

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS
ACADEMIA REAL MILITAR (1811)**

MARIO EDUARDO FORTUNATO

**FONTES DE ENERGIA ALTERNATIVAS NAS OPERAÇÕES DAS COMPANHIAS
DE COMUNICAÇÕES: EMPREGO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA
ALIMENTAÇÃO DE REPETIDORA GTR8000 PELO CCOM/AMAN EM 2018**

Resende

2018

MARIO EDUARDO FORTUNATO

**FONTES DE ENERGIA ALTERNATIVAS NAS OPERAÇÕES DAS COMPANHIAS
DE COMUNICAÇÕES: EMPREGO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA
ALIMENTAÇÃO DE REPETIDORA GTR8000 PELO CCOM/AMAN EM 2018**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Academia Militar das Agulhas Negras como parte dos requisitos para a Conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Militares, sob a orientação do Cap Com Victor de Souza Filgueiras.

Resende

2018

MARIO EDUARDO FORTUNATO

**FONTES DE ENERGIA ALTERNATIVAS NAS OPERAÇÕES DAS COMPANHIAS
DE COMUNICAÇÕES: EMPREGO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA
ALIMENTAÇÃO DE REPETIDORA GTR8000 PELO CCOM/AMAN EM 2018**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Academia Militar das Agulhas Negras como parte dos requisitos para a Conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Militares, sob a orientação do Cap Com Victor de Souza Filgueiras.

Aprovado em: ____/____/____

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

**VICTOR DE SOUZA FILGUEIRAS - Cap Com
Orientador**

Avaliador

Avaliador

Resende

2018

A minha esposa que esteve ao meu lado
sempre que precisei, me ajudando a tornar
um sonho em realidade

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que proporcionou à minha vida até o presente momento, minha eterna gratidão.

Aos meus pais, base de toda a minha educação, meu eterno agradecimento e admiração.

A Grazielle Nascimento Santos Fortunato, que esteve presente nos momentos fundamentais da minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, Cap Com Victor de Souza Filgueiras, meus sinceros agradecimentos pela orientação objetiva na realização deste trabalho.

Ao Cel R1 Inf Gutian, meu eterno agradecimento por ter me mostrado o caminho do sucesso.

A todos os professores e instrutores, que tive ao longo de minha vida, que contribuíram para a minha formação.

A todos os companheiros da AMAN que durante a formação foram fundamentais para a superação das dificuldades.

“ O impossível existe até que alguém duvide dele e prove o contrário.” (Albert Einstein)

RESUMO

FORTUNATO, Mario Eduardo. **Fontes de Energia Alternativas nas Operações das Companhias de Comunicações:** emprego de energia fotovoltaica para alimentação de repetidora GTR8000 pelo CCom/AMAN em 2018 Resende: AMAN, 2018. Monografia.

O presente trabalho versa sobre a utilização de fontes de energia alternativas para alimentar uma repetidora GTR8000 em campanha, tendo em vista que o uso de geradores prejudica alguns aspectos técnicos e táticos. Para isto delimitamos o nosso tema no uso de fontes de energia alternativa nas operações das companhias de comunicações, utilizando como amostra da população o Curso de Comunicações (CCom) da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) no ano de 2018. O objetivo geral deste trabalho é analisar a possibilidade de emprego de equipamentos que geram energia, a partir de fontes de energia alternativa, nas Companhias de Comunicações em campanha. Utilizando o método dedutivo e tendo como base um estudo descritivo foram coletados dados através de uma pesquisa bibliográfica e documental suficientes para uma análise quantitativa-qualitativa, onde esses dados foram processados para aquisição de conceitos e informações para formar uma base cognitiva. Os resultados obtidos foram surpreendentes, pois as diferenças das características dos equipamentos possibilitam uma eficiência maior dos geradores fotovoltaicos. Com base nos resultados, pudemos concluir que a utilização de um sistema fotovoltaico para alimentar uma repetidora GTR8000 é uma solução ao problema que foi levantado pela pesquisa pelo fato de conferir uma eficiência tática e técnica frente aos geradores à combustão interna utilizados pelo CCom/AMAN.

Palavras-chave: energia; geradores; repetidora; fotovoltaico.

ABSTRACT

FORTUNATO, Mario Eduardo. **Alternative Energy Sources in Operations of Communications Companies:** use of photovoltaic energy for feeding GTR8000 repeater by CCom / AMAN in 2018 Resende: AMAN, 2018. Monograph.

The present work deals with the use of alternative energy sources to power a GTR8000 repeater in the field, considering that the use of generators impairs some technical and tactical aspects. In order to do this, we delimit our theme in the use of alternative energy sources in the operations of communications companies, using as a sample the Communications Course (CCom) of the Military Academy of Agulhas Negras (AMAN) in the year 2018. The general objective of this work is to analyze the possibility of using equipment that generate energy, from alternative energy sources, in the Communications Companies in the field. Using the deductive method and based on a descriptive study, data were collected through a bibliographical and documentary research sufficient for a quantitative-qualitative analysis, where these data were processed to acquire concepts and information to form a cognitive basis. The results obtained were surprising, because the differences in the characteristics of the equipment allow greater efficiency of the photovoltaic generators. Based on the results, we could conclude that the use of a photovoltaic system to power a GTR8000 repeater is a solution to the problem that was raised by the research because it gives a tactical and technical efficiency to the internal combustion generators used by CCom / AMAN.

Keywords: energy; generators; repeater; photovoltaic.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Funcionamento de um gerador elétrico.....	26
FIGURA 2	Gerador NAGANO ND7000E.....	27
FIGURA 3	Alteração da paisagem pela mineração.....	29
FIGURA 4	Principais componentes de um sistema fotovoltaico.....	30
FIGURA 5	Abastecimento autossustentável de um sistema fotovoltaico.....	31
FIGURA 6	Ciclo Otto.....	33
FIGURA 7	Ciclo Diesel.....	33
FIGURA 8	Funcionamento de uma estação-base/repetidora.....	34
FIGURA 9	Rádio de base GTR8000.....	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Detalhes do Gerador Nagano ND7000E.....	27
TABELA 2	Eficiência de conversão.....	28
TABELA 3	Especificações GTR8000.....	35
TABELA 4	Especificações de placas fotovoltaicas.....	36
TABELA 5	Análise de geradores.....	38
TABELA 6	Baterias Estacionárias.....	38
TABELA 7	Análise de dados.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS

AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
CCom	Curso de Comunicações
EB	Exército Brasileiro
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
HPD	<i>High Performance Data</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
UHF	<i>Ultra High frequency</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	16
2.1	TEMA.....	16
2.2	PROBLEMA.....	16
2.2.1	Antecedentes.....	16
2.2.2	Formulação.....	17
2.3	OBJETIVOS.....	18
2.3.1	Objetivo Geral.....	18
2.3.2	Objetivos Específicos.....	18
2.4	HIPÓTESE.....	19
2.5	JUSTIFICATIVA.....	19
2.6	REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.6.1	Fontes de energia.....	20
2.6.1.1	Matéria.....	20
2.6.1.2	Energia.....	21
2.6.1.2.1	<i>Fontes de energia não-renováveis.....</i>	22
2.6.1.2.2	<i>Fontes de energia renováveis.....</i>	22
2.6.1.3	Energia solar.....	22
2.6.1.3.1	<i>Energia solar fotovoltaica.....</i>	24
2.6.1.4	Energia elétrica.....	23
2.6.1.4.1	<i>Geradores elétricos.....</i>	25
2.6.1.4.2	<i>Geradores elétricos a combustão.....</i>	25
2.6.1.4.3	<i>Geradores fotovoltaicos.....</i>	28
2.6.1.4.4	<i>Baterias.....</i>	31
2.6.1.4.5	<i>Inversores CC-CA.....</i>	31
2.6.1.4.6	<i>Controladores de carga.....</i>	32
2.6.1.5	Motores à combustão interna.....	32
2.6.1.5.1	<i>Ciclo otto.....</i>	32
2.6.1.5.2	<i>Ciclo diesel.....</i>	33
2.6.2	Repetidoras.....	34
2.6.2.1	Repetidora GTR8000.....	34

2.6.3	Catálogo	35
2.7	METODOLOGIA	36
2.7.1	Variáveis	36
2.7.2	Amostra	37
2.7.3	Pesquisa	37
3	RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	38
4	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Com o uso desenfreado de combustíveis fósseis, algumas indagações foram feitas ao longo dos anos, relacionadas aos problemas gerados pelos gases poluentes e as reservas petrolíferas. Dentro deste contexto a busca por fontes de energia alternativas vem crescendo ao longo dos anos e o Exército Brasileiro não pode estar alienado a respeito desse tema. Do mesmo modo, os militares, devem observar esses problemas de uma perspectiva diferente, isto é, sobre uma perspectiva tática. Não por acaso já existem no mercado tecnologias viáveis para obtenção de energia alternativa e conseqüentemente a sua transformação em energia elétrica. Além disso, são tecnologias que podem ser adaptadas ao meio militar promovendo um aumento na eficiência tática além de contribuir com o meio ambiente

Fontes de energia alternativa é um tema discutido desde a criação da máquina à vapor no século XVII. Entre as questões discutidas, estão as problemáticas envolvendo eficiência, volume, peso, custo, entre outros aspectos das máquinas que utilizam esta fonte de energia.

A presente pesquisa busca tratar do tema sob a perspectiva da utilização de fontes de energia alternativa pelo curso de comunicações na Academia Militar das Agulhas Negras no ano de 2018. Foi delimitado como foco da pesquisa justamente o emprego dessas fontes para fornecer energia elétrica para repetidoras.

