1, 2015).

Figura 4: Estacionamento Fotovoltaico da UFRJ



Fonte: www.fundoverde.ufrj.br

Também pode ser citado o exemplo de aplicação ao meio militar da usina solar de Nellis, fotovoltaica na Base Aérea de Nellis, Condado de Clark, Nevada (nordeste de Las Vegas). Pertencente à Força Aérea dos Estados Unidos da América (USAF), montado no solo emprega um sistema de rastreamento solar que otimiza o desempenho dos painéis ao decliná-los conforme a incidência dos raios solares. A energia que esse sistema entrega é fornecido a militares e civis em Nellis.

Figura 5: Usina Fotovoltaica da USAF

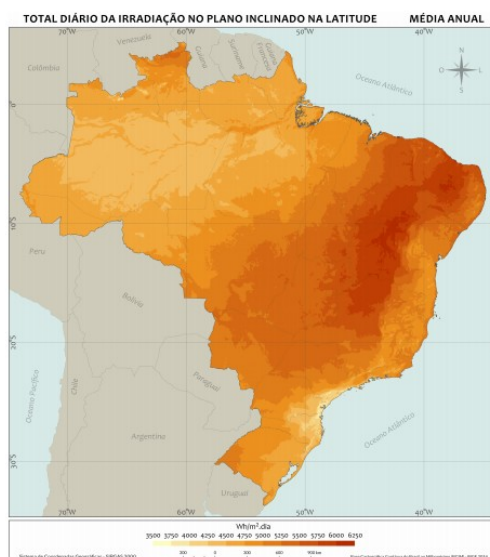


Fonte: www.af.mil

A carta de irradiação solar demonstra que o Brasil possui alta incidência de raios solares,

grande potencial a ser aproveitado. De uma forma geral todas as OM do CFN podem se beneficiar desse sistema tendo em vista a distribuição das instalações ao longo do país.

Figura 5: Carta de irradiação solar



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE)

3.3. BENEFÍCIOS PARA A SOCIEDADE

Em um cenário onde as Forças Armadas se tornem independentes em relação à demanda por energia elétrica para o desenvolvimento de suas atividades regulares, certamente acarretará em um alívio no impacto na rede de distribuição que atende tanto o meio civil quanto o meio militar.

Outro benefício é preservação de recursos naturais, contribuição mais evidente por se tratarem de sistemas que não necessitam de combustíveis fósseis e emissão zero de gases ou detritos, o que não se observa em termoeletricas e termonucleares.

A adoção desses sistemas pelas Forças Armadas seria um vetor de aquecimento econômico no setor, o que contribui diretamente e indiretamente para gerar empregos de forma local.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Brevemente, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método na tomada de decisões complexas, o AHP ajuda as pessoas a escolher e a justificar a sua escolha, baseado em matemática e psicologia (SAATY, 1991).

O Método THOR, Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas, é um algoritmo que usa simultaneamente, Teoria da Utilidade Multiatributo, Modelagem de Preferência e Teoria dos Conjuntos Nebulosos e Teoria dos Conjuntos Aproximativos. (GOMES, 1999).

Ambos os métodos serão empregados para, ao final, a comparação dos resultados permitir uma avaliação mais assertiva sobre a alternativa escolhida, tendo em mente que os métodos são essencialmente diferentes.

4.1. USO DO MÉTODO AHP

Inicialmente será apresentado um resumo simplificado dos método AHP. Após a estruturação dos critérios na formulação típica do Método AHP são seguidos os passos.

4.1.1. RESUMO DO MÉTODO AHP (PASSO A PASSO)

1º Passo: Formação das matrizes de decisão. Expressa o número de vezes em que uma alternativa domina ou é dominada pelas demais (ARAYA, CARIGNANO e GOMES, 2004).

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

2º Passo: Cálculo do Autovetor (W_i). Consiste em ordenar as prioridades ou hierarquias das características estudadas (COSTA, 2006).

$$T = \left| \frac{W_1}{\sum W_i}, \frac{W_2}{\sum W_i}, \frac{W_3}{\sum W_i} \right|$$

3ºPasso: Cálculo de Normalização dos autovetores possibilita a comparabilidade entre os critérios e alternativas (COSTA,2006).

