



SELEÇÃO DE FONTE ALTERNATIVA PARA ENERGIA ELÉTRICA: O CASO DO SÍTIO ALFA

Moacir Fogaça¹

Jairo Afonso Henkes²

Ivete de Fátima Rossato³

RESUMO

O presente trabalho de pesquisa foi voltado para um estudo de caso considerando as energias alternativas possíveis de utilização no Sítio Alfa. Abordou-se nesta pesquisa o potencial hidráulico obtido de um pequeno fluxo de água, o potencial para o uso das energias do sol mediante uso de módulos fotovoltaicos e a energia dos ventos, mediante instalação de um pequeno aero-gerador. O estudo prestou-se a investigar a forma para a obtenção de 500 Watts de potência em energia elétrica no sítio. Foi realizada a análise de viabilidade de implantação de sistemas *Off grid* e *On grid*, para uma conexão sem uma rede aérea entre a casa e o galpão externo. Foram dimensionados diferentes sistemas, permitindo assim uma aplicação imediata em situações similares, a partir do material produzido pela pesquisa. Em relação aos custos foram realizadas consultas com a finalidade de permitir a seleção técnica para a compra dos materiais para a implementação do projeto produzido pela pesquisa. Este sistema com 500 Watts poderá ser ampliado para se obter maiores potências obviamente com maiores investimentos. Após a conclusão dos dimensionamentos e análise de custos, foi descartada a possibilidade de geração de energia elétrica a partir do curso d'água existente na propriedade, principalmente pelo elevado custo do gerador hidráulico.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Energia eólica. Energia hidráulica.

¹ Acadêmico do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental/Unisul Virtual. Engenheiro Eletricista. Professor e Coordenador de Curso na UNISUL. ****In memoriam****

² Mestre em Agroecossistemas. Especialista em Administração Rural. Engenheiro Agrônomo. Professor do Curso de Administração, do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental da Unisul. E-mail: jairo.henkes@unisul.br

³ Doutora em Engenharia de Produção/UFSC (2002), Mestre em Engenharia de Produção/UFSC, Licenciada em Química/UFSC (1987), Engenheira Química/ UFSC (1993). E-mail: Ivete.Rossato@unisul.br

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa trata do estudo de viabilidade ou não, da implementação de energias alternativas de produção de energia elétrica. O estudo se desenvolveu no sítio Alfa, no município de Paulo Lopes S.C.

Das possíveis maneiras de obter energia elétrica de forma alternativa, foram consideradas a Fotovoltaica, a Eólica e a Hidráulica.

Os recursos de insolação e ventos foram obtidos mediante pesquisa bibliográfica. Já o estudo da Hidráulica foi realizado mediante *survey* no sentido de conhecer o desnível entre a lâmina de água e o local de instalação da turbina, bem como o fluxo médio de água disponível no local.

Em seguida foi feito o dimensionamento dos três recursos prováveis obtendo assim os materiais componentes de cada sistema.

Após este dimensionamento realizou-se o levantamento dos custos para os três sistemas. O estudo levou em conta também a possibilidade de transferir a energia produzida para a concessionária da região *ON GRID*, ou montar um sistema isolado *OFF GRID*.

2 TEMA

Na atualidade, existem diversas tecnologias capazes de suprir as necessidades de energia, para os mais diversos fins. Assim, os tipos mais importantes de energia que existem são as energias renováveis e não renováveis:

- A energia renovável: força das águas (hidráulica), força do vento (eólica), energia do sol (radiante), da biomassa (mediante bagaço de cana, serapim etc.), ondas e marés (movimento das ondas), geotérmica (calor da terra), (PINHO.J. T.; GALDINO M. A., 2014).
- A energia não renovável originária de combustíveis fósseis, tais como: carvão, gás natural, petróleo e a energia nuclear (núcleo do átomo).

O presente trabalho investiga as possibilidades de geração de energia elétrica de forma renovável, como alternativa à energia comercial fornecida para o sítio

Alfa. Para tanto, serão estudadas as possibilidades de obtenção de energia elétrica renovável a partir da:

- energia hidráulica, obtida pelo movimento da água em uma roda d'água ou numa turbina .
- energia do sol mediante captação através de módulos fotovoltaicos.
- energia eólica produzida pela ação dos ventos, acionando aerogeradores.

Dessa forma, torna-se necessário compreender alguns princípios físicos sobre a eletricidade.

A eletricidade de uma forma bastante simples vem a ser o movimento dos elétrons, que se manifesta, por exemplo, em algum condutor (fio).

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizado um levantamento em campo (*survey*) sobre o potencial de obtenção de energia elétrica existente na região em diversas possibilidades.

Este estudo levou em conta a quantidade de água disponível, a carga de ventos e a insolação no sítio, considerando suas coordenadas geográficas, latitude e longitude ($27^{\circ}59'31''S$ e $48^{\circ}40'28''W$), respectivamente.

A obtenção da energia elétrica a partir do potencial hidráulico ou dos ventos que ocorre quando o movimento da água ou do vento produzem giros de um dispositivo em torno um eixo mecânico, estando acoplado a este eixo, um sistema capaz de produzir entre dois pontos uma diferença de potencial ou tensão elétrica (gerador).

A energia elétrica produzida a partir de sistemas fotovoltaicos é obtida através da conversão direta da luz solar incidente em placas fotovoltaicas em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). Este fenômeno, observado por Edmond Becquerel em 1839 (Pinho J.T.; Galdino M.A., 2014), demonstrou que quando nos extremos de uma estrutura de material semicondutor aparece uma diferença de potencial toda vez que ocorre a aplicação de luz neste material.

Outro aspecto a ser estudado é o uso conjunto de mais de um tipo de geração de energia um “sistema híbrido”, onde pode ser utilizada a energia produzida por mais de um gerador de forma simultânea, por exemplo com gerador eólico e fotovoltaico ao mesmo tempo.

Este estudo também verificou se o sistema será “*on grid*” (energia excedente transferida para a rede da concessionária de energia elétrica), ou sistema isolado

“*off grid*”, onde toda a energia produzida fica disponível no próprio local, armazenada em um banco de baterias, (PINHO.J. T.; GALDINO M. A., 2016).

Cumprido salientar que no sistema “*on grid*” a parte da energia gerada que não for utilizada poderá ser transferida para a companhia fornecedora de eletricidade da região, havendo desconto no valor da conta de energia elétrica, mediante uso de um medidor bidirecional.

Já no sistema “*off grid*” a energia produzida é armazenada localmente em um banco de baterias para depois ser utilizada, mediante uso de circuitos inversores transformando a corrente contínua em corrente alternada, compatível com a energia comercial (PINHO.J. T.; GALDINO M. A., 2016).

Assim, cabe uma importante pergunta, qual a melhor forma de geração alternativa de energia elétrica para o sítio Alfa e se o sistema será “*on grid*”, “*off grid*” ou ainda se o sistema será híbrido ?

2.1 Justificativa

A relevância da pesquisa tem como principal significado o de aproveitar os recursos energéticos renováveis disponíveis no local onde se situa o sítio Alfa e se justifica por várias razões, dentre elas por questões, ecológicas, econômicas ou mesmo com possibilidade de autonomia energética para o sítio.

Em termos de contribuição para a sociedade a proposta é a de aumentar o conhecimento científico bem como estimular moradores a utilizarem energias renováveis, oportunizando a redução de custos, a geração de renda e diminuir os impactos ambientais negativos oriundos do processo de produção convencional.

Para o pesquisador destaca-se a oportunidade de estudar em maior profundidade as diferentes formas de obtenção de energias renováveis e sua aplicação em situações reais. Além de transferir o conhecimento adquirido a outras pessoas deste meio.