Atualmente, o tema tem adquirido importância, pois desde a descoberta do primeiro poço de petróleo na Pensilvânia, Estados Unidos, em 1859 e a invenção dos motores à combustão interna em 1870 por Siegfried Samuel Marcus, que utilizavam derivados do petróleo, e até aos motores de ciclo Otto, 1876, ciclo Atkinson e ciclo Diesel, 1900, que utilizamos nos dias de hoje tem afetado alguns parâmetros do nosso meio ambiente e com isso incidindo em alguns problemas existentes no século XXI como aquecimento global e outros.

Dito isto, cabe ressaltar que o petróleo é uma fonte de energia não-renovável e em consequência disto, a Humanidade vem buscando novas tecnologias para aproveitar algumas fontes de energia alternativas e principalmente renováveis, como por exemplo, a proveniente dos raios solares.

Seu estudo se torna relevante para o meio militar, uma vez que os geradores utilizados atualmente prejudicam a situação tática de postos adjacentes das companhias de comunicações e a escassez do petróleo refletirá em seu alto custo de aquisição, interferindo assim nas operações militares e até mesmo contribuindo para uma ineficiência militar. Sendo

assim, se aprendermos a aproveitar e utilizar os outros tipos de energia com eficiência, isto dará as companhias de comunicações uma relativa independência e conseqüentemente flexibilidade e eficiência nas operações militares, em particular para o nosso estudo: os sistemas de comunicações.

Nossos objetivos foram: analisar a possibilidade de emprego de equipamentos que geram energia a partir de fontes de energia alternativa nas Companhias de Comunicações em campanha; identificar e descrever os motores à combustão interna e os geradores elétricos utilizados pelas companhias de comunicações; examinar as limitações dos combustíveis fósseis em campanha; identificar as fontes de energia alternativa mais adequadas para o emprego das comunicações; encontrar no mercado nacional e/ou mundial equipamentos e/ou projetos que se adéquem ou adaptem ao que está sendo proposto e sejam viáveis ao emprego das companhias comunicações em campanha; e examinar as características dos equipamentos utilizados pelo Curso de Comunicações (CCom) da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN).

Nossas principais fontes foram: Manual de Campanha C 11-1 (Emprego das Comunicações.); a obra “Motores e Energia” de Sam e Baryl Epstein; a obra “Física: Volume 3 Eletricidade” de Djalma Paraná; a obra “Noções de Eletrotécnica” de Miguel Magaldi; a obra “ Energia Solar e Fontes Alternativas” de Wolfgang Palz; e o trabalho “Energias Renováveis Energia Solar” dos organizadores José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra e Youssef Ahmad Youssef.

A presente monografia está assim estruturada:

No primeiro capítulo, procuramos realizar uma introdução para a pesquisa abordando um breve histórico do tema em questão e a sua importância nos dias atuais, além de abordarmos os objetivos e as fontes utilizadas nesta pesquisa.

O segundo capítulo traz a delimitação do tema para que sejam analisados os antecedentes e por conseguinte a formulação do problema, e assim de maneira que sejam apresentados também o objetivo, a hipótese e a justificativa, com base na formulação do problema.

É realizada, ainda, a revisão da literatura abordando fontes de energia de maneira que sejam apresentados conceitos de energias, as características delas e os equipamentos onde são aplicadas, assim como conceitos necessários para o desenvolvimento da pesquisa e catalogação de equipamentos alternativos aos utilizados atualmente.

No terceiro capítulo, apresentamos os resultados e interpretação dos dados através de uma comparação relacionando características relevantes, para a doutrina militar, dos equipamentos catalogados e dos já utilizados.

No quarto capítulo é apresentada a conclusão da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

2.1 TEMA

O trabalho está contido na grande área Defesa/Ciências Militares, na área Química Aplicada, na subárea Combustíveis com o tema Fontes de Energia, e delimitado no uso de fontes de energia alternativas disponível em 2018 para alimentação da repetidora GTR8000 utilizada pelo CCom/AMAN.

O trabalho irá apresentar fontes de energia alternativas buscando como principal característica a fácil obtenção devido a abundância na natureza. Focando em fontes de energia renováveis apresentaremos equipamentos onde a conversão dessas energias em eletricidade possibilitaria um aprimoramento no emprego de repetidoras.

2.2 PROBLEMA

2.2.1 Antecedentes

A dependência de motores à combustão interna para operações, principalmente as destacadas, deve ser considerada uma deficiência. Estes motores são barulhentos e pesados, dificultando a mobilidade e a camuflagem. No caso dos geradores, além de necessitarem a alternância entre funcionamento e descanso precisam ser abastecidos constantemente, prejudicando a situação tática, dando complexidade às questões logísticas. Outra questão a ser observada, é que seus combustíveis têm sofrido um relevante reajuste em seus preços, elevando cada vez mais os custos de operações.

Durante as operações, as companhias de comunicações podem utilizar fontes de energia locais, como instalações elétricas de residências ocupadas, circuitos físicos de empresas de energia civis ou podem ser utilizados geradores.

O sucesso para o emprego dos sistemas de comunicações está diretamente relacionado às condições meteorológicas e às características do terreno, que podem gerar zonas de silêncio e interferências na propagação de ondas eletromagnéticas geradas pelos rádios.

O Exército Brasileiro não utiliza exclusivamente rádios militares, utiliza também rádios civis, em particular da empresa Motorola, e devido às características e possibilidades

desses rádios, adquire equipamentos compatíveis com eles para que sejam utilizados com mais eficiência.

Ao encontro do que foi citado, a estação base GTR8000 da Motorola é um exemplo desses equipamentos, se tornando um ponto importante na propagação de ondas eletromagnéticas na faixa UHF devido às suas características descritas no site do fabricante:

- A transmissão simultânea linear oferece uma cobertura líder na indústria com menos locais;
- O receptor com diversidade de dois ramos expande a cobertura de comunicações de voz para sistemas troncalizados HPD e TDMA;
- Manutenção e mudança de hardware sem tempo de inatividade no sistema;
- Não é necessário novo hardware para converter para banda estreita, do sistema convencional para o troncalizado, do sistema troncalizado 3600 para o P25, de FDMA para TDMA, ou de configurações de local único para locais múltiplos. (MOTOROLA, 2018)

Ao observamos a utilização de uma estação base/repetidora, vemos que os locais no qual esta é instalada, geralmente, são de difícil acesso por serem cotas altas. Tendo em vista que se busca a maior área de atuação do sinal repetido. Verifica-se que, nestes locais, é difícil encontrar fontes de energia passíveis de apropriação, sendo necessário o uso de uma fonte de energia móvel. O CCom/AMAN utiliza geradores à diesel para cumprir essa função. Vale ressaltar que pelo fato de se utilizar diesel, é necessário uma logística para realizar o reabastecimento do combustível para o gerador de tempos em tempos. E a dificuldade de acesso aos locais da repetidora se torna um fator limitador para o as viaturas que levam combustível para manter o funcionamento desse equipamento.

Cabe salientar também, que pelo princípio da continuidade de comunicações (Brasil, 1997), a repetidora opera continuamente, e seu funcionamento depende diretamente dos geradores elétricos que estarão alimentando-a. Os geradores à combustão interna necessitam de um tempo de descanso, isto é, precisam ficar desligados. Assim, são necessários no mínimo dois geradores, para que um opere durante o descanso do outro.

2.2.2 Formulação

Após a análise e reflexão dos fatos mencionados anteriormente, foi elaborado o seguinte problema de pesquisa: Equipamentos que geram energia a partir de fontes de energia alternativa são capazes de alimentar equipamentos de comunicações das Companhias de

comunicações em campanha, em particular uma repetidora GTR8000, contribuindo para uma situação tática eficiente?

2.3 OBJETIVOS

Os objetivos da investigação a ser realizada podem ser assim descritos:

2.3.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem por objetivo geral analisar a possibilidade de emprego de equipamentos que geram energia a partir de fontes de energia alternativa nas Companhias de Comunicações em campanha, visando o aprimoramento no emprego dos meios e sistemas de comunicações utilizados, tornando-os menos dependentes de combustíveis fósseis quando destacados no terreno, e seus impactos sobre situações táticas.

2.3.2 Objetivos Específicos

No intuito de atingir o objetivo geral e de facilitar o entendimento da pesquisa foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a. Identificar e descrever os motores à combustão interna e os geradores elétricos utilizados pelas companhias de comunicações;
- b. Examinar as limitações dos combustíveis fósseis em campanha;
- c. Identificar as fontes de energia alternativa mais adequadas para o emprego das comunicações;
- d. Encontrar no mercado nacional e/ou mundial equipamentos e/ou projetos que se adéquem ou adaptem ao que está sendo proposto e sejam viáveis ao emprego das companhias comunicações em campanha;
- e. Examinar as características dos equipamentos utilizados pelo curso de comunicações da AMAN.

2.4 HIPÓTESE

Para tentar responder o problema de pesquisa apresentado e nortear nossa pesquisa foi elaborada a seguinte hipótese:

Um gerador fotovoltaico pode ser utilizado para alimentar uma repetidora em campanha, pois atende aspectos técnicos e táticos para este uso, como peso, volume, nível de ruídos e emissão de potência, melhorando a mobilidade, camuflagem e logística.