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n W_{ij} \right)^{1/n}$$

4ºPasso: Índice que relaciona os critérios da Matriz de Consistência e os pesos dos critérios (COSTA,2006)

$$\lambda_{\max} = T \times W$$

5ºPasso: Índice de Consistência e os pesos dos critérios (COSTA,2006).

$$I.C. = \text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

6ºPasso: Razão de Consistência (RC). Permite avaliar a inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos. Caso o valor seja maior que 0,10 revisar o modelo e/ou os julgamentos (COSTA,2006)

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

4.1.1. MODELAGEM MULTICRITÉRIO

Após o estudo anterior dos meios que podem atender às peculiaridades das OM baseado em exemplos contemporâneos, chegou-se às seguintes alternativas: Sistema Eólico e Sistema Fotovoltaico . E por meio de pesquisa bibliográfica sobre as principais características dos meios de geração de energia renovável e da análise de artigos semelhantes a este, foram selecionados 6 critérios considerados ideais para avaliar as alternativas no contexto militar:

- Área Necessária: Área ocupada por cada sistemas com capacidade de geração de energia elétrica equivalente;
- Custo de Aquisição: Valor monetário a ser dispendido para adquirir sistemas com a mesma capacidade de geração de energia elétrica;
- Custo Anual de Manutenção: Valor monetário dispendido em um ano para manter o sistema;
- Eficiência: Relação de conversão da fonte primária em energia elétrica;
- Tempo de Duração do Ciclo de Vida: Tempo duração do ciclo de vida do modelo estudado; e
- Tempo de Retorno: Tempo em que o sistema gera economia de recursos financeiros suficiente para compensar o Custo de Aquisição.

4.1.2. MATRIZ DE DECISÃO

A Tabela 1 apresenta a Matriz de Decisão preenchida, onde a coluna à esquerda lista os critérios, e as colunas `direita, as alternativas.

Tabela 1: Matriz de Decisão

CRITÉRIOS	SISTEMA EÓLICO	SISTEMA FOTOVOLTAICO
AQUISIÇÃO	R\$ 16.734,00 para 2KW	R\$ 19.653,00 para 2KW
ÁREA	0,127 Km2 por MW	0,023 Km2 por MW
DURAÇÃO	15 anos	30 anos
MANUTENÇÃO	8% do custo de aquisição	1% do custo de aquisição
EFICIÊNCIA	12% da fonte	16% da fonte
RETORNO	3 anos	5 anos

Fonte: dados coletados na internet no dia 10/04/2019

4.1.3. MATRIZ DE DECISÃO NORMATIZADA

Para comparar paritariamente os critérios, os valores foram normalizados dentro da Matriz de Decisão resultando na Tabela 2.

Tabela 2: Matriz de Decisão Normalizada

CRITÉRIOS	SISTEMA EÓLICO	SISTEMA FOTOVOLTAICO
AQUISIÇÃO	0,54	0,46
ÁREA	0,15	0,85
DURAÇÃO	0,33	0,67
MANUTENÇÃO	0,1	0,9
EFICIÊNCIA	0,43	0,57
RETORNO	0,63	0,37

Fonte: Autor (2019)

4.1.4. COMPARAÇÃO PARITÁRIA ENTRE OS CRITÉRIOS E MATRIZ DE PONDERAÇÃO

Os seis critérios foram comparados dois a dois, por meio de formulários preenchidos por especialistas, o que possibilitou estabelecer os pesos dos critérios à luz da Escala Fundamental de Saaty (Tabela 3), onde: “o denominado limite psicológico, segundo o qual o ser humano pode, no máximo, julgar corretamente 7 ± 2 pontos, ou seja, nove pontos para distinguir essas diferenças.” (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004, P.48).