2.2 Carga elétrica e corrente elétrica

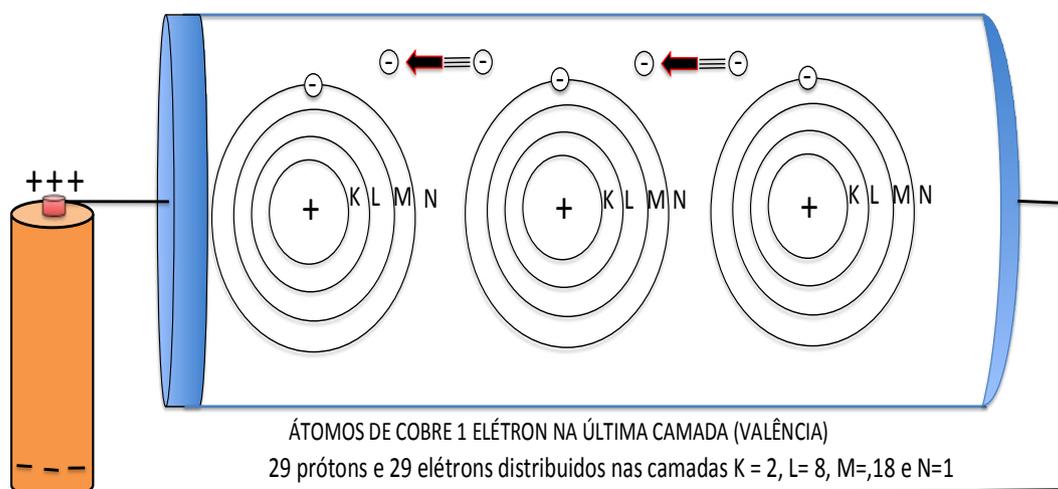
Com o objetivo de apresentar uma definição de carga e corrente elétrica para facilitar o entendimento com maior profundidade sobre a energia dos elétrons da úl-

tima camada do átomo que, em movimento, geram a corrente elétrica sempre que houver uma diferença de potencial entre dois pontos.

Por definição, a corrente elétrica é o resultado de cargas em movimento, sendo 1 Ampère (A) o equivalente à uma carga e 1 Coulomb (C) atravessando uma determinada superfície em 1 segundo. Deste modo em funções variáveis $i(A) = dq/dt$ (C/s). Assim a unidade de carga, o Coulomb, é equivalente a um ampère-segundo. (NAHVI E EDMINISTER, 2005 p. 14).

Ainda conforme ensinam estes autores, a carga do elétron é de $- 1,602 \times 10^{-19}$ C. No caso do cobre em $1m^3$ são encontrados aproximadamente $8,5 \times 10^{28}$ elétrons livres com facilidade de movimentação. Na figura 1 é apresentado de forma esquemática um fio de cobre percorrido por uma corrente elétrica (movimentação de elétrons nesse fio). Demonstra-se também uma pilha elétrica (onde a energia elétrica é obtida mediante ação química dos elementos que a constituem), com uma diferença de potencial entre seus polos positivo e negativo. É importante salientar que a corrente elétrica tem um sentido convencional onde as cargas saem dos pontos de maior potencial para os pontos de menor potencial. Já o sentido eletrônico da corrente admite que a corrente circule dos pontos de menor potencial para os pontos de maior potencial (NAHVI E EDMINISTER, 2005).

Figura 1: Fio de cobre estilizado conectado em uma pilha.



Fonte: elaborado pelos autores

2.3 Potência e energia elétrica

O Watt (W) é a unidade de potência, ou seja é a potência de um sistema energético no qual é transferida, contínua e uniformemente a energia de 1 Joule por segundo.

A energia elétrica representada por Wh (Watt - hora), significa a quantidade de energia elétrica consumida por um equipamento de 1 Watt em uma hora.

Valores maiores de energia são expressos em KWh, MWh, GWh. Por exemplo, um aparelho com uma potência de 10 KW consumirá em 10 horas uma energia de $10.000 \text{ W} \times 10\text{h} = 100.000 \text{ Wh}$ ou 100 KWh.

Existem outras equivalências para a energia:

$$1\text{KWh} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ J} = 3412,0 \text{ BTU} = 860 \cdot 10^3 \text{ Cal.}$$

(ARNOLD E STEHR, 1976, pg. 73)

2.4 A energia solar

O Sol, a cada ano, transfere ao nosso planeta 1×10^{18} KWh/ano de energia solar, esta quantidade de energia, corresponde a 10.000 vezes a energia consumida mundialmente no mesmo período (PINHO.T. J. et al, 2014).

A conversão da energia do sol em energia elétrica pode ocorrer pelo calor nos chamados termopares, onde metais diferentes são fundidos e dependendo da quantidade de calor aplicada no ponto de união destes metais, aparecerá uma pequena tensão elétrica proporcional ao calor.

Para a geração de energia elétrica com potencial de uso comercial é utilizado o efeito fotovoltaico (GREEN et al., 2000).

O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25%(GREEN et al., 2000, pg. 11).

Na figura 2 é apresentado o exemplo de uma placa fotovoltaica em condições de gerar energia elétrica.

Figura 2: foto de uma placa fotovoltaica.



Fonte: Internet 2016.

Disponível em: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-805574267-kit-solar-16kwp-placas-fotovoltaicas-inversor-nf-inmetro-_JM

As placas fotovoltaicas podem ser agrupadas em série e paralelo e ainda na forma de uma associação mista, para obterem os valores de tensão e de corrente desejados. Na figura 3, são apresentadas de forma esquemática, as três possibilidades, a esquerda está apresentada a conexão série, no centro a associação em paralelo e na direita uma associação mista composta de duas associações série e em paralelo entre si (GREEN et al,2000).

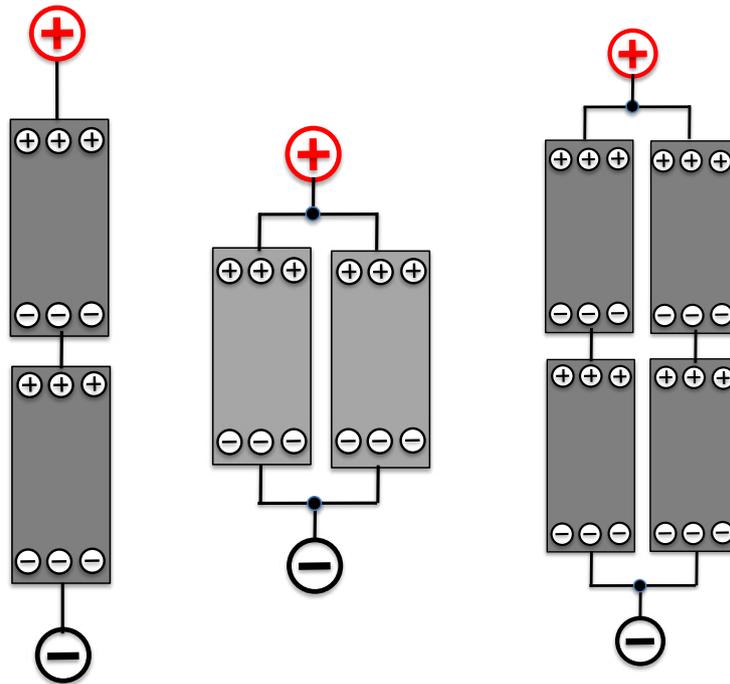
Considerando que cada painel fornece uma tensão $V=12$ volts e corrente $I=15$ amperes, os resultados das associações seriam os seguintes:

Série: $12 + 12 = 24$ volts; $I = 15$ Ampéres \rightarrow Potência do Gerador $24 \times 15 = 360$ Watts

Paralelo: 12 volts; $I = 15 + 15 = 30$ Ampéres \rightarrow Potência do gerador $12 \times 30 = 360$ Watts

Mista: $12 + 12 = 24$ volts; $i = 15 + 15 = 30$ Ampéres \rightarrow Potência do gerador $24 \times 30 = 720$ Watts. Adaptado de: (PINHO J. T; GALDINO M. A., 2016, pg 5).

