



Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Projeto Integrador

# **Modelo de Geração de Energia Eólica por Balão Inflável**

Autor: Grupo 3  
Orientador: André Murilo

Brasília, DF  
2014





Grupo 3

## **Modelo de Geração de Energia Eólica por Balão Inflável**

Trabalho submetido à matéria Projeto Integrador 1, da Universidade de Brasília, Faculdade do Gama.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: André Murilo

Brasília, DF

2014

# Lista de tabelas

## Sumário

	<b>Introdução</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</b>	<b>7</b>
	Descrição do Problema	7
	Justificativa	9
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
	Objetivos	11
2.1	Objetivo Geral	11
2.2	Objetivos Específicos	11
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>13</b>
	Metodologia	13
3.1	Plano de comunicação	13
3.2	Equipe	14
3.3	Comunicação Interna	14
3.4	Comunicação Externa	15
3.5	Ferramentas	15
3.6	Ferramentas de gerenciamento	15
<b>4</b>	<b>ORGANIZAÇÃO</b>	<b>17</b>
	Organização	17
<b>5</b>	<b>ESTUTURA ANALÍTICA DO PROJETO</b>	<b>19</b>
	Estutura Analítica do Projeto	19
	Cronograma	21
<b>6</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>25</b>

<b>Desenvolvimento</b>	<b>25</b>
<b>6.1</b> <b>Escopo</b>	<b>25</b>
<b>7</b> <b>GERAÇÃO DE ENERGIA</b>	<b>27</b>
<b>7.1</b> <b>Espaço físico</b>	<b>27</b>
<b>7.2</b> <b>Transmissão da Pipa para o gerador</b>	<b>27</b>
<b>7.3</b> <b>Gases</b>	<b>27</b>
<b>7.4</b> <b>Conversão de energia</b>	<b>28</b>
<b>7.5</b> <b>Formas de armazenamento da energia</b>	<b>29</b>
<b>7.6</b> <b>Distribuição</b>	<b>29</b>
<b>8</b> <b>INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE</b>	<b>31</b>
<b>8.1</b> <b>Microcontroladores</b>	<b>31</b>
<b>9</b> <b>SISTEMA DE SENSORIAMENTO</b>	<b>33</b>
<b>9.1</b> <b>Sensor de temperatura e umidade do ar</b>	<b>33</b>
<b>9.2</b> <b>Sensor de pressão</b>	<b>33</b>
<b>9.3</b> <b>Qual sensor escolher?</b>	<b>34</b>
9.3.1 <b>Sensor de altura</b>	<b>34</b>
<b>9.4</b> <b>Materiais</b>	<b>34</b>
<b>10</b> <b>BETÂNIA DO PIAUÍ</b>	<b>37</b>
<b>10.1</b> <b>Falta de energia elétrica</b>	<b>37</b>
<b>10.2</b> <b>Clima da região</b>	<b>37</b>
<b>11</b> <b>CONCLUSÃO</b>	<b>39</b>
<b>Conclusão</b>	<b>39</b>
<b>12</b> <b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>41</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>41</b>



# Introdução

Atualmente, com o crescimento da tecnologia e com o medo de um dia o petróleo não suprir toda a demanda de energia do mundo, surgiu uma forte procura por alternativas que possam substituir essa matéria-prima que move grandes economias no mundo. Uma dessas alternativas é a energia eólica, que é obtida por meio da conversão de energia cinética de translação em energia cinética de rotação. No Brasil, essa fonte é uma das formas renováveis que mais cresce atualmente por ser um país continental e ter locais com ventos contínuos propícios à sua utilização. Uma forma de diversão de crianças e adultos é o hábito de soltar pipa, que os historiadores dizem que nasceu há mais de 1200 a.C na China, em que foi uma forma inspiradora para cientistas italianos pensarem nesse simples brinquedo como uma fonte de energia eólica. A Kitegen foi uma precursora nessa área de pipas para gerar energia eólica e foi uma inspiração para estudantes do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts) criarem uma pipa eólica para ser testada no Alasca e no Canadá, que acabou atraindo olhares de investidores. Esta empresa tentou mudar a ideia de que apenas existiria energia eólica por pás, batendo na tecla que poderia haver a possibilidade de uma geração de energia eólica em altitudes entre 300 e 600 metros, onde há ventos que chegam a ser entre 5 a 8 vezes mais fortes e constantes do que os ventos ao nível do mar.