Tabela 3: Escala fundamental de SAATY

INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra, sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições
RECÍPROCO DOS VALORES ACIMA DE ZERO	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	
RACIONAIS	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz

Fonte: Saaty (1991)

Após a compilação dos formulários chegou-se à Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de ponderações

	AQUISIÇÃO	ÁREA	DURAÇÃO	MANUTENÇÃO	EFICIÊNCIA	RETORNO
AQUISIÇÃO	1	5,00	0,33	2,00	3,00	0,25
ÁREA	0,20	1	0,25	0,20	0,50	0,14
DURAÇÃO	3,00	4,00	1	3,00	5,00	0,33
MANUTENÇÃO	0,50	5,00	0,33	1	2,00	0,17
EFICIÊNCIA	0,33	2,00	0,20	0,50	1	0,20
RETORNO	4,00	7,00	3,00	6,00	5,00	1

Fonte: Autor (2019)

A Tabela 4 normalizada resulta na Tabela 5.

Tabela 5 – Matriz de ponderações normalizadas

	AQUISIÇÃO	ÁREA	DURAÇÃO	MANUTENÇÃO	EFICIÊNCIA	RETORNO
AQUISIÇÃO	0,1107	0,2083	0,0646	0,1574	0,2608	0,0217
ÁREA	0,0221	0,0416	0,0489	0,0157	0,0434	0,0121
TEMPO	0,3322	0,1666	0,1956	0,2362	0,4347	0,0286
MANUTENÇÃO	0,0553	0,2083	0,0645	0,0787	0,1739	0,0147
EFICIÊNCIA	0,0365	0,0833	0,0391	0,0393	0,0869	0,0173
RETORNO	0,4429	0,2916	0,5870	0,4724	0,4347	0,0869
SOMA	1	1	1	1	1	1

Fonte: Autor (2019)

4.1.5. VETOR PRIORIDADE

A Tabela 6 exprime o vetor prioridade dos critérios. O tempo de retorno do investimento teve maior peso, seguido do Tempo de Duração do Ciclo de Vida e do Custo de Aquisição, e os demais critérios com valores muito inferiores.

Tabela 6 – Vetor prioridade

CLASSIFICAÇÃO	CRITÉRIO	VALOR
1º	RETORNO	2,3155
2º	DURAÇÃO	1,3939
3º	AQUISIÇÃO	0,8235
4º	MANUTENÇÃO	0,5954
5º	EFICIÊNCIA	0,3024
6º	ÁREA	0,1838

Fonte: Autor (2019)

4.1.6. RESULTADO

O resultado da multiplicação da matriz de decisão normalizada pelo respectivo vetor prioridade dos critérios revela o ordenamento das alternativas na tabela 7.

Tabela 7– Ordenamento das alternativas (AHP)

CLASSIFICAÇÃO	OPÇÃO	PESO
1º	FOTOVOLTAICA	3,033916
2º	EÓLICA	2,580584

Fonte: Autor (2019)

Com isso o método AHP demonstrou a superioridade do Sistema Fotovoltaico mediante os critérios avaliados e as características inatas dos sistemas. O Tempo de Retorno e o Ciclo de vida

foram decisivos para diferenciar os sistemas, sendo nítido que mesmo a geração eólica possuir um valor inicial de instalação mais baixo se torna menos interessante perante o sistema fotovoltaico.

4.2. THOR

Para aplicação do método THOR serão adotadas as mesmas alternativas e critérios utilizados no método AHP, bem como os valores normalizados atribuídos a cada um. O método THOR requer ainda que o decisor represente a importância relativa entre os critérios na forma de um peso, estabeleça um limite de preferência (p) e de indiferença (q) para cada critério j, estabelecimento da discordância e a pertinência dos valores dos pesos atribuídos a cada critério, assim como a pertinência da classificação da alternativa no critério, onde:

$$\begin{aligned} aPb &= (g(a)_i) - (g(b)_i) > p ; \text{preferência forte} \\ aQb &= q < (g(a)_i) - (g(b)_i) \leq p ; \text{preferência fraca} \\ alb &= (g(a)_i) - (g(b)_i) \leq q ; \text{indiferença} \end{aligned}$$

O critério RETORNO foi considerado o mais relevante recebendo peso 5, seguido por DURAÇÃO com 4, MANUTENÇÃO e AQUISIÇÃO com 3, EFICIÊNCIA com 2 e ÁREA com 1. Esse ordenamento se deve principalmente às restrições financeiras para investimentos, dessa forma o RETORNO e a DURAÇÃO se apresentam como os mais importantes.