Figura 3: associação de placas fotovoltaicas

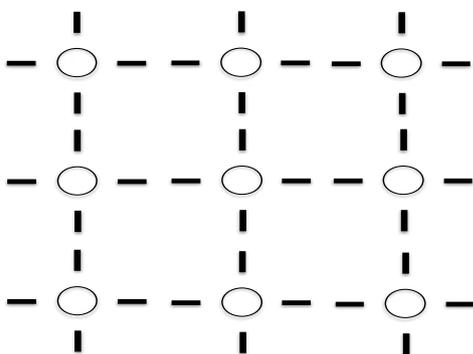


Fonte: elaborado pelos autores

Como foi visto as placas fotovoltaicas podem produzir tensões, correntes e potencia conforme desejado pelo projetista do sistema.

Na figura 4, pode-se observar o silício formando um cristal e que pela simetria de seus átomos, da última camada, ele é, inicialmente, um isolante elétrico.

Figura 4. Estrutura cristalina do silício

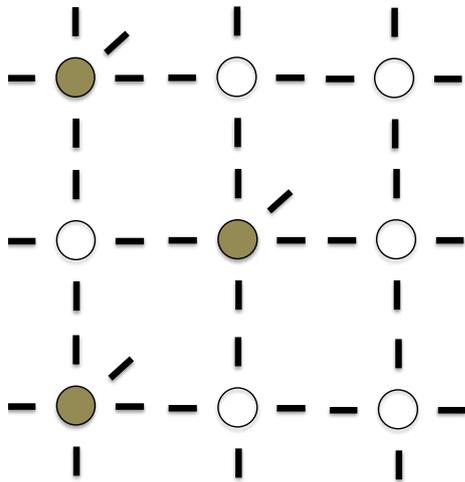


Fonte: elaborado pelos autores

A transformação da estrutura cristalina do silício que é um isolante elétrico, em um material com mais ou menos de 4 elétrons na última camada é conhecido como dopagem do silício.

Na figura 5 é apresentado de forma esquematizada um cristal de silício, porém agora dopado com átomos de fósforo que contém 5 elétrons em sua última camada.

Figura 5: Átomos de silício dopados com pequena quantidade de Fósforo (P)

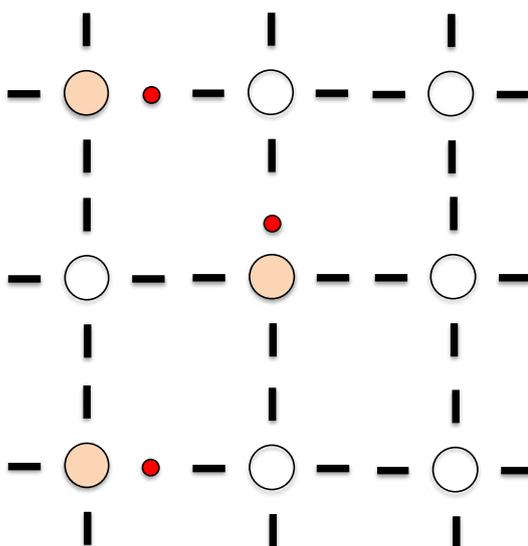


Fonte: elaborado pelos autores

Os átomos de fósforo (P) ao se misturarem na estrutura cristalina provocam o aparecimento de elétrons livres tornando assim o silício condutor de eletricidade,

Na figura 6, está representando uma estrutura cristalina dopada com Boro (B), fazendo com que o silício fique positivo pela falta de elétrons, ou seja, criam-se lacunas.

Figura 6: silício dopado com Boro (aparecimento de lacunas).

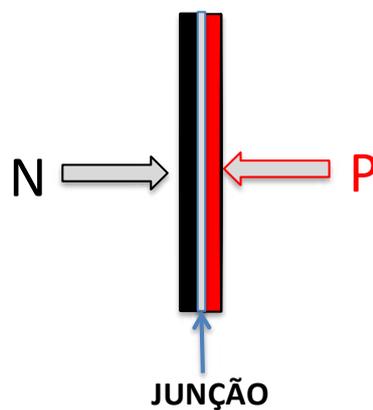


Fonte: elaborado pelos autores.

Ao se pegar uma “bolacha”, (fatia obtida por recorte de um bloco de silício purificado), aplicando-se dopantes em cada uma das suas faces e aplicando temperatura adequada à bolacha em um forno, apropriado, sendo que após este processo, aparecerá uma reestruturação no cristal de silício, de forma tal que, numa das faces aparecerão elétrons a mais e na outra face, do cristal elétrons a menos ou lacunas. No meio, entre as faces surgirá uma região chamada de junção (GREEN et al, 2000).

Veja na figura 7, o efeito provocado pelo processo de difusão (dopagem do silício).

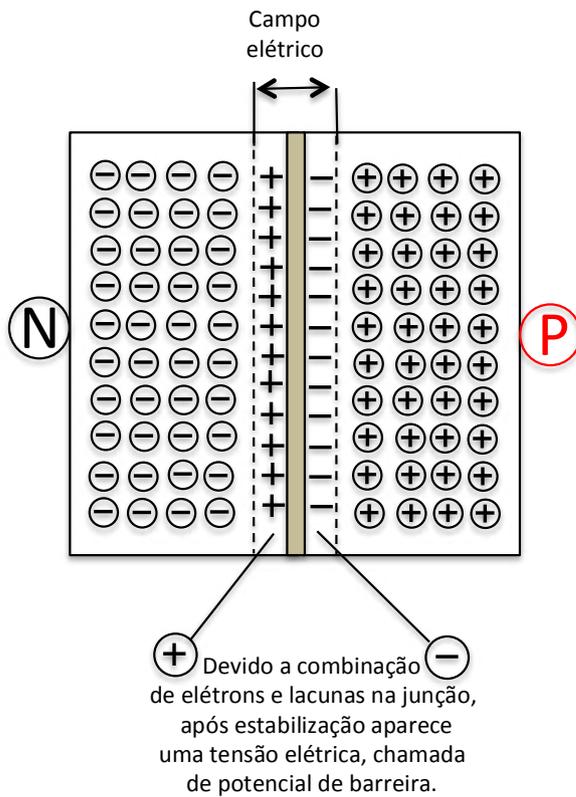
Figura 7: demonstrativo do silício após difusão.



Fonte: elaborado pelos autores

Na região da junção, os elétrons constatados a mais no lado N, passam para o lado P que tem falta de elétrons (lacunas), provocando o aparecimento de uma tensão chamada de potencial de barreira, até o equilíbrio desta cargas, veja na figura 8 (FADIGAS, 1993).