2.5 JUSTIFICATIVA

A busca por energias alternativas é uma questão atual, pois, como sabemos, os combustíveis fósseis são uma fonte considerada não renovável. Existem diversos projetos e pesquisas que visam a utilização de energias consideradas renováveis, chamadas de Energia Limpa, porém estas pesquisas buscam o não lançamento de poluentes na atmosfera, interferindo no ciclo de carbono fazendo com que seja causado um baixo impacto ambiental, mas usam tecnologias que poderiam ser adaptadas para o meio militar, especificamente para o emprego dos sistemas de comunicações.

Ao encontro do que foi supracitado cabe ressaltar o peso, volume e a emissão de fumaça dos geradores, além da logística envolvida para a sua utilização e o aspecto de segurança pois em seu interior encontram-se líquidos altamente inflamáveis.

A utilização de geradores para alimentar equipamentos isolados e/ou em locais de difícil acesso pode acarretar em demandas logísticas que podem prejudicar a eficiência das operações, onerando assim viaturas e pessoal de maneira indesejada.

Portanto, esta pesquisa se justifica ao realizar um estudo buscando um equipamento que supra as necessidades para o funcionamento de uma repetidora GTR8000 e que dispense apoios constantes de logística, tornando os sistemas de comunicações utilizados pelas companhias de comunicações mais eficientes.

2.6 REVISÃO DA LITERATURA

2.6.1 Fontes de energia

A energia está presente em nossas vidas em tudo que vemos, fazemos, sentimos e ouvimos, isto é, ela é representada de diversas formas e observada em diferentes situações seja como luz, movimento, calor ou som: “ Quando você quer realizar uma tarefa, e aperta um botão que liga uma máquina, está na verdade ligando o sinal verde para um fluxo de energia. É essa energia que move o motor ou máquina que faz o trabalho.” (EPSTEIN, 1964, p. 10)

Por este fato, a energia é diretamente responsável pelos confortos e facilidades que a humanidade obteve ao longo dos anos para a realização de tarefas, produção de produtos em geral, entre outros:

Nos países onde há grande quantidade de energia e muitas máquinas, realiza-se uma grande quantidade de trabalho. Os Estados unidos usam aproximadamente metade da energia produzida no mundo inteiro. É por isso que os americanos podem ter mais coisas que a maioria dos outros povos.
Só com grande abundância de energia é que o Homem pode vir a ter o que deseja e necessita para uma boa vida – alimentos, água pura, roupas, moradia, escolas, livros, remédios, luz elétrica, automóveis e centenas de outras coisas.(EPSTEIN, 1964, p. 10)

Segundo Epstein (1964), no começo da existência humana a única energia conhecida e utilizada era a proveniente dos músculos, tendo em vista que o homem pré-histórico não dispunha de máquinas e nem de energia para movê-las. Posteriormente, começou-se a utilizar a força dos animais, através da domesticação para caça e agricultura.

Em detrimento da evolução humana, conforme o surgimento de novas necessidades e demandas, outras fontes de energia foram descobertas ao longo da história, como a energia da água em movimento, a energia do vento e a energia elétrica.

Contudo, a busca por novas fontes de energia está diretamente ligada às necessidades humanas e ao contexto societário.

2.6.1.1 Matéria

Matéria, palavra com origem do latim, é definida como qualquer coisa que possui massa e o seu conhecimento se torna relevante para o trabalho devido à sua relação com energia.

Segundo a relatividade especial de Einstein (1905), matéria e energia são interconvertíveis, sendo possível transformar matéria em energia e vice-versa, ($E = mc^2$), onde “E” é energia, “m” é massa e “c” é a velocidade da luz. Mas o foco aqui não está na teoria em si, mas na ideia de que a matéria contém energia, isto é, ao se destruir matéria, se cria energia.

2.6.1.2 Energia

Epstein (1964, p. 36) diz que “energia, para um físico, é a capacidade de mudar coisas ou mover coisas. Ela pode tomar várias formas.”.

Um fato importante a se observar no estudo da energia é que um tipo de energia tem a capacidade de se transformar em outro e isso ocorre a todo momento pois ao ser aplicada, a energia transforma ou move alguma coisa, quando não, causa ambos ao mesmo tempo.

Dito isto, é interessante termos em mente que na obra Motores e Energia (EPSTEIN, 1964) é citado em vários momentos que a energia se transforma, mas especificamente em um determinado momento é realizada uma referência à teoria elaborada por Einstein com base na Lei da Conservação da matéria, dando-nos embasamento para a nossa pesquisa:

Energia e matéria, disse êle, são formas diferentes da mesma coisa. Se se “destrói” matéria, afirmou, cria-se energia. Se se “destrói” energia, cria-se matéria. Nenhuma das duas se perde, mesmo quando parece não existir mais. Em vez disso, elas se transformam uma na outra.

Desse modo, acrescentou Einstein, quando um átomo radioativo parece “criar” energia, o que está acontecendo é que parte da matéria do núcleo atômico está se transformando em energia. (EPSTEIN, 1964, p. 51)

Diante do que foi supracitado, admite-se então que a quantidade de energia presente em nosso planeta não pode ser reposta e nem perdida, porém Epstein (1964, p. 37) cita na obra Motores e Energia, a existência de uma Energia proveniente do Sol chamada de Energia Radiante. Então se tomarmos como referencial o Sol, logo a energia não se restringe apenas ao planeta Terra mas sim ao Sistema solar, pois o Sol se torna uma fonte de Energia ao irradiar fótons, ou seja, podemos obter energia proveniente além da Terra. Essa informação endossa a proposição do tema como pauta relevante para estudo.

Segundo Palz (2002), a energia solar recebida pela terra a cada ano é dez vezes maior que a contida em toda a reserva de combustíveis fósseis, porém, atualmente a maior parte da energia utilizada pela humanidade provém de combustíveis fósseis.

O conceito de energia não se mantém distante do cotidiano, tendo em vista os diferentes tipos. Mas a grande questão em voga são as formas de aproveitar e utilizá-la da melhor maneira possível para suprimos nossas necessidades.

2.6.1.2.1 Fontes de energia não-renováveis

São aquelas fontes nas quais as matérias provedoras de energia não são infinitas, isto é, necessitam serem produzidas e repostas, o que pode ser complexo pois algumas necessitam de um processo de longa duração em condições anormais. Muitas literaturas explicam o que são fontes não-renováveis, porém esta é de fácil entendimento e aceita para o nosso estudo:

As fontes de energia não-renováveis se caracterizam por não ser possível repor o que já gastamos. Em algum momento vão acabar e podem ser necessários milhões de anos de evolução semelhante para poder contar novamente com eles. São aqueles cujas reservas são limitadas e estão sendo devastadas com a utilização. As principais são os combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão) e a energia nuclear. (CUORE, 2009)

2.6.1.2.2 Fontes de energia renováveis

Segundo Cuore “As fontes de energia renováveis são combustíveis que usam como matéria-prima elementos renováveis para a natureza, como a energia eólica, Biomassa, energia hídrica e energia solar, entre outras.” (2009).

Logo as fontes de energia renováveis são aquelas nas quais as matérias provedoras de energia são infinitas, isto é, não necessitam serem produzidas por algum processo pois a própria natureza as provê.

2.6.1.3 Energia solar

A energia solar é aquela proveniente dos raios solares, através dos fótons carregados por estes, mas de fato é a principal energia que nos permite viver, isto é, ela é responsável pelos alimentos e água potável, conforme é abordado a seguir:

Naturalmente, você não obtém toda a sua energia muscular nas plantas. Você também a consegue comendo carne, leite, manteiga e ovos. Mas todos esses produtos vêm de animais, e esses animais se alimentam de plantas. Então quando você come um sanduíche de carne, ou bebe um copo de leite, está acrescentando mais um elo à longa cadeia que traz a você a energia do Sol. Desta maneira, a

energia do Sol vai primeiro para as plantas, depois para um animal, e depois para você. (EPSTEIN, 1964, p. 44)

O que foi supracitado serve como apoio para demonstrar que a energia solar é o início de tudo que conhecemos hoje, dado a importância dessa forma de energia e a sua abundância no espaço tendo em vista que a sua fonte é o Sol, isto é, a partir dela obtêm-se, direta ou indiretamente, energia muscular, eólica, mecânica, e por consequência todas as outras que conhecemos hoje, excluindo-se a energia das marés, a energia do núcleo da Terra, em estado de fusão, e a energia dos átomos.

Ao encontro do que foi exposto pode-se complementar com o que é citado por Rebollar (2011, p. 35), “a energia solar é a principal fonte de energia do planeta, pois ela constitui o motor dos principais processos térmicos, dinâmicos e químicos. Compreender os fundamentos da energia solar permite compreender sua utilização, suas potencialidades e seus limites”.

De acordo com Einstein (1905), um quantum de luz transfere toda a sua energia a um único elétron, independentemente da existência de outros quanta de luz, propondo a seguinte equação, que relaciona a energia do elétron ejetado na superfície, à frequência da luz incidente e à função trabalho do metal, que é a energia requisitada para irradiar além do material.