Tabela 8 – Tabela de entrada de valores (THOR)

	CRITÉRIOS					
	AQUISIÇÃO	ÁREA	DURAÇÃO	MANUTENÇÃO	EFICIÊNCIA	RETORNO
PESO	3	1	4	3	2	5
P	0,3	0,5	0,6	0,5	0,3	0,5
q	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
DISCORDÂNCIA	0,1	0,8	0,4	0,9	0,2	0,3
	ALTERNATIVAS					
	AQUISIÇÃO	ÁREA	DURAÇÃO	MANUTENÇÃO	EFICIÊNCIA	RETORNO
EÓLICO	0,54	0,15	0,33	0,1	0,43	0,63
FOTOVOLTAICO	0,46	0,85	0,67	0,9	0,57	0,37

Fonte: Autor (2019)

4.2.1 CÁLCULO POR MEIO DO SOFTWARE THOR1

O *software* THOR1 foi utilizado para efetuar os cálculos, segue reprodução:

```
almeida@debian: ~/Documentos/NOTEBOOK/Modulo_Academico_FURG/Multicritério/THOR/THO... x
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
almeida@debian:~/Documentos/NOTEBOOK/Modulo_Academico_FURG/Multicritério/THOR/THO...
OR05/__pycache__$ python3 THOR05.cpython-37.pyc
Entre com o numero de alternativas:2
Entre com o numero de criterios:6
Entre com o nome da alternativa: SISTEMA EOLICO
Entre com o nome da alternativa: SISTEMA FOTOVOLTAICO
Entre com o nome do criterio: AQUISICAO
Entre com o nome do criterio: AREA
Entre com o nome do criterio: DURACAO
Entre com o nome do criterio: MANUTENCAO
Entre com o nome do criterio: EFICIENCIA
Entre com o nome do criterio: RETORNO
```

```

Entre com o peso do criterio:3
Entre com o valor de p:0.3
Entre com o valor de q:0.1
Entre com o valor da discordancia:0.1
Entre com o peso do criterio:1
Entre com o valor de p:0.5
Entre com o valor de q:0.2
Entre com o valor da discordancia:0.8
Entre com o peso do criterio:4
Entre com o valor de p:0.6
Entre com o valor de q:0.2
Entre com o valor da discordancia:0.4
Entre com o peso do criterio:3
Entre com o valor de p:0.5
Entre com o valor de q:0.1
Entre com o valor da discordancia:0.9
Entre com o peso do criterio:2
Entre com o valor de p:0.3
Entre com o valor de q:0.1
Entre com o valor da discordancia:0.2
Entre com o peso do criterio:5
Entre com o valor de p:0.5
Entre com o valor de q:0.2
Entre com o valor da discordancia:0.3

```

```

Peso          3.0  1.0  4.0  3.0  2.0  5.0

```

```

Criterios      1  2  3  4  5  6
SISTEMA EOLICO [ ][ ][ ][ ][ ][ ]
SISTEMA FOTOVOLTAICO [ ][ ][ ][ ][ ][ ]

```

```

- 0.5
S1

```

```

SISTEMA EOLICO: 0.0 | 0.5 | Soma: 0.5
SISTEMA FOTOVOLTAICO: 0.5 | 0.0 | Soma: 0.5
S2

```

```

SISTEMA EOLICO: 0.0 | 0.0 | Soma: 0.0
SISTEMA FOTOVOLTAICO: 0.606 | 0.0 | Soma: 0.606
S3

```

```

SISTEMA EOLICO: 0.0 | 0.0 | Soma: 0.0
SISTEMA FOTOVOLTAICO: 0.697 | 0.0 | Soma: 0.697

```

Fonte: Autor (2019)

4.2.1 ORDENAMENTO DAS ALTERNATIVAS

A tabela 9 apresenta as ordenações resultantes do THOR usando os algoritmos S1, S2 e S3. Identifica-se assim a ordenação de cada alternativa através do maior valor resultante.