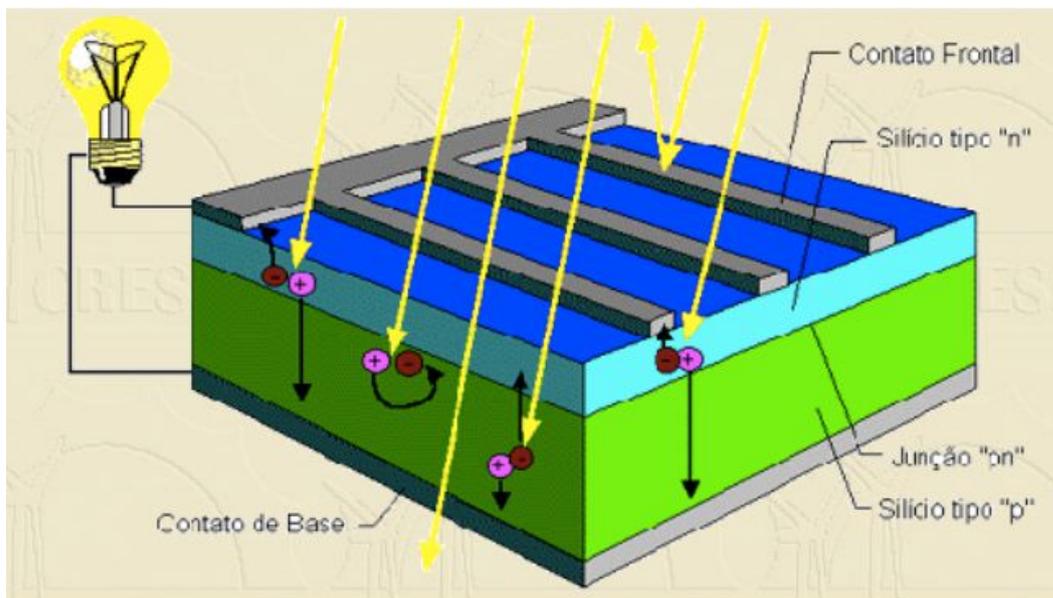
Figura 8: Esquema demonstrativo das cargas elétricas em uma placa de silício e na junção.



Fonte: elaborado pelos autores

Para melhor ilustrar esta estrutura vejamos na figura 9, uma representação de uma placa fotovoltaica, proposta por (FADIGAS, 1993).

Figura 9: representação gráfica de uma placa fotovoltaica.



Fonte: FADIGAS, 1993.

Na incidência de fótons com energia superior ao “Gap” (potencial de barreira), isso provocará o encontro entre lacunas e elétrons na junção, produzindo assim uma diferença de potencial (lado P em relação ao lado N) proporcional a quantidade de luz incidente. Este fato da origem ao efeito fotoelétrico (FADIGAS, 1993).

2.5 A geração de energia elétrica a partir do magnetismo.

Na geração de energia elétrica, pela ação dos ventos (eólica) ou pela ação de um fluxo de água (hidráulica), o princípio é o mesmo. Ocorre pela ação do magnetismo em uma de duas formas:

Na primeira: movimenta-se uma bobina dentro de um campo magnético.

Na segunda: fixa-se a bobina variando o campo magnético.

Nas usinas hidrelétricas a queda d'água movimenta uma turbina (roda de pás). O movimento da turbina movimenta os ímãs ou as bobinas dependendo do tipo de gerador (WALKENBURGH V., 1960).

Para os geradores eólicos o processo é o mesmo só que agora a força mecânica é exercida pelos ventos. Na figura 10 pode-se observar um rolo de fio de cobre enrolado de tal forma que constitui uma bobina.

Figura 10: fio de cobre enrolado com início e fim do disponíveis.



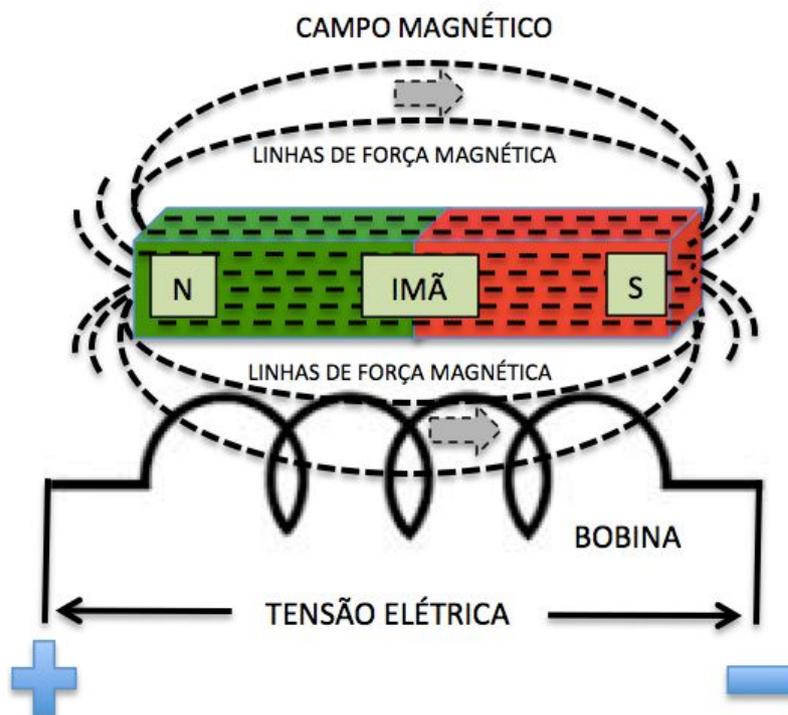
Fonte: Internet 2016.

<http://www.electronica-pt.com/gerador-imas-permanentes>

Na figura 11, são apresentadas linhas de força magnética de um ímã e a representação simbólica da bobina demonstrada na figura 10.

Se uma bobina de fio de cobre como a demonstrada for movimentada dentro do campo magnético de um ímã aparecerá entre seus extremos uma tensão elétrica proporcional ao comprimento do fio de cobre, da forma de bobina e também pela velocidade com que a bobina é movimentada, naturalmente também proporcional a intensidade do campo magnético. O motivo do aparecimento da tensão elétrica é porque que o campo magnético consegue movimentar os elétrons do fio dependendo do sentido deste campo. Ou seja, no exemplo, as linhas de força magnética empurram elétrons para a extremidade direita do fio de cobre (BOBINA). Os elétrons empurrados vão se acumulando e a extremidade do fio, ficando cada vez mais negativa. Enquanto isso no lado esquerdo do fio a situação é contrária o fio vai ficando positivo na exata proporção dos elétrons que se deslocaram para o lado direito e vice-versa (WALKENBURGH V., 1960).

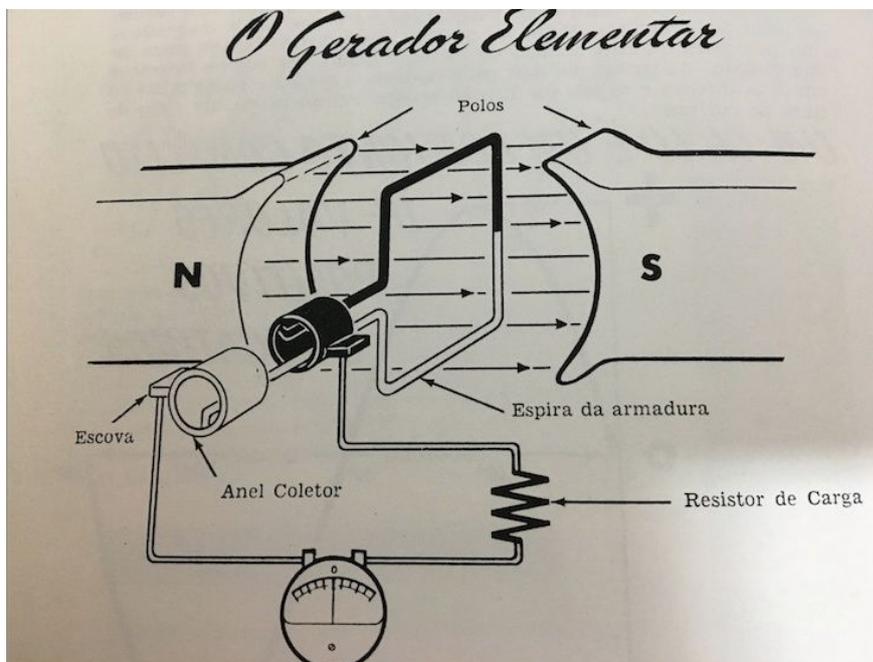
Figura 11: representação simbólica de um campo magnético e de uma bobina.