# 1 Descrição do Problema

O Brasil é um país muito extenso e dotado de diversos recursos naturais. No entanto, cerca de 90% da energia é produzida nas hidrelétricas, sendo esta energia resultado da água localizada em níveis adequados no reservatório. O problema é que a ausência de chuva prejudica a oferta de energia, deixando a população com o risco de abastecimento . E o que se pode constatar é que mesmo com tamanha grandeza e recursos naturais, até hoje existem comunidades no Brasil que não possuem acesso à energia elétrica. O aumento no consumo de energia elétrica por parte da população e a falta de investimento nas hidrelétricas fazem com que o nosso país esteja à beira de um caos. A crise energética está evidenciando vários problemas, até então, tratados com indiferença pelo poder público, que são: a iminente crise de água (resultado da super exploração e falta de preocupação ambiental com os mananciais), a má distribuição de água, desmatamento, desperdício e conflitos de uso . Estes são alguns dos problemas que tornam a escassez de água um problema cada vez mais iminente. Essa situação é resultado de um padrão de desenvolvimento sem planejamento, que consome muita água, energia e não protege os mananciais. Devido aos problemas relatados acima, é necessário pensar em utilizar outras formas alternativas de energia, e que é preciso diversificar a produção de energia. A energia eólica seria uma alternativa para “desafogar” um pouco a produção de energia recebida em grande parte das hidrelétricas, pois é um tipo de energia limpa, sustentável e principalmente inesgotável. É uma boa alternativa para o Brasil, pois o país tem um vasto potencial para a energia advinda dos ventos, facilitando em muitos casos, o acesso a algumas comunidades isoladas.



## Justificativa

Baseados na necessidade de se utilizar uma fonte de energia que fosse capaz de representar uma engenhosa solução para a falta ou a má distribuição de energia elétrica em localidades isoladas do nosso país, percebeu-se a necessidade do desenvolvimento de um novo produto. Este, tem interesse em representar uma alternativa para a falta de energia em pequenas cidades que hoje não são contempladas com esse bem indispensável, através de uma usina eólica de fácil e rápida instalação, que possa gerar energia elétrica até mesmo em lugares que não possuem muito vento. O projeto tem como diferencial, a possibilidade de atuação em áreas que outras usinas eólicas não possam atuar ou não consigam desempenhar resultados tão bons, pois as mesmas dependem de grandes espaços para instalação de aparelhos, grandes volumes de ventos e muito capital investido. Já o produto projetado, se baseia em um balão inflado que atua a cerca de 300 metros de altitude, onde os ventos são mais fortes e constantes. Além disso, por utilizar materiais baratos e possuir uma grande eficiência até mesmo com modelos bem menores que seus concorrentes, o mesmo pode atuar em espaços menores e menos favorecidos por correntes eólicas, tudo isso com custos baixos e fácil instalação.



## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver, preliminarmente, um projeto de Geração de Energia Eólica com a utilização de Pipas Infláveis, de baixo custo e boa durabilidade, capaz de entregar energia para 200 casas na comunidade Betânica do Piauí, localizada no Estado de Piauí, cujo local é um dos menos favorecidos energeticamente e que necessita de urgente atenção e ajuda para as pessoas terem uma boa qualidade de vida.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Especificar a estrutura eletromecânica da pipa e do gerador para captação de energia de uma forma que seja viável economicamente, com intuito de aplicar em Betânia do Piauí, comunidade desfavorecida de potencial elétrico.
- Definir sensores e métodos de processamento de sinais eficientes para monitoramento, supervisão e verificação de trabalho da pipa e gerador.
- Estabelecer software e eletrônica embarcada para controle do sistema.



## 3 Metodologia

A metodologia que foi escolhida pelo gerente e discutida com todo o grupo foi o SCRUM (Métodos Ágeis). Um dos motivos dessa escolha, em comparação com a metodologia tradicional (PMBok), é pelo fato do SCRUM ser uma metodologia iterativa e incremental que gera mais resultados em menores ciclos de vidas (sprints). Vale lembrar que o PMBoK (que foca bastante na documentação e no planejamento) é de extrema importância para a manufatura, e o SCRUM para o desenvolvimento de software, ou seja, ambos tem naturezas de projeto diferentes. Para o projeto “Geração de Energia usando Pipas”, o SCRUM tem um papel importante: compartilhar o conhecimento de toda a equipe, discutir os resultados alcançados e não alcançados nas sprints, realizar a retrospectiva das sprints, adaptar as mudanças e acompanhar o progresso e o desenvolvimento do projeto por iterações.