S1 – Situação 1: $aPb \geq aQb + aIb + aRb + bQa + bPa$

S2 – Situação 2: $aPb + aQb \geq aIb + aRb + bQa + bPa$

S3 – Situação 3: $aPb + aQb + aIb \geq aRb + bQa + bPa$ onde,

Limite de preferência (p): $aPb \leftrightarrow g(a)-g(b) > + p$

Limite de indiferença (q) : $aIb \leftrightarrow -q \leq g(a)-g(b) \leq + q$

Situação de preferência fraca: $aQb \leftrightarrow q < |g(a)-g(b)| \leq p$

Tabela 9 - Ordenamento das alternativas (THOR)

ALTERNATIVA	S1	S2	S3
FOTOVOLTAICA	0,5	0,606	0,697
EÓLICA	0,5	0	0

Fonte: Autor (2019)

4.2.1 RESULTADO

Na ordenação S1 (FORTE) as alternativas se equivalem, porém nas ordenações S2 (MÉDIA) e S3 (FRACA) a alternativa fotovoltaica apresenta marcante vantagem. Cabe ressaltar que particularmente na ordenação S3 temos a maior diferença, o que significa que o teste mais rigoroso avalia ambas alternativas como equivalentes e quanto menos rígido, mais a alternativa fotovoltaica se destaca. Por vencer em S2 e S3, será considerada o sistema fotovoltaico como o escolhido pelo método THOR.

5. PROJEÇÃO DOS RESULTADOS ALCANÇADOS

A partir dos resultados encontrados podemos explorar uma projeção dos gastos ao longo do ciclo de vida útil do método melhor classificado contra o atual sistema de fornecimento de energia.

O tempo de retorno do investimento é de 5 anos, chega-se em uma relação de que o valor investido é de 5 vezes o custo anual gasto com energia. Observamos que nos 25 anos seguintes à instalação teremos então 5 vezes o valor investido como forma de lucro. Enquanto que a não opção pelo sistema renovável, dispensa investimento inicial porém no decorrer dos 30 anos irá acarretar somente gastos, simplificado na Tabela 10.

Tabela 10 - Projeção em 30anos

	Custo Inicial	Valor agregado em 30 anos	Balanço
Atual	0	- 30 x Consumo Anual	- 30 x Consumo Anual
Solar	5 x Consumo anual	+ 30 x Consumo Anual	+ 25 x Consumo Anual

Fonte: Autor (2019)

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados alcançados dentro da projeção temporal do ciclo de vida do sistema fotovoltaico demonstram viabilidade e rentabilidade. Uma característica interessante é que esse sistema é modular, pode ser dimensionado para gradualmente vir a ser instalado conforme as possibilidades orçamentárias, pode-se planejar a implementação sucessiva prédio a prédio, tendo em vista que existe flexibilidade para o dimensionamento de instalação e não requer obras para seu funcionamento. Pois tanto nos telhados quanto nos estacionamentos quanto no nível do solo o emprego das placas é possível evitando-se regiões de sombra.

Inversamente ao uso residencial, nos períodos noturnos e finais de semana o consumo das OM é reduzido por apenas contar com o pessoal de serviço ordinário, tal características contribui ainda mais para a viabilidade do sistema fotovoltaico que sempre disponibilizará energia ao sistema.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todo o exposto ao longo deste trabalho chegou-se a conclusão, por meio dos métodos AHP e THOR, que o sistema fotovoltaico é o mais viável para resolver o problema proposto de reduzir o ônus que o consumo regular de energia elétrica impacta no orçamento das OM. Buscou-se demonstrar de forma expositiva os diversos benefícios que a aplicação proposta pode trazer ao meio militar e à sociedade civil.

O uso do sistema fotovoltaico no Brasil não se materializa com a mesma relevância que em outros países como Alemanha, Japão, China e Estados Unidos, onde os investimentos são amparados em políticas públicas de incentivos, benefícios fiscais e mecanismos regulatórios que não dificultam ou oneram a implementação do sistema.

Surgir no cenário nacional como referência em energias sustentáveis pode garantir mais um aspecto de destaque perante a sociedade por atestar a preocupação em cuidar do nosso meio ambiente, reduzir o consumo das redes regulares e desenvolver um ramo da economia por meio de parcerias com empresas que possuem expertise no ramo, gerando empregos diretos e indiretos.