Com base no proposto por Einstein (1905), tem-se então a existência de partículas com energia e momento linear bem definidos, os fótons, que nos possibilita utilizar a energia da radiação eletromagnética como uma fonte alternativa. Conforme segue o trecho do artigo:

A concepção segundo a qual a luz excitadora é constituída de quanta de energia ($h\nu$) permite conceber a produção de raios catódicos [elétrons] pela luz da maneira seguinte. Quanta de luz penetram na camada superficial do corpo; sua energia é transformada, pelo menos em parte, em energia cinética dos elétrons. A representação mais simples que se pode fazer é aquela de um quantum de luz cedendo sua energia a um só elétron; vamos supor que é assim que se passa. Não fica excluído, no entanto, que os elétrons tomem apenas uma parte da energia dos quanta de luz. Um elétron, no qual a energia cinética tenha sido fornecida no interior do corpo, chega à superfície tendo perdido uma parte de sua energia cinética. Vamos supor, além disso, que todo elétron deve, para poder deixar um corpo, fornecer uma certa quantidade de trabalho P (característica do corpo). Os elétrons que deixam o corpo com a velocidade normal mais elevada são aqueles que se encontram imediatamente na superfície e que são excitados normalmente a esta. (EINSTEIN, 1905)

Ao longo dos anos, com base na concepção feita por Einstein (1905), surgiram os chamados sistemas fotovoltaicos. Estes nos proporcionam uma maneira de realizar a transformação de energia solar em energia elétrica.

2.6.1.3.1 Energia solar fotovoltaica

É, em seu princípio, uma forma de gerar eletricidade através de métodos limpos, baratos e abundantes, utilizando a luz do sol como fonte de energia.

Podemos expor o seu funcionamento e as vantagens da seguinte forma:

Os sistemas fotovoltaicos utilizam células, módulos e arranjos em que o efeito fotovoltaico gera eletricidade diretamente. Os equipamentos fotovoltaicos oferecem diversas vantagens porque são imóveis, silenciosos e não apresentam depleção de materiais. Em geral, os sistemas solares são singelos e não apresentam peças mecânicas móveis, o que exige pouca manutenção, reduz os prazos de instalação e gera confiabilidade em seus equipamentos. Seus desenhos podem ser muito variados porque sistemas solares são, na maioria das vezes, modulares, permitindo adequações de produção desde mW até MW (medidas de grandezas utilizadas para medir a potência).(REBOLLAR, 2011, p. 35)

Sua aplicação é interessante para o nosso estudo, pois suas características contribuem para a eficiência no emprego de repetidoras devido às suas formas apresentadas e as suas maneiras de aplicação, isto é, por causa dos diferentes materiais utilizados para captar a energia solar e transformar em energia elétrica.

2.6.1.4 Energia elétrica

É a energia produzida através das interações de sistemas com os elétrons e seus respectivos movimentos, isto é, através da aplicação de uma diferença de potencial entre dois pontos de um condutor, gerando corrente elétrica em seus terminais. Contudo a capacidade da corrente elétrica em realizar trabalho caracteriza a energia elétrica.

Sua utilização nos dias de hoje pode ser considerada essencial pela dependência dos equipamentos atuais em relação à eletricidade, devido aos componentes eletrônicos presentes em seus circuitos. Não que isto venha a ser uma deficiência, pois devido aos componentes eletrônicos temos hoje uma evolução nas telecomunicações e uma redução significativa no tamanho dos equipamentos se compararmos aos séculos XIX e XX.

A obtenção da energia elétrica é um processo simples devido ao fato de sua conversão proveniente de outros tipos de energia ser relativamente fácil, isto é, os elétrons estão presentes em todos os átomos em suas camadas, logo ao causarmos um desequilíbrio entre o número de elétrons em relação ao de prótons estaremos deixando o átomo com uma carga positiva caso se retire elétrons ou negativa caso se acrescente elétrons.

Podemos definir a natureza da corrente elétrica da seguinte maneira:

De acordo com a teoria eletrônica, a corrente elétrica consiste no movimento de elétrons livres em uma direção definida em um circuito elétrico. O fluxo de elétrons livres se faz de átomo a átomo, através do metal, permanecendo imóveis os átomos em suas posições médias. Não é provável que um elétron se mova além da distância entre dois átomos. (MAGALDI, 1981, p. 23)

A aplicação da mesma é bem extensa devido as possibilidades de se empregar energia elétrica em praticamente tudo em nossa rotina de acordo com as nossas necessidades.

Há equipamentos hoje que “geram” energia elétrica através de outras fontes de energia como a mecânica, química e solar, estes equipamentos são conhecidos como *geradores elétricos*.

2.6.1.4.1 Geradores elétricos

São equipamentos capazes de transformar outras fontes de energia em energia elétrica, dentro de um sistema fechado.

Os mais comuns e que serão objeto de nosso estudo são aqueles que utilizam motores à combustão interna e a partir da energia mecânica gerada por esses motores convertem o seu produto final em energia elétrica.

O fato desse tipo de geradores ser nosso objeto de estudo é que estes são os equipamentos utilizados pela companhia de comunicações do CCom/AMAN e neste capítulo poderemos verificar e analisar melhor as possibilidades e deficiências desse tipo de dispositivo.

2.6.1.4.2 Geradores elétricos à combustão

Os geradores à combustão interna são compostos basicamente por um motor à combustão e um alternador responsável pela conversão de energias.

A principal deficiência, se assim podemos dizer, desse equipamento é que o fato de possuir um motor a combustão interna o torna barulhento e pesado, além da dependência de combustível fóssil, como citado no início do trabalho.

Um gerador elétrico que utiliza um motor a combustão interna funciona transformando a energia mecânica gerada pelo movimento do eixo do motor que gira através do movimento

do conjunto pistão-biela para gerar energia elétrica. Essa energia elétrica é produzida através do movimento giratório de uma base metálica entre dois ímãs que através da indução magnética gera corrente elétrica e esta se move entre dois conjuntos de anéis, movimentando por indução magnética outro eixo onde haverá a conversão em energia elétrica.

O seu funcionamento pode ser entendido pela figura a seguir:

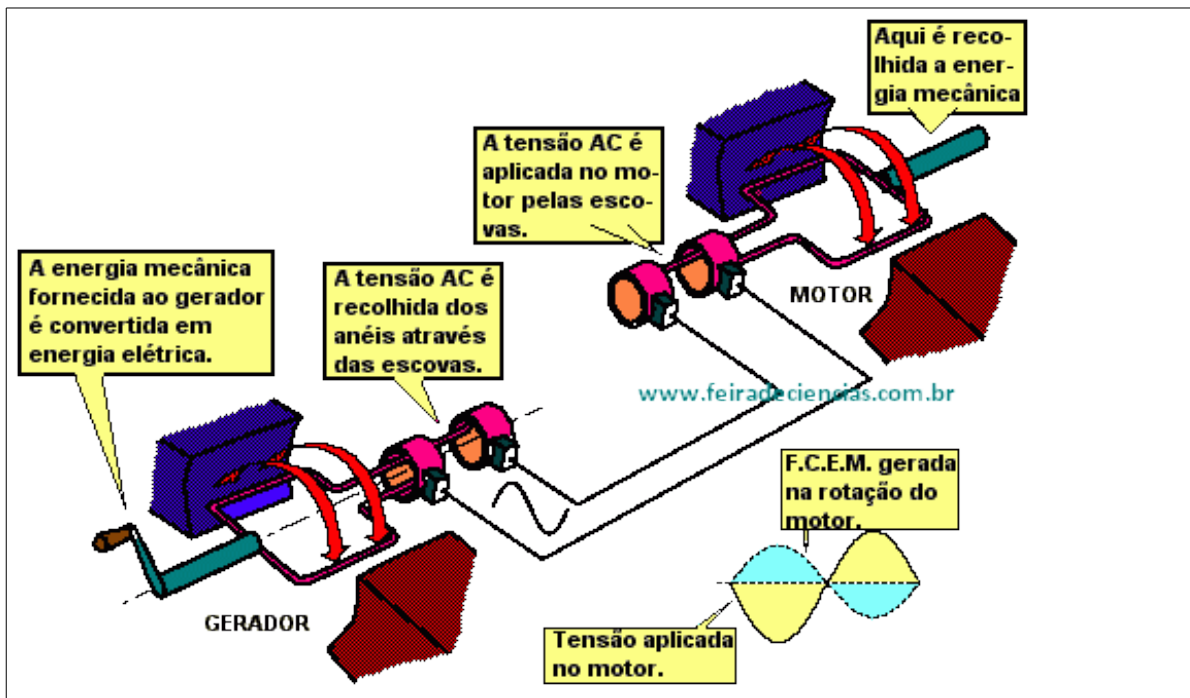


Figura 1- Funcionamento do gerador elétrico

Fonte: <<http://www.portaleletricista.com.br/gerador-eletrico-2/>> Acesso em: 05 jan. 2018

Um exemplo de gerado elétrico a combustão é o gerador Nagano ND7000E, utilizado pelo CCom/AMAN para alimentar a repetidora GTR8000. Suas especificações estão na tabela a seguir:

Tabela 1 - Detalhes do Gerador Nagano ND7000E

DIMENSÕES (AxLxP)	62,5 x 52,5 x 74,5 cm
PESO BRUTO/LÍQUIDO	107,50 kg / 106,50 kg
NÍVEL DE RUÍDO	85 dB (7 m)
POTÊNCIA NOMINAL	5.5 kVA
POTÊNCIA MÁXIMA	6 kVA
TENSÃO DE SAÍDA	110/220 V
CORRENTE NOMINAL	25 A
FREQUÊNCIA	60 Hz
COMBUSTÍVEL	Diesel
CAPACIDADE DO TANQUE	15 litros
AUTONOMIA (50% de carga)	12,5 horas

Fonte: <<http://www.naganoprodutos.com.br/novosite/canais/produtos/vitrine.asp?codProduto=66>> Acesso em: 10 jan. 2018

**Figura 2 - Gerador Nagano ND7000E**

Fonte: <<http://www.naganoprodutos.com.br/novosite/canais/produtos/vitrine.asp?codProduto=66>> Acesso em: 10 jan. 2018

2.6.1.4.3 Geradores fotovoltaicos

São aqueles que convertem a energia proveniente do sol em energia elétrica, através de células fotovoltaicas.