### 3.1 Plano de comunicação

O plano de comunicação descreve as formas e os meios de comunicação da equipe do projeto “Geração de Energia usando Pipas”, com o objetivo de formalizar o processo de comunicação da equipe, em que esse plano é utilizado por todos os membros do grupo para que cada um possa compreender da mesma forma como se dará a dinâmica de comunicação. Serão descritos as formas de comunicação interna (entre a equipe do projeto) e externa (interessados no projeto), as ferramentas utilizadas e a descrição dos dados dos membros da equipe.

## 3.2 Equipe

Nome	Função	Email para contato
Henrique Augusto	Gerente	henriqueaps2003@hotmail.com
Lucas Matheus	Sub-gerente	lucasmco@gmail.com
Ramon Bevilaqua	Sub-gerente	ramonbev@hotmail.com
Victor Machado	Sub-gerente	victor.machado91@gmail.com
Allan Domingues	Membro	allandomingues@aluno.unb.br
Amanda Guimarães	Membro	amanda.guimaraes15@hotmail.com
Ariana Flores	Membro	ariiana.flores@hotmail.com
Bianca Teixeira	Membro	biancaffteixeira@hotmail.com
Daniel Henrique	Membro	danielhmarinho@gmail.com
Danovan Martins	Membro	danovanmartins@hotmail.com
Davi Dörr	Membro	davidorr9@hotmail.com
Davi Pires	Membro	davidaviaraujo@hotmail.com
Gustavo Oliveira	Membro	liveira.gustavo16@gmail.com
Henrique de Medeiros	Membro	henrique <sub>dmg</sub> @hotmail.com
Kleber Brito	Membro	kleberbritomoreira10@gmail.com
Leandro Alves	Membro	leandrosustenido@gmail.com
Lívia Sant'Anna	Membro	livia <sub>sant</sub> @live.com
Lucas Raposo	Membro	lucas.raposo1995@hotmail.com
Maria Luiza	Membro	lulutupy@hotmail.com
Matheus Bolelli	Membro	bolellib13@hotmail.com
Pedro Filhusi	Membro	pedro <sub>filhusi</sub> @hotmail.com
Rafael Freitas	Membro	rafa.farias@hotmail.com
Samuel Medeiros	Membro	samuelpmedeiros.csilva@gmail.com
Vladimir Nogueira	Membro	vladifn@gmail.com

## 3.3 Comunicação Interna

A comunicação interna descreve as formas de comunicação entre toda a equipe do Projeto Integrador de Engenharia 1, com o gerente, subgerentes e todos os membros da equipe. Através da tabela abaixo, será descrito o meio de comunicação e local, a data e os horários das reuniões, em que todas as reuniões serão realizadas semanalmente.

Equipes Envolvidas	Horário	Dias	Meio de Comunicação e Local
Grupo 3 - PI 1	16:00 - 18:00	Segunda	Presencial (FGA) - Sala i9
Grupo 3 - PI 1	16:00 - 18:00	Quarta	Presencial (FGA) - Sala i4



## 3.4 Comunicação Externa

A comunicação externa se refere aos interessados no projeto que não estão envolvidos diretamente em sua construção. O meio de comunicação que será utilizado no projeto para a comunicação externa será o SCRUMME, onde serão disponibilizados todas as histórias de usuário com as respectivas atividades e pessoas responsáveis da EAP produzidos para os interessados (externos a equipe) no projeto acompanhar o progresso e o desenvolvimento dos mesmos.

## 3.5 Ferramentas

A tabela a seguir descreve todas as ferramentas utilizadas na comunicação tanto interna quanto externa do projeto. Através da tabela, é descrito o nome da ferramenta e uma breve descrição dela.