Fonte: elaborado pelos autores.

O gerador elementar apresentado na figura 12 produz um tipo de corrente elétrica cuja amplitude varia de acordo com a rotação da espira (fio de cobre) dentro do campo magnético (WALKENBURGH V., 1960).

Figura 12: Gerador elementar de energia

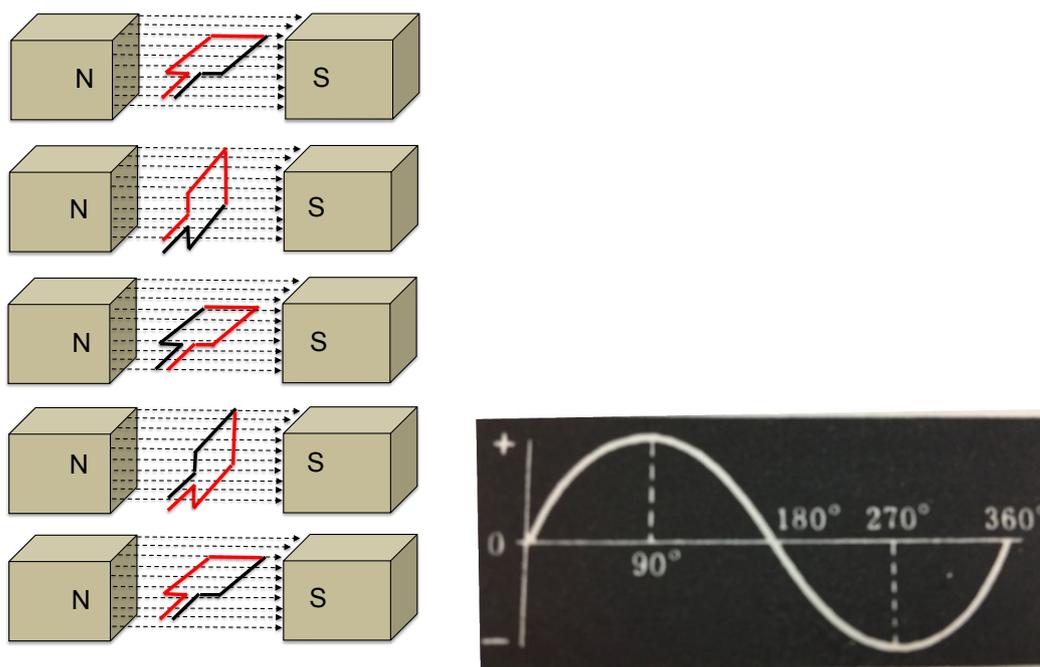


Fonte: adaptado de Walkenburgh V. 1960

Na figura 12, está representado um ímã permanente e uma espira de fio de cobre, em movimento dentro do campo magnético deste ímã, produzindo energia elétrica.

Na figura 13, é demonstrada a mesma situação da figura anterior, entretanto a espira é movimentada de 90 em 90 graus produzindo uma tensão elétrica como demonstrado a seguir.

Figura 13: Geração de energia elétrica



Fonte: adaptada de Walkenburgh V. 1960

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Como objetivo geral desta pesquisa buscou-se efetuar um estudo bibliográfico e ao mesmo tempo pragmático, no sentido de analisar alternativas para a geração de energia elétrica, a partir de energias renováveis, para o sítio Alfa.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar as fontes de fornecimento de energia alternativa.
- Analisar a viabilidade de implantação de sistemas geração de energia: eólica, fotovoltaica, hidráulica ou híbrida no sítio Alfa.
- Avaliar qual dos sistemas de operação ("on grid" ou "off grid") é mais adequado à situação.
- Desenvolver o projeto dos sistemas elétricos decorrente deste estudo.
- Descrever os impactos ambientais causada por cada sistema projetado.

- Analisar e avaliar qual a proposta de sistemas de geração de energia que tenha a melhor viabilidade econômica e ambiental.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 CAMPO DE ESTUDO

As pesquisas podem ser classificadas do ponto de vista de sua natureza como Pesquisa Básica e Pesquisa Aplicada (MARCONI E LAKATOS, 2001).

Na Pesquisa Básica, o objetivo é o de gerar novos conhecimentos que sejam úteis para o avanço da ciência, sem a previsão de obter aplicação prática (RAUEN, 2002).

Na Pesquisa Aplicada, o objetivo é produzir conhecimentos que venham a solucionar problemas de caráter específico.

Do ponto de vista da abordagem do problema a pesquisa poderá ser:

Quantitativa ou Qualitativa.

No caso da pesquisa ser Quantitativa ela considera que tudo pode ser quantificado, os seja, informações e opiniões podem ser traduzidas em números. Sendo nela utilizados diversos recursos estatísticos (MENDONÇA, 2014).

A pesquisa Qualitativa, por sua vez propõe que existe uma relação entre o sujeito e o mundo real. Ela não pode ser traduzida em números e também não admite recursos estatísticos.

Do ponto de vista de seus objetivos segundo GIL, (1991) ela pode ser Exploratória, Descritiva e ainda Explicativa.

A pesquisa Exploratória visa proporcionar uma maior familiaridade com o problema, de forma que este problema se torne explícito, ou que permita a construção de hipóteses. Para tal, envolve o levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas detentoras de experiência em relação ao problema em estudo. Geralmente está presente em Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso.

A Pesquisa Descritiva descreve certas características de determinada população ou fenômeno ou ainda estabelece relações entre variáveis. Envolve a coleta de

dados, mediante uso de questionário e observação, assumindo a forma de levantamento (SILVA E MENEZES, 2005).

Já a pesquisa Explicativa aprofunda o conhecimento da realidade, explicando o porquê das coisas. Assume em geral, as formas de Pesquisa Experimental e Pesquisa Expost-facto.

Considerando os procedimentos técnicos (GIL, 1991) a Pesquisa pode ser:

Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Documental, Pesquisa Experimental, levantamento, Estudo de Caso, Pesquisa Expost-facto, Pesquisa-Ação e Pesquisa Participante

Assim, a Pesquisa para o problema em estudo será classificada como:

Pesquisa Aplicada, cujo objetivo é o de gerar conhecimentos para aplicação prática. Do ponto de vista da abordagem ela será quali-quantitativa. Em relação aos objetivos será Descritiva e Exploratória. Quanto aos procedimentos técnicos a Pesquisa será um Estudo de Caso. (SILVA et al, 2005; GIL, 1991; RAUEN, 2002; LOHN, 2005).

4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para a execução da pesquisa será necessária atuação em campo para coletar a quantidade de água disponível vazão média e também pesquisar empresas fornecedoras de peças e equipamentos para implantar o projeto desejado, com o objetivo de obter dados para viabilizar técnica e comercialmente o projeto. A pesquisa sobre sistemas fotovoltaicos e eólicos serão conduzidos mediante pesquisas em Atlas e sites da internet que versam sobre o tema.

Os instrumentos de coleta de dados adotados neste trabalho são descritos no quadro a seguir.