Segundo Rebollar (2011, p. 66):

As células fotovoltaicas são o elemento básico do gerador fotovoltaico. Geralmente elas têm a forma de pequenos discos ou retângulos e são fabricadas em grande escala. As células são cobertas, do lado exposto ao sol, por uma cobertura transparente, normalmente vidro, plástico ou resina de silicone. São nelas que acontece a conversão da energia radiante do sol em energia elétrica.

Essas células são, então, as responsáveis por captar a energia solar através dos materiais utilizados na sua confecção e possibilitar a condução de energia elétrica. Podemos observar os principais tipos de células de acordo com os materiais utilizados e suas respectivas eficiências na tabela a seguir:

Tabela 2 - Eficiência de conversão

Material	Eficiência (%)
Silício monocristalino (m-Si)	12 a 15
Silício policristalino (p-Si)	11 a 14
Silício amorfo hidrogenado (a-Si)	6 a 8
Telureto de cádmio(CdTe)	7 a 10
Disseleneto de cobre, gálio e índio(CIS e CIGS)	9 a 11

Fonte: Rebollar (2011, p. 71)

Cada célula solar compõe-se de uma fina camada de material tipo N e outra com uma maior espessura tipo P. Quando estas estão separadas eletricamente, são neutras, mas ao serem unidas é gerado um campo elétrico devido aos elétrons presentes no material tipo N se movimentarem e ocuparem as lacunas existentes no material tipo P.

Assim, quando há a incidência de luz sobre a célula, os fótons se chocam contra os elétrons presentes na estrutura da célula dando a eles energia e os transformando em condutores, fluindo da camada P para a camada N, conforme a figura a seguir :

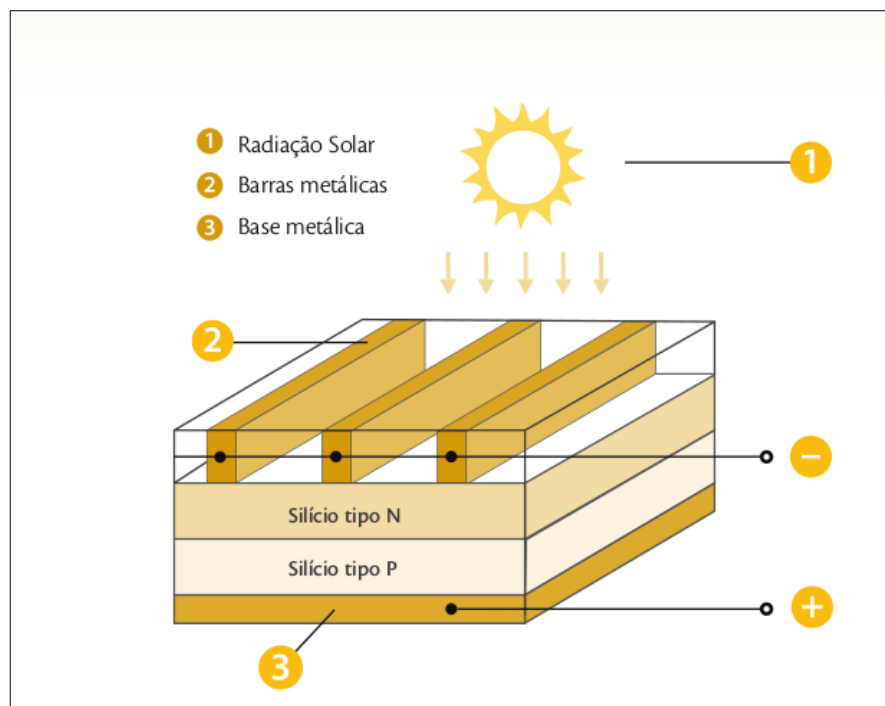


Figura 3 - Alteração da paisagem pela mineração

Fonte: Rebollar (2011, p. 65)

Ao interligarmos um conjunto destas células em série ou em paralelo, teremos organizado um módulo fotovoltaico, sendo este a unidade básica do subsistema de geração de eletricidade, consistindo numa estrutura moldada em quadro geralmente de alumínio.

Em relação aos módulos, Rebollar diz:

Cada módulo fotovoltaico é formado por uma determinada quantidade de células conectadas em série. Quando a camada negativa de uma célula une-se à camada positiva da seguinte, os elétrons fluem através dos condutores de uma célula para a outra. Este fluxo é repetido até chegar à última célula do módulo, da qual fluem para o acumulador ou a bateria. Cada elétron que abandona o módulo é substituído por

outro que regressa do acumulador ou da bateria. O cabo da interconexão entre módulo e bateria contém o fluxo, de modo que quando um elétron abandona a última célula do módulo e encaminha para a bateria, outro elétron entra na primeira célula a partir da bateria. É por isso que um dispositivo fotovoltaico é considerado inesgotável e produz energia elétrica em resposta à energia luminosa que entra nele. (2011, p. 67)

Os geradores fotovoltaicos são, em sua essência, o arranjo desses módulos, geralmente em placas solares, entretanto de acordo com os materiais utilizados na confecção das células podemos obter características como flexibilidade ou rigidez conforme o objetivo desejado.

Ao unirmos os geradores, ao controlador de carga, baterias e inversor, teremos um sistema fotovoltaico conforme a figura a seguir:

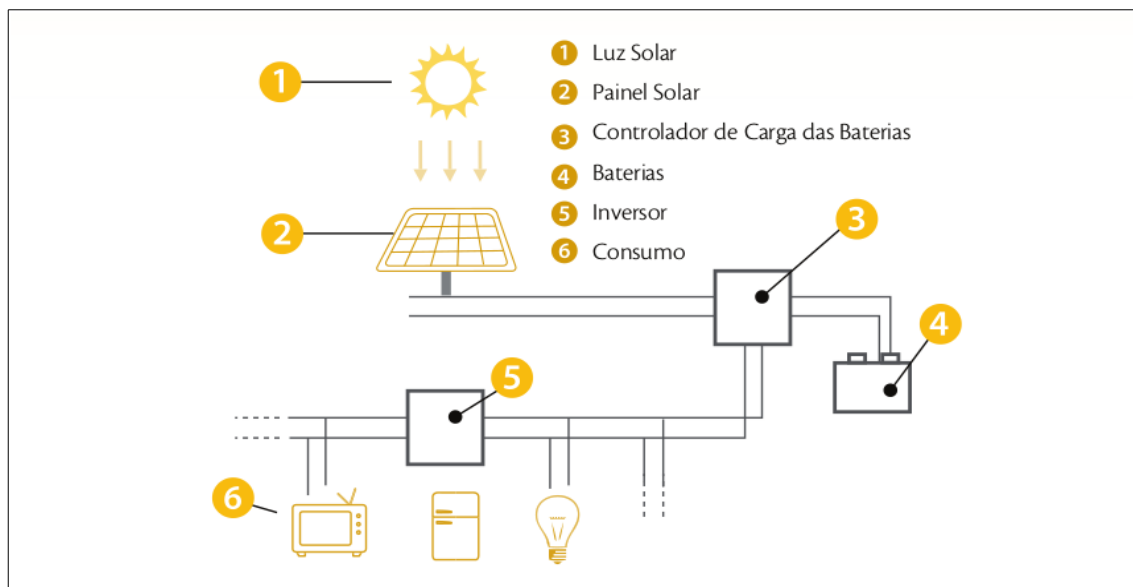


Figura 4 - Principais componentes de um sistema fotovoltaico

Fonte: Rebolgar (2011, p. 75)

Rebolgar (2011, p. 74) aborda o sistema fotovoltaico da seguinte forma:

Um sistema PV, apesar de utilizar equipamentos eletromecânicos diferentes, funciona como qualquer outro sistema de geração de energia elétrica. Os princípios de funcionamento e interface com outros sistemas elétricos são os mesmos. Estes princípios são orientados por códigos elétricos bem estabelecidos.

A implantação de um sistema PV implica na utilização de diversos componentes para conduzir, controlar, converter, distribuir e estocar adequadamente a energia, além do próprio arranjo fotovoltaico em si. O funcionamento e as especificações operacionais do sistema definem os componentes específicos necessários, como: inversores CC-CA (corrente contínua-corrente alternada; DC-AC, em inglês), acumuladores químicos (baterias), controladores de baterias, fontes auxiliares de energia, fios, disjuntores e outros equipamentos de proteção..