Ferramentas	Descrição
Facebook	Ferramenta para avisos e interação entre os membros da equipe
WhatsApp	Aplicativo para celular que permite uma rápida comunicação e avisos urgentes entre
Google Drive	Ferramenta para armazenamento e compartilhamento de documentos do projeto

## 3.6 Ferramentas de gerenciamento

A ferramenta de gerenciamento de projeto escolhida pelo gerente foi o SCRUMME, pois ele aborda e resume todos os conceitos da Metodologia de Gerenciamento de Projeto SCRUM (Métodos Ágeis). Nessa ferramenta, é possível ver todas as sprints (como gráfico de Burndown e estatísticas da sprint, para analisar o progresso e o desenvolvimento das atividades e da análise de cada pessoa responsável pelas atividades) e suas respectivas histórias de usuário e pessoas relacionadas em cada atividade da EAP (Estrutura Analítica de Projeto). Ela é bastante organizada e interativa, em que isso facilita muito a comunicação com o cliente (patrocinador) do nosso projeto.

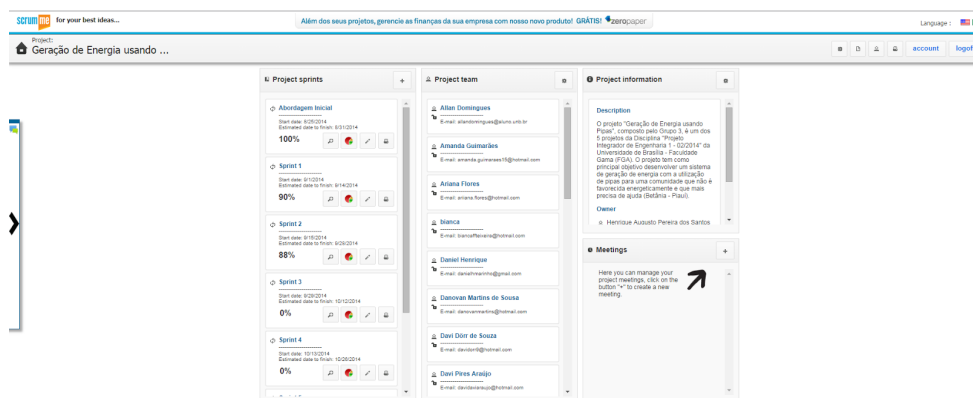


Figura 1 – SCRUMME

## 4 Organização

Este capítulo destina-se à apresentação do escopo do projeto Geração de Energia usando Pipas, bem como a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), responsável por expor os principais pontos desenvolvidos. Está presente também, as informações necessárias para o devido planejamento e posterior execução, advindas das pesquisas realizadas pela equipe e, por fim, o cronograma, com todas as atividades a serem cumpridas até o final do trabalho, e suas respectivas datas.



## 5 Estrutura Analítica do Projeto

Com o Escopo acertado e alterado desde a primeira sprint até a segunda sprint, foi definida então a EAP (Estrutura Analítica do Projeto) do Grupo 3 da Disciplina “Projeto Integrador de Engenharia 1”, pois trata-se de uma importante ferramenta para o auxílio do gerenciamento do projeto e para o desenvolvimento do cronograma de atividades. Para a confecção da EAP, utilizou-se o software de edição de slides e imagens chamado Microsoft Office Powerpoint.