E esse tipo de investimento é comprovadamente rentável, os exemplos citados demonstram isso. Ressaltando que em artigos com proposta similar a deste, porém onde outras ferramentas foram utilizadas, a opção pelo sistema fotovoltaico foi a mesma (MOREIRA; BASTOS; SANTOS, 2018, P. 10).

Pode-se também buscar parcerias público-privadas a fim de reduzir os custos iniciais e especializar militares na instalação e manutenção dos sistemas. Caso o CFN trabalhe no sentido de cada vez mais reduzir sua demanda energética por meio de produção própria, buscando a autossuficiência elétrica, poderá ser investido o valor poupado em novos equipamentos e melhoria das instalações. ADSUMUS.

8. REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, A, MORAIS, D. C. COSTA, A. P. ALENCAR, L. DAHER, S. **Decisão em Negociação- Métodos e Aplicação**. Ed Atlas, 2012
- [2] ANDRADE, A. L. O.; MORAIS, D. C.; **O uso do método de estruturação de problema strategic choice approach no desenvolvimento de novos produtos**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa: 2016.
- [3] BRASIL. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988**.
- [4] CHECKLAND, P. B. **Systems Thinking, Systems Practices**. Wiley: Chischester, UK, 1981.
- [5] CHECKLAND, P. B, **Soft systems methodology: a 30-year retrospective**. Pages A1–A66 in: *Soft systems methodology in action*, (1999 reprint of 1990 ed.). John Wiley & Sons, Toronto, 1999
- [6] CHECKLAND, P.B. and Scholes, J. (1990) **Soft Systems Methodology in Action**. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [7] ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Oxford: Capstone, 1997.
- [8] GOLDEMBERG, J. **Energia e Sustentabilidade**. n. 14, São Paulo: Rev. Cult. e Ext. USP, 2015
- [9] GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G. C.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**. 1. ed. São Paulo: Thompson, 2004.
- [10] GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. M. **Uma Aplicação de Conjuntos Aproximativos ao Apoio Multicritério à Negociação**. Revista Pesquisa Naval, v.12, p.263 – 270.
- [11] GOMES, C. F. S.; **THOR. Um Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas**. Tese de Doutorado, Engenharia de Produção, Coppe-Ufrj, 1999.

- [12] GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. M. **Princípios e métodos para a tomada de decisão: enfoque multicritério**. 6. ed – São Paulo: Atlas, 2019
- [13] KEENEY, R. L. **Value-Focused Brainstroming**. *Decision Analysis*, v. 9, p. 303-3013, Dezembro 2012.
- [14] KOTIADIS, K.; MINGERS, J. **Combining PSMs with hard OR methods: The philosophical and practical challenges**. *Journal of the Operational Research Society*: 2016.
- [15] MAERTENS, L.; SHOSHAN, M. **Greening peacekeeping: the environmental impact of un peace operations**. New York, USA: International Peace Institute, 2018.
- [16] MINGERS, J; ROSENHEAD, J. **Problem Structuring Methods in Action**. *European Journal of Operational Research*, 530–554: 2006.
- [17] MOREIRA, H. L.; BASTOS, A. M.; SANTOS, R. B. **Análise comparativa da viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos e eólicos para microgeração de energia elétrica**. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Gramado: Associação Brasileira de Energia Solar, 2018.
- [18] PIDD, M. **Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão**. Tradução: Gustavo Severo de Borba et al. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- [19] ROSENHEAD, J.. **Rational analysis for a problematic world**, Edited by J. Rosenhead. Wiley: Chichester, 1989
- [20] SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 1991. p. 67.
- [21] SAATY, T. L. **Theory and applications of the Analytic Network Process: Decision**
- [22] **making with benefits, opportunities, costs, and risks**. Pittsburgh, USA: RWS, 2005.
- [23] UNITED NATIONS. **UN field support**, 2017.
- [24] G1. **Estacionamento solar da UFRJ gera energia que pode abastecer 70 casas**. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/08/estacionamento-solar-da-ufrj-gera-energia-que-pode-abastecer-70-casas.html>. Acessado em: 05 de maio de 2019.