Ao buscarmos uma eficiência na aplicação de um sistema fotovoltaico, definimos como a principal característica a autonomia, isto é, buscamos uma maneira em que o sistema seja autossuficiente, tendo em vista que recebemos maior incidência solar no solstício de verão e menor incidência solar no inverno. Necessitamos que a repetidora seja alimentada 24 horas por dia, e para isto é necessário que ao mesmo tempo em que a repetidora seja alimentada durante o dia, uma ou mais baterias sejam carregadas simultaneamente, para que alimentem a repetidora durante períodos sem incidência solar, conforme a figura a seguir :

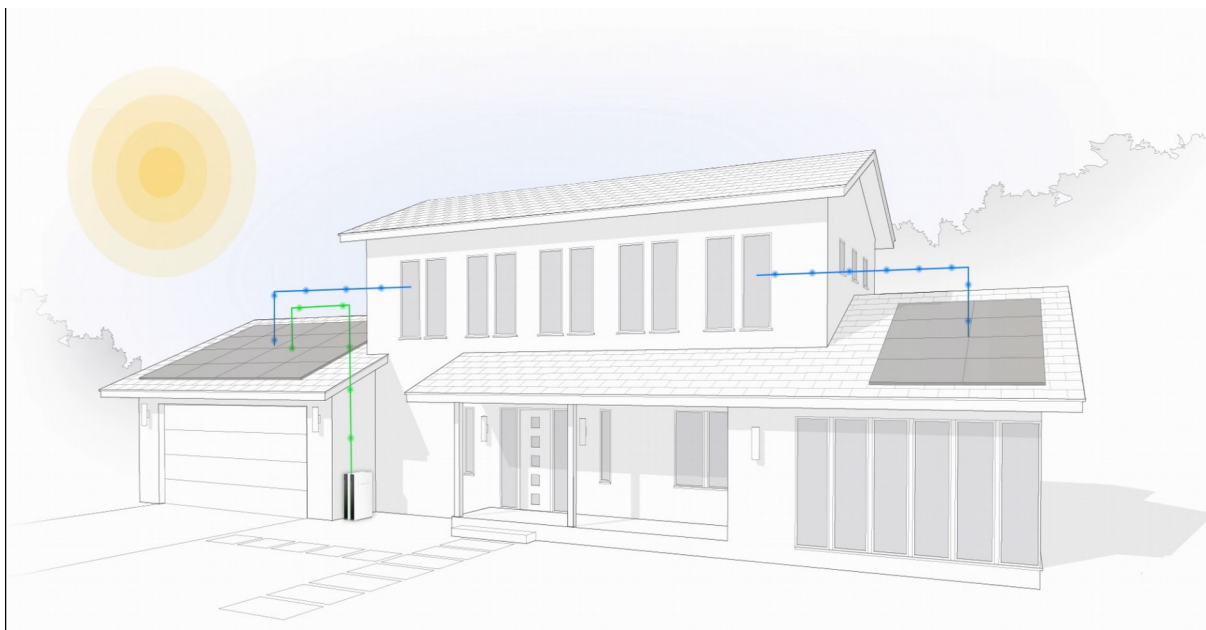


Figura 5 - Abastecimento autossustentável de um sistema fotovoltaico

Fonte: <https://www.tesla.com/es_ES/powerwall?redirect=no> Acesso em: 12 fev. 2018

2.6.1.4.4 Baterias

São elementos essenciais para um sistema fotovoltaico. Devido a variação da radiação solar, a eletricidade produzida pelos módulos fotovoltaicos apresenta níveis variáveis dependendo das condições de insolação, isto é, pela noite não há geração de energia, pela manhã, final da tarde e dias nublados o nível gerado é muito baixo. A maior incidência solar é próximo ao meio-dia.

As baterias servem para armazenar energia elétrica e fornecer energia quando as placas solares não forem suficientes.

2.6.1.4.5 Inversores CC-CA

Tem a função de transformar a energia elétrica contínua das baterias em energia elétrica alternada. Pode trabalhar com tensões de entrada de 12, 24, 48 ou 120 Vcc e converter para 120 V ou 240 V na frequência de 50 ou 60 Hz.

2.6.1.4.6 Controladores de carga

É um equipamento instalado no circuito antes da bateria para evitar que a mesma receba uma sobrecarga e seja danificada:

O controlador de carga é um equipamento utilizado em sistemas fotovoltaicos, basicamente, para proteger as baterias e garantir uma vida útil maior para as mesmas. Ele é muito importante, já que a bateria é um equipamento crítico no sistema e responsável pela maior parte das despesas que se tem com um sistema fotovoltaico após sua instalação.

O controlador de carga protege a bateria das descargas profundas e também do carregamento excessivo que provoca aumentos de temperatura.(REBOLLAR, 2011)

2.6.1.5 Motores à combustão interna

São motores que geralmente utilizam os ciclos otto ou diesel para realizar o seu funcionamento. A principal diferença entre os dois ciclos é que o otto utiliza uma vela para realizar uma centelha para que ocorra a combustão.

Ambos utilizam combustíveis fósseis e, através da combustão, fornecem energia mecânica que é transmitida pela árvore de manivelas (virabrequim) ao volante do motor. Vejamos a seguir os dois tipos de ciclos e suas peculiaridades.

2.6.1.5.1 Ciclo otto

É um ciclo utilizados pelos motores movidos à gasolina e que possui quatro tempos, identificados como: tempo de admissão, onde é admitido a mistura ar-combustível na câmara de combustão, através da válvula de admissão; tempo de compressão, onde essa mistura é comprimida pelo pistão; tempo de explosão, onde é emitido uma centelha pela vela no curso

final do pistão, ocorrendo a combustão e empurrando o pistão para baixo; e o tempo de exaustão onde os gases gerados pela explosão são expelidos da câmara de combustão através da válvula de exaustão. O ciclo otto pode ser observado na figura a seguir:

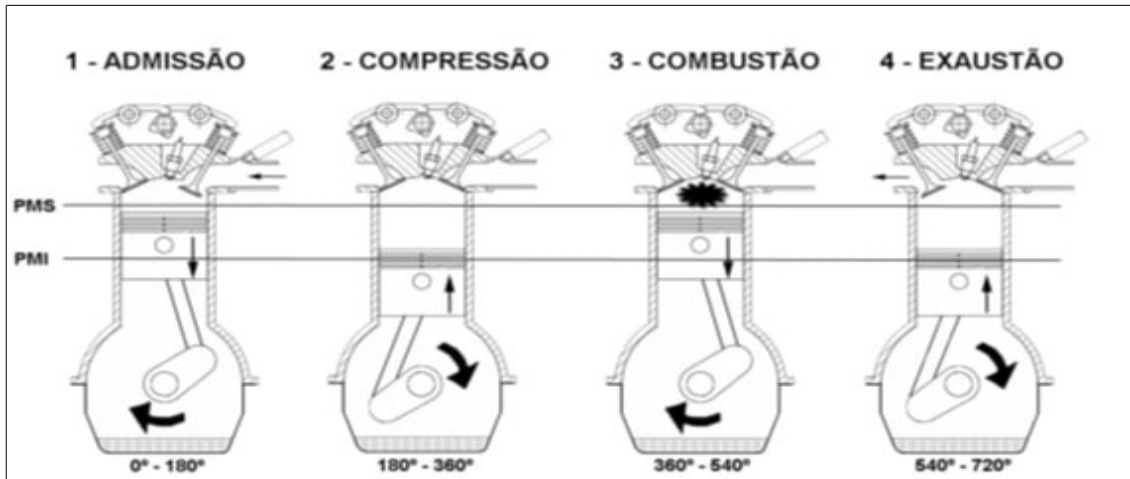


Figura 6 - Ciclo Otto

Fonte: <<https://www.embarcados.com.br/motores-de-combustao-interna-ciclo-otto/>> Acesso em: 10 jun. 2018

2.6.1.5.2 Ciclo diesel

É um ciclo de quatro tempos, identificados como: tempo de admissão, onde é admitido somente o ar na câmara de combustão, através da válvula de admissão; tempo de compressão, onde o ar é comprimido pelo pistão e se inicia a injeção do combustível pelo bico injetor, aumentando a temperatura e ocorrendo a inflamação; tempo de expansão, onde o curso do pistão já está para baixo e continua a injeção de combustível; e o tempo de descarga, onde ocorre a descarga dos resíduos da combustão pela válvula de descarga.

O ciclo diesel pode ser observado na figura a seguir:

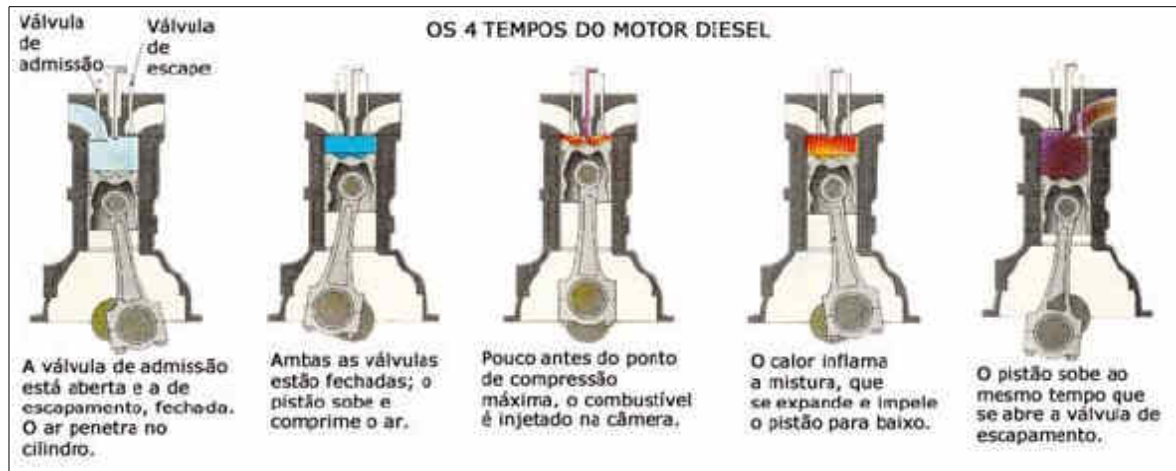


Figura 7 - Ciclo Diesel

Fonte: <<http://www.oleodieselparageradores.com.br/principios-de-funcionamento-de-um-motor-diesel-e-normas-brasileiras-tecnicas/>> Acesso em: 10 jun. 2018

2.6.2 Repetidoras

Uma repetidora nada mais é que um sistema automático de retransmissão de sinais, normalmente instalado em um local de grande elevação. Um pré-requisito para a operação de uma repetidora é a capacidade de receber e retransmitir o sinal desejado ao mesmo tempo.