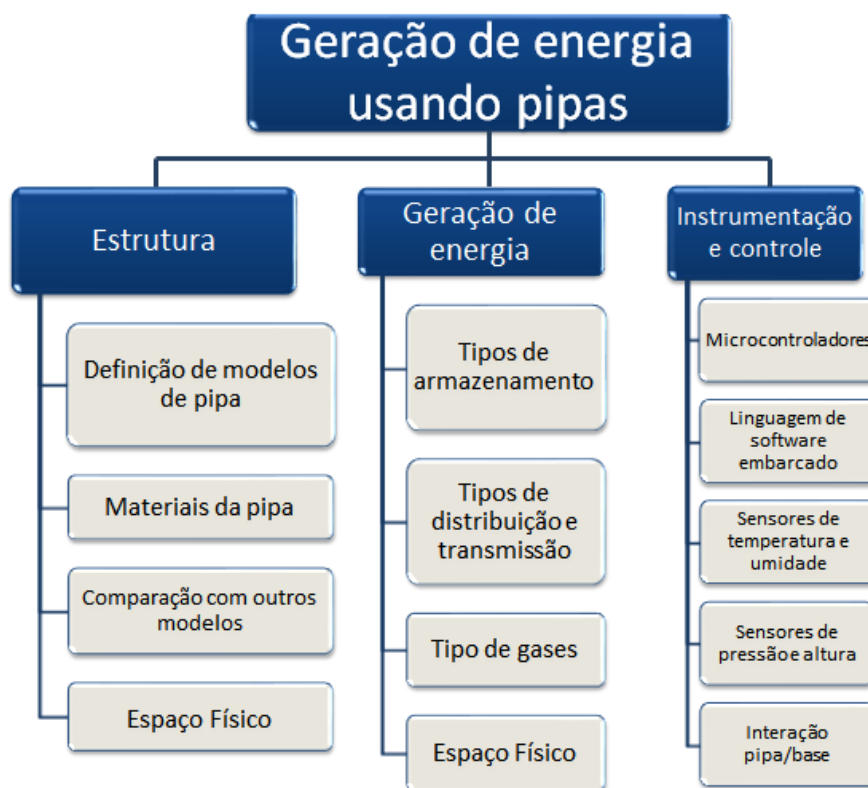


Figura 2 – Estrutura Analítica do Projeto

# Cronograma

Com o uso da metodologia SCRUM, foram definidas 6 sprints até o fim do projeto. As atividades estão distribuídas, como são mostradas nos gráficos a seguir:

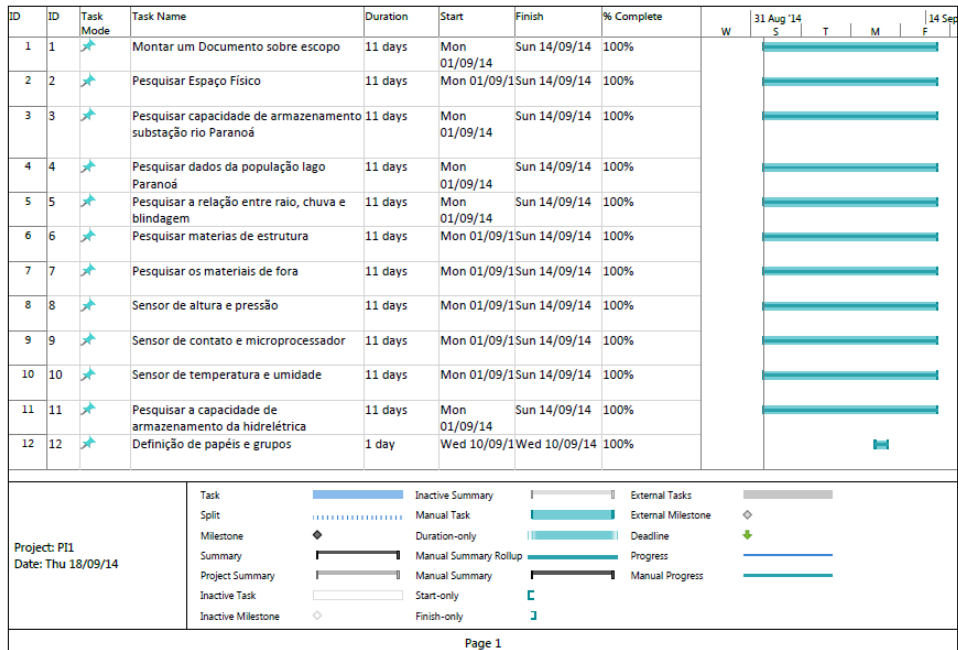


Figura 3 – Sprints

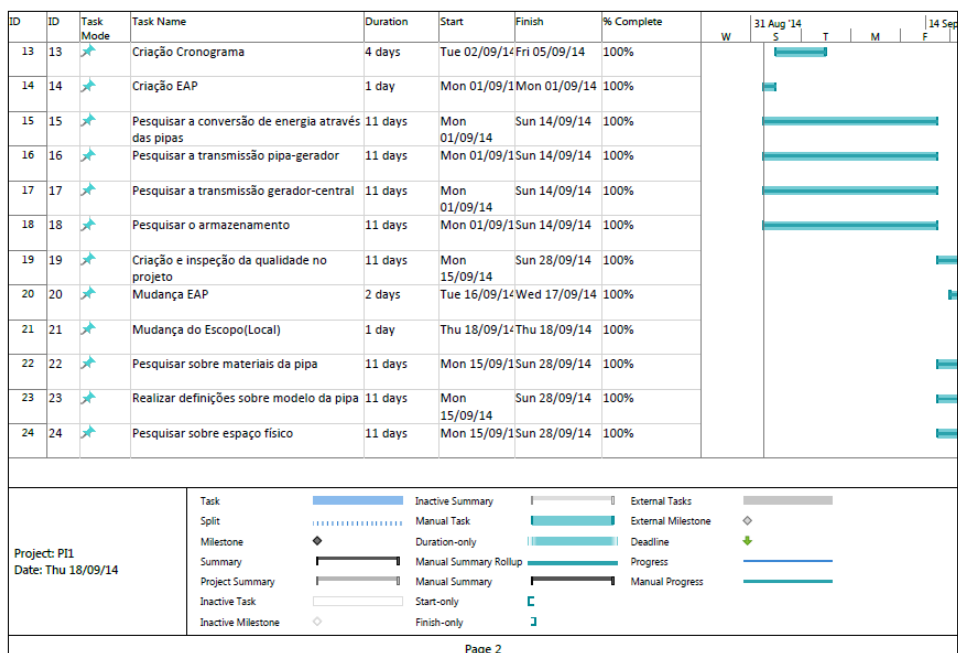


Figura 4 – Sprints



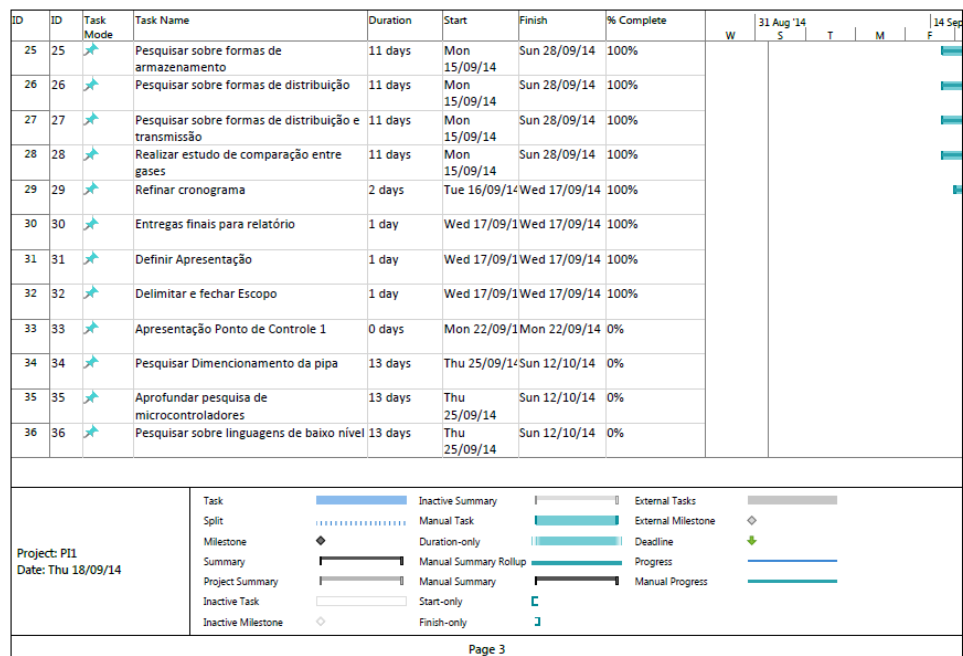


Figura 5 – Sprints



## 6 Desenvolvimento

### 6.1 Escopo

Com o objetivo detalhado e os requisitos levantados, pode-se então partir para a definição do escopo do projeto. Para tal tarefa, a equipe utilizou a técnica conhecida como 5W2H, que através das perguntas: “o quê?”, “por quê?”, “quando?”, “quem?”, “onde?”, “como?” e “quanto?”, definiu-se o seguinte escopo:

O projeto visa à criação de um sistema que gere energia com a utilização de pipas dirigíveis, que tem como foco de suprir a grande falta energética na zona rural da cidade de Betânia do Piauí, localizada no estado do Piauí. O projeto visa suprir essa falta para até 200 casas das 726 que não possuem energia elétrica regularizada. Todo o sistema terá um custo estimado em R\$100.000,00 e boa durabilidade.

O sistema utilizará da força dos ventos para girar as hélices acopladas na pipa, e através de geradores internos, transformar energia mecânica em elétrica. Essa energia será transmitida por cabos ligados aos cabos de sustentação para uma central de armazenamento. Essa central estará ligada a central de distribuição existente na cidade para assim, chegar até os moradores necessitados.