Quadro 1- Instrumento de coleta de dados

| Instrumento de coleta de dados | Universo pesquisado | Finalidade do Instrumento |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Pesquisa em campo e internet | No local do sitio: Volume de água disponível na menor vazão (seca). Quantidade e velocidade em média de ventos ao ano. Quantidade e frequência de insola- | Avaliar a exequibilidade dos sistemas |

| | | |
|--|--|---|
| | ção ao ano | |
| Observação Direta ou do participantes | Avaliara mediante simulações qual dos três métodos seria o mais indicado, ou adotar um sistema híbrido. | Qual dos sistemas é viável? Será possível a implantação <i>On grid ou Off grid</i> . |
| Documentos | Cartas de ventos Cartas de insolação Quantidade e vazão mínima de água necessária ao funcionamento, verificando em manuais mediante manuais de fabricantes de turbinas. Livros sobre Energias alternativas. | Obter dados para execução do projeto |
| Dados Arquivados | Registros de dados Comerciais e técnicos necessários para viabilizar a implantação. | Obter dados para execução da pesquisa e obter os custos de implementação do projeto |

Fonte: elaborado pelos autores

O cronograma de execução da pesquisa segue conforme planejado e apresentado no quadro 2, a seguir.

Quadro 2: Cronograma da Pesquisa

| ATIVIDADES | AGOSTO | | | | SETEMBRO | | | | OUTUBRO | | | | NOVEMBRO | | | | DEZEMBRO | | | |
|---------------------------------|--------|---|---|---|----------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|
| SEMANAS | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ELABORAÇÃO DO PRÉ-PROJETO | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PESQUISA BIBLIOGRÁFICA | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| LEVANTAMENTO DOS DADOS EM CAMPO | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| EXECUÇÃO DO QUESTIONÁRIO | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| TABULAÇÃO E ANÁLISE | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| APRESENTAÇÃO DO TCC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |

Fonte: elaborado pelos autores

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DA REALIDADE OBSERVADA

O estudo sistemático realizado no sitio Alfa, mediante levantamentos em campo e estudos baseados em uma bibliografia pertinente, trouxe a tona as condições para uma análise de viabilidade que será feita nesta pesquisa.

Num primeiro momento foi medida da vazão da água em um curso d'água presente na propriedade, sendo que em período de estiagem, a vazão verificada

538

consegue ocupar integralmente um duto plástico com diâmetro de 75 mm, representando uma vazão de 50 litros por minuto. Outro ponto levantado foi a altura de coleta inicial da água em relação a posição da turbina 3,30 m. Para viabilizar esta captação será necessário construir uma mini barragem para coleta da água e construir uma pequena casa de máquinas ampliando-se os custos iniciais nesta situação. O potencial de geração será de 500 Watts, continuamente.

O segundo ponto levantado foi a quantidade e a média anual de ventos no local é superior a 7m/s, ou seja $7 \times 3,6 = 25,2$ Km/hora (AMARANTE O. A. C. et al, pág. 43).

Como terceiro ponto levantado, verificou-se a intensidade e frequência da radiação solar. Na região do sitio Alfa, que foi obtida mediante pesquisa na internet, apresentando média anual 5 horas por dia, ou seja, em média, o sol se faz presente 5 horas por dia ao longo de todo o ano. A quantidade de geração de energia dependerá também da quantidade de placas fotovoltaicas, que no caso do sitio deverá produzir 500 Watts (TIBA C. et al, pág. 89).

A partir dos dados obtidos é possível fazer a identificação da melhor proposta para o atendimento das necessidades do sitio Alfa.

6 PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

Com base nos dados obtidos percebe-se que a quantidade de água com o desnível apresentado pode segundo cálculos desenvolvidos, proporcionar a geração de apenas 500 watts de energia elétrica, continuamente, ao custo de R\$12.000,00, mais R\$ 5.000,00 para a pequena barragem, encanamentos e a casa de máquinas, mediante uso de uma turbina hidráulica acoplada a um gerador para produzir diretamente 500 Watts em 220 volts.

Esta alternativa possibilitaria o uso do sistema *on grid*, ou seja, transferir a energia não utilizada para a concessionária de energia elétrica.

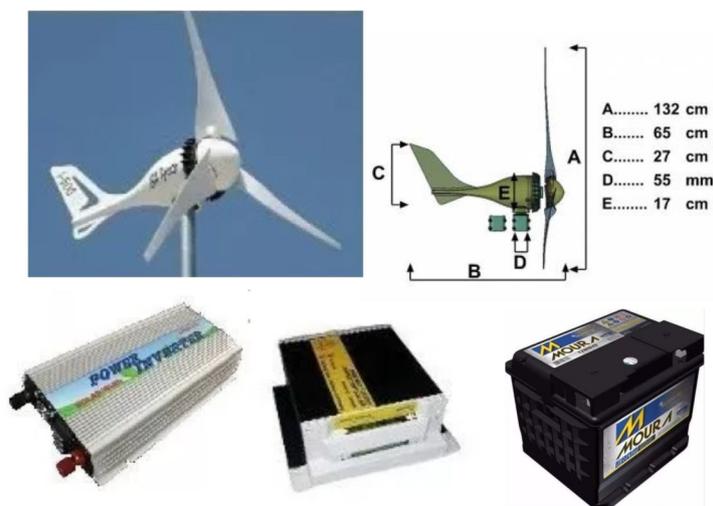
Por outro lado, também seria possível trabalhar no sistema *off grid*, entretanto outros equipamentos seriam necessários, tais como, banco de baterias, controlador de carga de bateria e inversor, o que tornaria o sistema impraticável do ponto de vista econômico.

O sistema eólico para a produção de 500 Watts, de energia elétrica, no sistema *off grid* necessita ser composto de uma torre de aço um aero-gerador ISTA 500

w + Inversor + controlador de carga da baterias e baterias. Este sistema para ser implantado tem um custo R\$ 2.650,00.

Na figura 15 é apresentada a foto de um do kit do aerogerador eólico, com suas dimensões e demais componentes do Kit. Para efeitos comparativos o sistema foi dimensionado para atender a 500 Watts no sistema *off grid*.

Figura 15: Kit do aero-gerador 500 Watts



Fonte: Internet 2016.

Disponível em: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-713979354-kit-eolico-aerogerador-ista-500w-inversor-controlador-_JM

Analisando-se o kit fotovoltaico necessário para atingir a mesma potência a situação encontrada é um pouco diferente sendo necessários mais elementos. Verifica-se na figura 16, o conjunto fotovoltaico para a geração de 500 Watts de energia elétrica.

Figura 16: Kit fotovoltaico



Fonte: Internet, 2016.

Disponível em: [http://lista.mercadolivre.com.br/placa-fotovoltaica-250-watts#D\[A:placa-fotovoltaica-250-watts\]](http://lista.mercadolivre.com.br/placa-fotovoltaica-250-watts#D[A:placa-fotovoltaica-250-watts])

Verificou-se um custo inicial estimado do conjunto acima em R\$ 2.650,00 (Dois mil seiscentos e cinquenta reais).

Analisando-se o kit fotovoltaico necessário para atingir a mesma potência a situação encontrada é um pouco diferente, sendo necessários mais elementos.

Verifica-se na figura 16, o conjunto fotovoltaico para a geração de 500 Watt de energia elétrica. A geração de energia prevista para este sistema é de 500 Watts com tensão de 24 volts, no sistema *off grid*. Para o atendimento na potência desejada serão necessários dois painéis fotovoltaicos de 250 Watts em paralelo. Como a tensão de trabalho dos painéis é 12 volts deverão ser usadas duas baterias de 12 volts em série. O conjunto, com o inversor para fornecer 220 volts foi estimado em R\$ 5.054,00 (Cinco mil e cinquenta e quatro reais).