Cabe ressaltar que transmissores fixos normalmente transmitem mais longe do que os móveis e em ambas as situações a cobertura de entrada e de saída devem ser consideradas, tendo em vista que o contorno da cobertura de um sistema é essencialmente o final da cobertura da transmissão.

Um sistema onde há uma repetidora funcionando pode ser entendido pela figura a seguir:

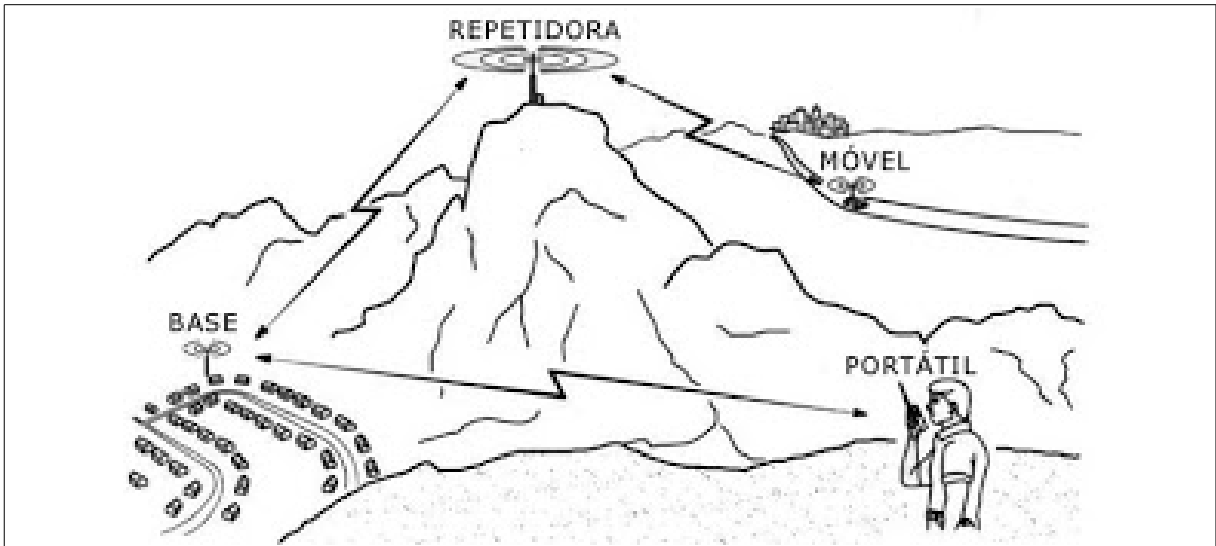


Figura 8 - Funcionamento de uma estação base/repetidora

Fonte: <<http://propagacaoaberta.com.br/o-que-e-uma-repetidora-para-que-serve-e-como-funciona/>> Acesso em: 10 jun. 2018

2.6.2.1 Repetidora GTR8000

É uma repetidora da marca Motorola, empregada pelo Exército Brasileiro, operada pelas companhias de comunicações. Suas características possibilitam aumentar o alcance dos enlaces rádio, isto é, amplia a cobertura do sistema de telecomunicação devido ao fato de retransmitir os sinais recebidos.

Suas especificações são:

Tabela 3 – Especificações GTR8000

DESEMPENHO GERAL	DADOS DE DESEMPENHO (HPD)	ALTO VOZ E DADOS INTEGRADOS (IV & D)
MODELO	T7039A	T7039A
DIMENSÕES (A X L X P)	(133x483x457mm)	(133x483x457mm)
PESO	20 Kg	20 Kg
ALIMENTAÇÃO	AC: 90-264 VAC, 47-63 Hz DC: 43.2-60 VDC	AC: 90-264 VAC, 47-63 Hz DC: 43.2-60 VDC
CONSUMO POTÊNCIA	DE 475 W	Sítio de Repetição: 500W Simulcast (Multicast): 550 W
IMPEDÂNCIA IN/OUT	50 ohms	50 ohms

Fonte: < www.motorola.com/radiosolutions > Acesso em: 10 jun. 2018



Figura 9 - Rádio de base GTR 8000

Fonte: <https://www.motorolasolutions.com/pt_xl/products/project-25-systems/astro-25-site-equipment/gtr-8000.html#tabproductinfo> Acesso em: 10 jun. 2018

2.6.3 Catalogação

Através da catalogação poderemos verificar os tipos disponíveis de placas solares adequadas ao proposto neste trabalho.

Tabela 4 – Especificações de placas fotovoltaicas

MARCA	ERA SOLAR	CANADIAN	FUJI	CANADIAN
MODELO	UpSolar	CS6K-270P	-	CS3K-MS
FORMATO	Placa rígida	Placa rígida	Placa flexível	Placa rígida
DIMENSÕES AxLxP(mm)	1640 x 992 x 40	1650 x 992 x 40	3510 x 480 x 10	1950 x 990 x 40
PESO (Kg)	17,75	18,2	1,6	18,5
POTÊNCIA	270 W	270 W	100 W	330 W
MATERIAL	p-Si	p-Si	CIGS	p-Si
EFICIÊNCIA(%)	16,6	16,5	16,5	16,5

Fonte: <<https://www.mercadolivre.com.br>> Acesso em: 10 jun. 2018

2.7 METODOLOGIA

2.7.1 Variáveis

Após a elaboração da hipótese: “Um gerador fotovoltaico pode ser utilizado para alimentar uma repetidora em campanha, pois atende aspectos técnicos e táticos para este uso, como peso, volume, nível de ruídos e emissão de potência, melhorando a mobilidade, camuflagem e logística.” foram definidas duas variáveis, uma independente e outra dependente.

A variável independente foi definida como o tipo de gerador em uso, utilizando como indicadores o volume, o peso, a potência, o ruído e a autonomia de cada gerador.

Definimos como variável dependente a utilização em campanha para alimentar uma repetidora, definindo como indicadores a capacidade energética, a mobilidade, a logística e a camuflagem.

2.7.2 Amostra

Para delimitarmos melhor nosso estudo, definimos o Ccom/AMAN como sendo a companhia de comunicações a ser estudada. Definimos também que o tipo de gerador de fonte alternativa a ser comparado é do tipo fotovoltaico, e que deve estar disponível no mercado em 2018. Definimos por fim que a repetidora a ser utilizada no estudo é a GTR8000 alimentada pelo gerador nagano ND7000E

2.7.3 Pesquisa

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos e verificar nossa hipótese foi realizada uma pesquisa documental e bibliográfica.

Inicialmente foi feita uma pesquisa sobre fontes de energia. O foco desta pesquisa foi verificar principalmente o funcionamento dos geradores à combustão e geradores fotovoltaicos. Em seguida foi feita uma pesquisa sobre a repetidora GTR8000, a fim de conhecer suas características.

Em uma segunda fase foi feita uma pesquisa no mercado de geradores fotovoltaicos. Durante essa pesquisa utilizamos como instrumento de pesquisa o fichamento. Ao término

desta fase catalogamos alguns geradores fotovoltaicos que possivelmente atenderiam nosso problema de pesquisa.

Por fim, utilizamos os dados obtidos para realizar uma comparação entre os geradores fotovoltaicos encontrados no mercado e o gerador atualmente em uso pelo Ccom/AMAN.

A partir da comparação dos dados dos geradores e a coleta dos indicadores das variáveis, foi analisado se todos geradores eram eficazes em sua utilização em campanha para alimentar a GTR8000 e qual era o mais eficiente. Portanto, essa pesquisa é descritiva, com uma abordagem quantitativa e qualitativa.

Por fim, foi utilizado o método dedutivo a análise dos dados e formulação de nossas conclusões.

3 RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Como auxílio, vamos observar a tabela a seguir, onde são comparados dados, relevantes ao nosso trabalho, do gerador à diesel utilizado pelo CCom/AMAN e os principais geradores fotovoltaicos verificados no capítulo anterior. Cabe ressaltar que estamos comparando em relação à finalidade de suprir a potência necessária à repetidora GTR8000, para isto utilizaremos a quantidade suficiente de placas para gerarem pelo menos 550w.

Tabela 5 – Análise de geradores

EQUIPAMENTO	Gerador à combustão	Placa solar	Placa solar
MARCA/MODELO	Nagano/ND7000E	Fuji/Flexível	Canadian/CS3K-MS
QUANTIDADE	1	6	2
POTÊNCIA (watts)	5500	100 - 600*	330 - 660*
DIMENSÕES A x L x P (cm)	62,5 x 52,5 x 74,5	351 x 48 x 1 - 6*	195 x 99 x 4 - 8*
VOLUME (m ³)	0,244	0,017 – 0,101*	0,077 - 0,154*
PESO (Kg)	107,50	1,6 – 9,6*	18,5 - 37*
RUÍDO (db)	85	0	0
AUTONOMIA (h)	12,5	12	12

* multiplicado pela quantidade

Fonte: o autor

Deve-se ter em mente que são utilizados pelo menos três geradores, onde dois serão revezados e um ficará em reserva, como uma forma de redundância de meios. Observa-se um sistema fotovoltaico utilizará alguma das baterias discriminadas a seguir, ou semelhantes:

Tabela 6 – Baterias Estacionárias

MARCA	Max Power	Freedom	PowerSafe
MODELO	MP400	DF4001	SBS-190F
DIMENSÕES AxLxP(mm)	270 x 275 x 525	525 x 275 x 250	510 x 120 x 380
PESO (Kg)	55	60,3	62
AMPERAGEM (Ah)	400	240	190
AUTONOMIA (550w)	8 horas e 43 minutos	5 horas e 14 minutos	4 horas e 8 minutos
TENSÃO (V)	12	12	12

Fonte: <www.mercadolivre.com.br> Acesso em: 10 jun. 2018

Analisando os dados da tabela 6, tem-se que é necessário um sistema com pelo menos 400w dedicados apenas à carregar uma bateria de 400 Ah em 12 horas. Esses dados são obtidos ao se utilizar a fórmula ($P = I \times U$), onde “P” é potência em watts, “I” é corrente em amperes e “U” é a tensão em volts.