## 7 Geração de energia

### 7.1 Espaço físico

A partir do requisito de produzir energia elétrica em locais isolados, onde a energia elétrica não é regular, o projeto foi montado para áreas do país onde os ventos são menos constantes, o que não seria um problema pela a altura que a pipa pode alcançar.

Com base nesse mapa e alguns outros aspectos energéticos, o projeto será voltado para a cidade de Betânia do Piauí (PI). O município está localizado na microrregião do Alto Médio Canindé, compreendendo uma área de 564,711 km<sup>2</sup>. A população total, segundo a estimativa 2014 do IBGE é de 6,092 habitantes, com densidade demográfica de 10,65 hab/km<sup>2</sup>, onde grande parte reside na zona rural [1]. Betânia apresenta temperaturas mínimas de 18C e máximas de 36C. Sua altitude é de 480 metros acima do nível do mar. Possui clima semiárido, quente e seco. Os meses mais chuvosos são de dezembro a março. A precipitação anual média está em torno de 500mm [2]. A sede do município dispõe de energia elétrica distribuída pela companhia energética do Piauí S/A-CEPISA. Segundo a Eletrobrás, só em 2012 o município precisou passar por três cortes de energia, datas em abril, novembro e dezembro [3]. Mas o problema energético da cidade se encontra na zona rural. Das 1099 casas, apenas 373 possuem energia regularizada pelo programa Luz para Todos do governo federal [4]. Segundo a Eletrobrás, 726 domicílios da zona rural não tem energia elétrica fornecida por eles [3].

### 7.2 Transmissão da Pipa para o gerador

A pipa funcionará com o aproveitamento dos ventos para girar as pás ao longo de seu eixo horizontal e assim transformar o movimento em energia elétrica. Para que isso aconteça quando vento girar a parte externa da pipa, um gerador acoplado dentro da mesma também será movimentado. (Fig.2)

Figura 2: Movimento dos ventos sobre as pás da pipa (Fonte: Magenn)

Por meio de cabos ligados aos cabos de ancoragem da pipa os geradores internos fazem com que a eletricidade captada seja passada aos transformadores em terra [5].

### 7.3 Gases

Os gases podem ser:

- Oxidantes: Não são inflamáveis, mas contribuem para a combustão, como o ar, cloro e flúor; - Inertes: Como muitos deles são raros, é difícil reagirem com outros materiais. Justamente por isso não tomam parte nos processos que envolvem a combustão, como o Hélio, Argônio e Xenon; - Inflamáveis: Em contato com o oxigênio da forma adequada, entram em combustão. Exemplo: Amônia, Metano e Solano. Na temperatura ambiente, o gás Hélio é incolor, inodoro e é constituído apenas por um átomo. Ele é recomendável para ser utilizado nos dirigíveis, que servirão como “pipas” porque além de ser o segundo elemento químico mais abundante no planeta, ele não é inflamável [6].

## 7.4 Conversão de energia

A energia não é criada nem destruída, e sim transformada. Como ela é conservada, o que pode entrar em escassez não é a energia em si, e sim algum tipo de energia. Existem diversos exemplos de conversão de energia: a energia química do combustível é convertida em energia cinética do carro, conversão de energia elétrica em mecânica através do motor elétrico, conversão de energia mecânica em elétrica através de turbinas eólicas, entre outras. A obtenção de energia eólica através de pipas ocorre com a conversão de energia mecânica em elétrica (conversão eletromecânica). Essa conversão acontece entre um sistema mecânico e um sistema elétrico, obviamente que nesse processo ocorre perda de energia, porém a facilidade de transmissão e processamento são consideráveis. Essa conversão pode ser realizada por transdutores, que são dispositivos que realizam a conversão de uma energia em outra, como geradores e eletroímãs. Esse dispositivo pode ser classificado em:

Dispositivo de excitação única: desenvolve forças de impulso não controladas;

Dispositivo com dois ou mais caminhos de excitação: produz impulsos proporcionais aos sinais que recebe;

Os dispositivos de conversão de energia, além de serem divididos de acordo com o número de campos, também podem ser divididos de acordo com a função:

Dispositivos para medição e controle (transdutores): geralmente a entrada é igual a saída. Exemplo: motores e microfones;

Dispositivos que produzem força: uma parte desses dispositivos trabalha com sinais e a outra parte com o nível de campo. Exemplo: captadores e alto-falantes;

Dispositivos para contínua conversão de energia: a conversão de energia é realizada de forma contínua, o que pode ser observado em motores (conversão de energia química em cinética) [7].