6.1 PROPOSTA DE MELHORIA PARA A REALIDADE ESTUDADA

Entretanto, para garantir a geração de forma continuada verifica-se a hipótese de usar na forma híbrida os sistemas: fotovoltaico e eólico, com nova configuração como demonstrado na figura 17.

Figura 17: sistema híbrido Eólico e Fotovoltaico

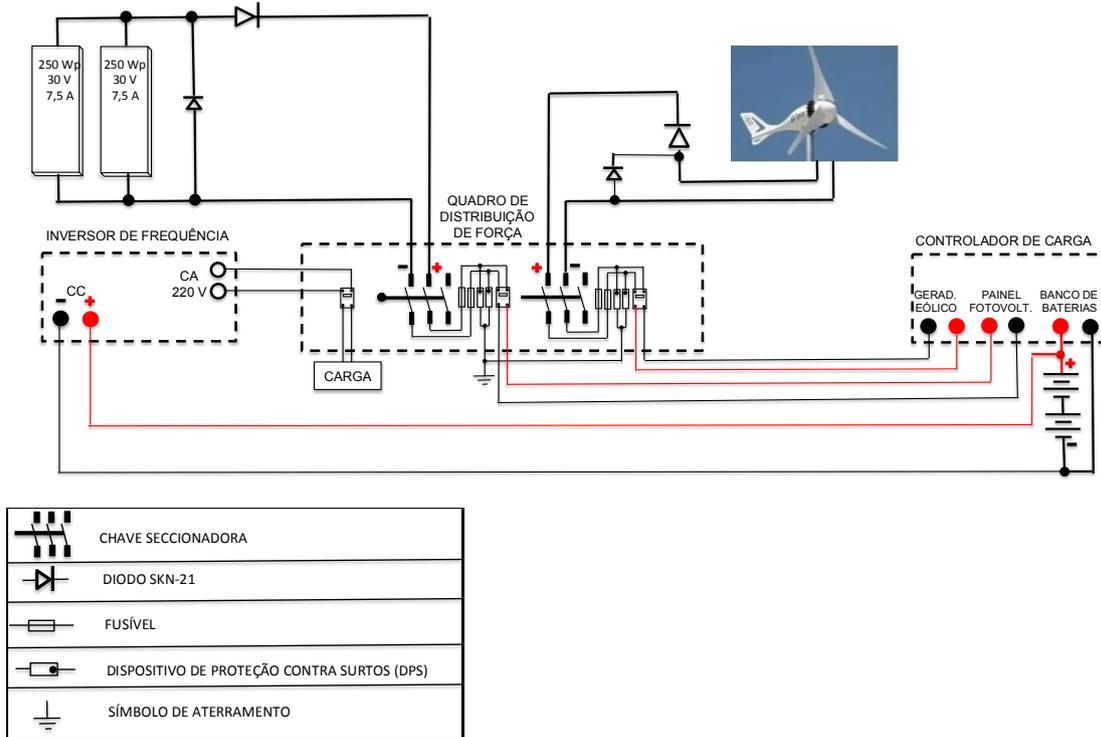


Fonte: elaborado pelos autores

Desta forma o sistema final, estaria dimensionado a maior, ou seja, com folga, para o eólico e, adequado ao fotovoltaico, alimentando o banco de baterias com energias oriundas dos dispositivos eólico e do sistema fotovoltaico gerando os 500 Watts em 220 volts.

Na figura 18, é apresentado um diagrama de conexão deste sistema híbrido envolvendo as placas fotovoltaicas, o aero-gerador, as baterias, o controlador de carga das baterias e um quadro de distribuição de força.

Figura 18: diagrama esquemático do sistema de geração híbrido.



Fonte: elaborado pelos autores

6.2 RESULTADOS ESPERADOS

Diante do quadro estudado é possível observar, de forma preliminar, que para o sítio Alfa a melhor proposta é a de usar o sistema eólico, com capacidade de fornecimento de 500 Watts de energia. Entretanto, em função da frequência de ventos não ser uniforme, o sistema de geração Fotovoltaica / Eólica, se converterá num sistema ideal, garantindo o fornecimento adequado de energia elétrica a partir de energias renováveis.

6.3 VIABILIDADE DA PROPOSTA

Pelo exposto a proposição inicial se sustenta, pois existe viabilidade técnica, e também econômica para a implantação de sistemas de geração de energia alternativos, lastreados em energias renováveis.

Este estudo demonstra que é possível com pequenos investimentos iniciais produzir energia alternativa, em espaços rurais, de forma a garantir o abastecimento

mínimo de energia e até disponibilizar a geração excedente à rede das companhias fornecedoras de eletricidade, assim como abastecer ou prover de energia propriedades e moradores de regiões mais longínquas, eliminando-se altos investimentos em extensas redes de distribuição que tem um elevado custo de implantação.

Deve-se considerar ainda a vida útil destes sistemas de modo que vão proporcionar uma redução de consumo da rede fornecedora de energia, por um longo período de tempo ou até mesmo eliminar este consumo oportunizando uma renda extra ao proprietário, pelo fornecimento possível onde houver rede de acesso.

No quadro 3, apresentado a seguir, são demonstrados os valores de investimento necessários para a implantação de sistemas alternativos de energia elétrica no sítio Alfa.

Quadro 3: Investimentos estimados nos diferentes sistemas de geração de energia (Dez. 2016).

| COMPARAÇÃO DE PREÇOS ENTRE SISTEMAS DE ENERGIA ALTERNATIVOS PARA 500 WATTS | | | | |
|--|------------|----------|--------------|---------------------------------|
| SISTEMA | HIDRAULICO | EÓLICO | FOTOVOLTAICO | HIBRIDO (Eólico + Fotovoltaico) |
| PREÇO | 17.000,00 | 2.650,00 | 5.054,00 | 7.704,00 |

Fonte: elaborado pelos autores

Como o sistema híbrido apresenta vantagens relação aos demais sistemas este modo foi o escolhido.

Calculando o Valor Presente Líquido (VPL) e a TIR Taxa Interna de Retorno, considerando o sistema híbrido, para uma vida útil de 25 anos temos:

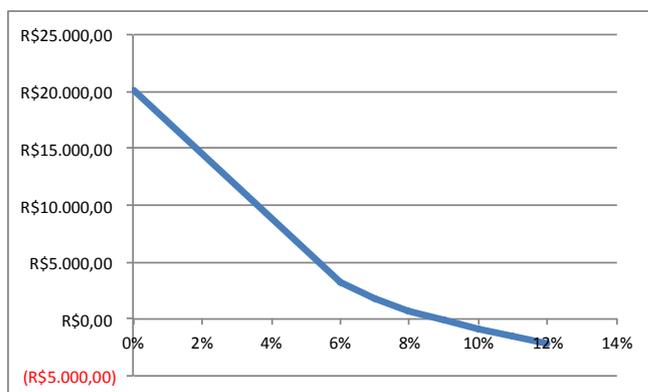
Quadro 4: Cálculo do VPL e da TIR

| TAXA DE RETORNO 7% | PERÍODO | FLUXO DE CAIXA | ANO |
|----------------------------------|---------|----------------|------|
| AUMENTO MÉDIO ANUAL TARIFA 9% | | | |
| 1,09 | 0 | -7704,00 | 2017 |
| VPL=NPV R\$1.826,46 | 1 | 328,07 | 2018 |
| | 2 | 357,60 | 2019 |
| 0,09 | 3 | 389,78 | 2020 |
| TIR = 9% | 4 | 424,86 | 2021 |
| | 5 | 463,10 | 2022 |
| | 6 | 504,78 | 2023 |
| | 7 | 550,21 | 2024 |
| | 8 | 599,72 | 2025 |
| | 9 | 653,70 | 2026 |
| | 10 | 712,53 | 2027 |
| | 11 | 776,66 | 2028 |
| | 12 | 846,56 | 2029 |
| | 13 | 922,75 | 2030 |
| | 14 | 1005,80 | 2031 |
| | 15 | 1096,32 | 2032 |
| | 16 | 1194,99 | 2033 |
| | 17 | 1302,54 | 2034 |
| | 18 | 1419,77 | 2035 |
| | 19 | 1547,55 | 2036 |
| | 20 | 1686,82 | 2037 |
| | 21 | 1838,64 | 2038 |
| | 22 | 2004,12 | 2039 |
| | 23 | 2184,49 | 2040 |
| | 24 | 2381,09 | 2041 |
| | 25 | 2595,39 | 2042 |