Buscando realizar uma comparação adequada consideraremos os dados do gerador Nagano modelo ND7000E como base e os valores totais para uma operação.

Utilizaremos a placa solar flexível da Fuji, pois ela apresentou menor peso e volume em relação às demais, oferecendo mais mobilidade e com a mesma capacidade energética. Utilizaremos também a bateria MP400 da Max Power pois possui uma autonomia maior que as demais e com menor peso.

As quantidades de placas solares e baterias expostas serão as necessárias para alimentar a repetidora GTR8000 e, simultaneamente, carregar as baterias que alimentarão a repetidora quando a placa não for eficiente.

Logo tem-se:

Tabela 7 – Análise de dados

EQUIPAMENTO	Gerador à combustão	Placa solar	Bateria estacionária
MARCA/MODELO	Nagano/ND7000E	Fuji/Flexível	Max Power/MP400
QUANTIDADE	3	14	2
POTÊNCIA	5500 watts	100 – 1400* watts	-
DIMENSÕES A x L x P (cm)	62,5 x 52,5 x 74,5 – 223,5*	351 x 48 x 1 - 14*	27 x 27,5 x 52,5 - 105*
VOLUME (m³)	0,244 – 0,732*	0,017 – 0,238*	0,039 – 0,078*
PESO (Kg)	107,5 – 322,5*	1,6 – 22,4*	55 - 110*
RUÍDO (db)	85	0	-
AUTONOMIA (h)	12,5 – 37,5	12	8,5 - 17*

* multiplicado pela quantidade

Fonte: o autor

Ao analisarmos os dados temos que:

- O peso total do gerador é 322,5 Kg enquanto do sistema fotovoltaico é de 132,4 Kg;
- Apesar de a autonomia somada dos 3 geradores ser de 37,5 horas, após isto os mesmos precisarão ser abastecidos;

- O sistema fotovoltaico pode fornecer 12 horas de autonomia através das placas durante a incidência de luz solar e 17 horas através das baterias durante períodos em que a placa não seja eficaz;
- O volume ocupado pelos geradores é 0,732 m³ enquanto o volume das placas junto com a bateria soma 0,316 m³, ocupando menos espaço na viatura $\frac{3}{4}$ ton;
- Todos os geradores fotovoltaicos são eficazes na alimentação da repetidora GTR8000 em campanha, entretanto as suas quantidades variam de um modelo para o outro;
- Verifica-se que o gerador fotovoltaico flexível da Fuji tem capacidade energética para alimentar a GTR8000 pois em associação gera 1.400 W. Possui mobilidade para uso em campanha pois tem 132,4 Kg de peso e 0,316 m³ de volume. Quanto a logística, não necessita de reabastecimento, somente de 02 (duas) baterias para serem carregadas. Em relação a camuflagem, por se tratar de um gerador fotovoltaico não produz ruídos.
- Verifica-se que o gerador Nagano ND7000E tem capacidade energética para alimentar a GTR8000 pois gera 5.500 W. Possui pouca mobilidade para uso em campanha pois tem 107,5 Kg de peso e 0,244 m³ de volume, sendo estes valores referentes à um gerador. Quanto a logística, necessita de reabastecimento, pois utiliza diesel como combustível. Em relação a camuflagem, por se tratar de um gerador à combustão produz ruídos.

4 CONCLUSÃO

Nossa pesquisa teve como objetivos: analisar a possibilidade de emprego de equipamentos que geram energia a partir de fontes de energia alternativa nas Companhias de Comunicações em campanha; identificar e descrever os motores à combustão interna e os geradores elétricos utilizados pelas companhias de comunicações; examinar as limitações dos combustíveis fósseis em campanha; identificar as fontes de energia alternativa mais adequadas para o emprego das comunicações; encontrar no mercado nacional e/ou mundial equipamentos e/ou projetos que se adéquem ou adaptem ao que está sendo proposto e sejam viáveis ao emprego das companhias comunicações em campanha; e examinar as características dos equipamentos utilizados pelo curso de comunicações da AMAN.

O problema de pesquisa se deu sobre equipamentos que geram energia a partir de fontes de energia alternativa, se são capazes de alimentar equipamentos de comunicações das Companhias de comunicações em campanha, em particular uma repetidora GTR8000, contribuindo para uma situação tática eficiente.

Colocamos como hipótese para nossa pesquisa a seguinte situação: um gerador fotovoltaico pode ser utilizado para alimentar uma repetidora em campanha, pois atende aspectos técnicos e táticos para este uso, como peso, volume, nível de ruídos e emissão de potência, melhorando a mobilidade, camuflagem e logística.

Tomando essas ideias como base, podemos observar que essas hipóteses ditam bem o que vem ocorrendo na busca por fontes de energia alternativas, já que há um aumento na sua utilização em equipamentos elétricos, bem como na eficiência de emprego.

O resultado obtido pela interpretação dos dados apresentados foi que as placas solares se mostram mais leves que os geradores a combustão interna, o que se torna uma vantagem considerável já que são utilizados dois geradores para alimentar uma repetidora GTR8000, sendo que fornecem potência além do necessário para a mesma.

Destacam-se, no contexto do trabalho, o fato de as placas solares serem associadas à baterias específicas e necessitarem de um controlador para uma saída 110v/220v, e ainda os dados referentes aos pesos, potências e volumes especificados, de cada equipamento. Vale ressaltar que uma das características apresentadas pelo sistema fotovoltaico foi a sua autonomia em relação aos geradores elétricos, isto é, economizam recursos logísticos já que não necessitam serem abastecidos.

Diante destes resultados, podemos afirmar que a utilização de energia solar é uma solução ao que foi proposto pela pesquisa, além de conferir uma eficiência tática por não emitir ruídos e não requerer apoios logísticos durante o seu funcionamento, os equipamentos ainda atendem às demandas energéticas e possuem menor volume e peso em relação aos geradores elétricos.

Após comprovar que um gerador fotovoltaico é capaz de alimentar a repetidora GTR8000 em campanha, tendo em vista que atende aspectos técnicos e táticos para este uso, como peso, volume, nível de ruídos e emissão de potência, e verificar que ele possui melhor mobilidade, camuflagem e logística quando comparado a um gerador a combustão, concluímos que equipamentos que geram energia a partir de fontes de energia alternativa são capazes de alimentar equipamentos de comunicações das Companhias de comunicações em campanha, em particular uma repetidora GTR8000, contribuindo para uma situação tática eficiente.

Diante do que foi supracitado, os nossos objetivos foram alcançados, confirmando a nossa hipótese e auxiliando para que este trabalho contribua para uma evolução doutrinária no emprego das comunicações em campanha. Recomendo ainda que sejam feitos testes com a aplicação de geradores fotovoltaicos para alimentar repetidoras GTR8000 e que sejam realizadas novas pesquisas e estudos que essa pesquisa não abordou, como: estudo sobre a resistência do gerador fotovoltaico à variação de temperatura, chuva e poeira.

REFERÊNCIAS

Referências consultadas:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 6024**: numeração progressiva das seções de um documento: procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 6028**: resumos: procedimento. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Ministério do Exército. **Manual de Campanha C 11-1 - Emprego das Comunicações**. 2. ed. 1997.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

COSTA, Antonio Fernando Gomes da. **Guia para elaboração de relatórios de pesquisa: monografias: trabalhos de iniciação científica, dissertação, teses e editoração de livros**. 2. ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: Unitec, 1998.

CUORE, Raul. **Fontes de energia renováveis e seus principais benefícios para a humanidade**. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/fontes-de-energia-renovaveis-e-seus-principais-beneficios-para-a-humanidade/21159>>. Acesso em 23 Set. 2017.

EINSTEIN, Albert. Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. **Annalen der Physik**, Berlim, Deutschland, n. 18, p. 132-148, 17 März. 1905.

EPSTEIN, Sam; EPSTEIN, Baryl. **Motores e Energia**. Rio de Janeiro: Distribuidora Record, 1964.

MAGALDI, Miguel. **Noções de Eletrotécnica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981.

MOTOROLA SOLUTIONS. **Estação Base/Repetidora GTR8000**. Disponível em: <https://www.motorolasolutions.com/pt_xl/products/radios-bidirecionais-seguranca-publica/infraestrutura/estacoes-base-repetidoras/gtr-8000.html#tabproductinfo> Acesso em: 10 jun. 2018.

PALZ, Wolfgang. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Hemus, 2002.

PARANÁ, Djalma. **Física**: Volume 3 Eletricidade. 3. ed. São Paulo: Ática, 1994.

YOUSSEF, Youssef; GUERRA, José. (Org). **Energia Solar**. Unisul. 8,4Mb. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/259868130_Energia_Solar> Acesso em: 10 jun. 2018.