Fonte: elaborado pelos autores

O gráfico demonstrativo do VPL e a TIR em 0,088032 ou 8,88032 %, é apresentado no quadro 5, taxa que torna o VPL = 0:

Quadro 5: gráfico do VPL com a TIR em 8,88032%



Fonte: elaborado pelos autores

No cálculo dos valores de retorno, foi considerada uma majoração média da tarifa anual em 9%. Inicialmente foi estabelecida uma taxa de retorno em 7%. Após o cálculo o resultado mostrou o VPL positivo, ou seja, o projeto é viável. A taxa de deságio do investimento que torna o VPL = 0 foi de 0,088032 ou de 8,8032%, o que atende a expectativa inicial viabilizando assim o projeto.

O *Payback* não descontado, ficou como demonstrado no quadro a seguir, ou seja no 14º ano o investimento é totalmente recuperado:

Quadro 6: demonstração do *Payback* não descontado.

| ANOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| FLUXO DE CAIXA | -7704,00 | 328,07 | 357,5963 | 389,78 | 424,8602 | 463,0976 | 504,7764 | 550,2062 | 599,7248 | 653,7 | 712,533 | 776,661 | 846,5605 | 922,7509 | 1005,799 |
| FLUXO DE CAIXA ACUMULA | -7704,00 | -7375,93 | -7018,33 | -6628,55 | -6203,69 | -5740,6 | -5235,82 | -4685,61 | -4085,89 | -3432,19 | -2719,66 | -1942,99 | -1096,43 | -173,683 | 832,1154 |

Fonte: elaborado pelos autores

Para concluir o estudo é acrescentado um quadro indicando o consumo de alguns equipamentos, considerando a potência máxima de 500 Watts suficiente para o suprimento de energia elétrica, por exemplo para os equipamentos que estão apresentados no quadro 7.

Quadro 7: Equipamentos que podem ser usados com 500 Watts

| Quantidade | Equipamento | Potência Total Watts |
|------------|-----------------------|----------------------|
| 10 | Lâmpadas Led de 9,0 W | 90 |
| 1 | Aparelho de som 80 w | 80 |
| 1 | Note book 60 w | 60 |
| 1 | Frigido bar 270 w | 270 |
| | | 500 |

Fonte: elaborado pelos autores.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado do estudo demonstra a viabilidade para a implantação de um sistema de geração de energia, utilizando-se fontes renováveis de energia, que auxiliará o sítio Alfa, em sua demanda de energia e poderá prover nova fonte de renda, que auxiliará o sítio Alfa, em sua demanda de energia.

Para a comunidade no entorno do sitio, ou em posição similar a esta propriedade fica demonstrado de que os sistemas em estudo podem ter aplicação imediata e que podem auxiliar na diminuição do consumo de energia elétrica, fornecida por provedora oficial, reduzindo suas despesas de manutenção, favorecendo assim pequenas propriedades e também proprietários com baixo consumo com um investimento compatível.

Este estudo de caso aqui apresentado, de forma alguma esgota o assunto e suas possibilidades, entretanto, abre perspectivas para novas pesquisas novos ensaios e experimentos, que podem ser aplicados para qualquer região do estado e do País.

SELECTION OF ALTERNATIVE SOURCE FOR ELECTRICAL ENERGY: THE CASE OF THE ALPHA SITE

ABSTRACT

The present research work was focused on a case study considering the possible alternative energies of use in the Alpha Site. The hydraulic potential obtained from a small flow of water, the potential for the use of the solar energy through the use of photovoltaic modules and the energy of the winds, through the installation of a small aero generator was discussed in this research. The study was done to investigate the way to obtain 500 watts of power in electrical energy in the site. The feasibility analysis was carried out for the implementation of Off grid and grid systems, for a connection without an air network between the house and the external shed. Different systems were designed, thus allowing an immediate application in similar situations, from the material produced by the research. In relation to the costs, consultations were carried out with the purpose of allowing the technical selection for the purchase of the materials for the implementation of the project produced by the research. This system with 500 Watts can be expanded to obtain higher powers obviously with higher investments. After the completion of the dimensions and cost analysis, the possibility of generating electricity from the existing water course in the property was discarded, mainly due to the high cost of the hydraulic generator.

Keywords: Photovoltaic energy. Wind power. Hydraulic energy.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, A. O. C. et al. **Atlas Potencial Eólico Brasileiro**. CRESESB – CEPEL, 2001. Disponível

em:<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>.

Acesso em 10 de dezembro de 2016.

ARNOLD, R.; STHER, W. **Máquinas elétricas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1976.

CAVALCANTI, Marcelo e MOREIRA, Enzo. **Metodologia de estudo de caso**: livro didático. 3. ed. rev. e atual. Palhoça: UnisulVirtual, 2008. 170 p.

EUGENIO. D., et al. Gerador Magnético de Energia. Centro Paula Souza, 2013.

Disponível em:

<http://www.educatronica.com.br/Excute/Monografias%2037%C2%AA%20EXCUTE/Mecatr%C3%B4nica/Gerador%20Magn%C3%A9tico%20de%20Energia.pdf>

Acesso em 17 de Dezembro 2016.

FADIGAS. E.A.F.A., Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica. GEPEA - Grupo de energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo , 1993.

Disponível em:

https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf

Acesso em 17 de Dezembro 2016.

GREEN, M. A. et al. Solar cell efficiency tables: version 16. **Progress in photovoltaics: research and applications**, Sydney, v. 8, p. 377-384, 2000.

KAKIMOTO. L. C. Efeito Peltier-Seebeck, **gerando eletricidade por diferença de temperatura**. Unicamp, 2013. Disponível em:

http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F609_2013_s em1/LuisC_Siervo_F609_RF3.pdf.

Acesso em 10 de dezembro 2016.

LOHN, Joel Irineu. **Metodologia para elaboração e aplicação de projetos**: livro didático. 2 ed. rev. e atual. Palhoça: UnisulVirtual, 2005. 100 p.

MARCONI, Marina de Andrade. **Cultura e sociedade**. In: LAKATOS, Eva Maria. **Sociologia**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1991

NAVI, M.; EDMINISTER, J. **Teoria e problemas de circuitos elétricos**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

PINHO. J. T.; GALDINO M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CEPEL – CRESESB. 2014. Disponível em:

http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf

Acesso em 10 de dezembro 2016.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 521 - 549, abr./set. 2017.

RAUEN, Fábio José. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Unisul, 2002.

SILVA. E. L., et al. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. UFSC, 2005.

TIBA, C.; FRAIDENRAICH, N.; MOSKOWICS, M.; CAVALCANTE, E.S.C.; LYRA, F.J.M.; NOGUEIRA, A. M. B.; GALLEGOS, H. G. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Recife, Brasil. Ed. Universitária da UFPE, 2000.

VALKENBURG, V. et al. **Eletricidade básica**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1960.