## 7.5 Formas de armazenamento da energia

O Magenn Air Rotor System (MARS) é uma criação com custo e vantagens de desempenho. Considerado uma turbina mais leve que o ar, que roda em torno de um eixo em reação do vento, e gera energia elétrica.

Por meio de cabos ligados ao sistema a energia captada é repassada aos transformadores em terra para uso imediato ou armazenamento e posterior distribuição [8].

O armazenamento da energia proveniente da pipa pode ser feito de várias formas, alguns exemplos: pilhas de combustível, em que há dois processos, a eletrólise, que consome energia para produzir hidrogênio e a geração de energia a partir do hidrogênio produzido e o oxigênio proveniente do ar, uma tecnologia que pode ser usada na produção dispersa, principalmente com baixas potências, é uma tecnologia recente, inconveniente por ter baixa eficiência, alto custo e baixa durabilidade; volante de inércia é um acumulador de energia que utiliza o movimento giratório (energia cinética), que depende da inércia e da velocidade da massa rotativa; motor-bomba é um sistema a energia produzida pela pipa alimenta uma bomba que transporta água de um reservatório de cota inferior para um de cota superior, assim a energia fica armazenada em forma de energia potencial; ar comprimido, um motor compressor que armazena a energia da pipa em forma de energia potencial do ar comprimido; outra maneira de armazenamento são os acumuladores químicos, as baterias, que possuem a capacidade de transformar, através de reações químicas, energia química em energia elétrica, são convenientes, pois causam poucos prejuízos ao meio ambiente e requerem pouca manutenção.

Dentre as variedades de sistemas de armazenamento o mais conveniente são as baterias, que transformam a energia mecânica em energia elétrica na forma de corrente contínua e carrega um banco de baterias. É o que mais se adequa para atender médias potências, abastecendo um aglomerado populacional pequeno [9].

## 7.6 Distribuição

A energia elétrica produzida necessita ser encaminhada pelo os geradores até população, onde, em grande parte, a energia elétrica será consumida. Dessa maneira, é importante a construção de redes de energia elétrica a fim de chegar ao destino final. Assim, a distribuição é a parte do setor elétrico caracterizado pela entrega de energia produzida por meio de instalações e equipamentos elétricos. Sendo de responsabilidade das distribuidoras de energia a conexão, o atendimento e a entrega efetiva de energia elétrica ao consumidor.

A energia entregue aos consumidores ligados a rede podem ser do tipo aérea, sustentada por postes, subterrâneas, com cabos, fios ou dutos subterrâneos. O setor público,

assim como o privado, são totalmente responsáveis pela distribuição de energia elétrica no Brasil.

A eletricidade gerada pela pipa sera transportada através de cabos aéreos revestidos por camadas isolantes e fixos em grandes torres. Todo esse conjunto de torres e cabos e chamado de rede de transmissão da energia elétrica. Enquanto as linhas de transmissão são formadas por subestações de transformação com equipamentos de proteção, de medicação, controle, transformadores, entre outros.

As redes de distribuição são compostas por três linhas: alta, média e baixa tensão tendo um limite máximo de 230kV para as redes de alta tensão, segundo a Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica (ABRADEE). As chamadas Demais Instalações da Transmissão(DIT) realizadas pelas empresas distribuidoras, operam entre 69kV e 138kV. Tais linhas são conhecidas como subtransmissão. Além destas linhas, as distribuidoras são responsáveis pelas linhas de média e baixa tensão, também chamadas de redes primária e secundária, respectivamente. As linhas de média tensão estão no intervalo de 2,3kV e 44kV, onde encontramos em ruas, avenidas das grandes cidades. Já as redes de baixa tensão, variam entre 110 e 440V, são afixadas nos mesmos postes de concreto que as tensões médias, porém a uma altura inferior. Estas redes transportam energia até aos pequenos comércios, indústrias, supermercados, residências por meio dos chamados ramais de ligação [10].

O Brasil, em 2014, possui mais de 74 milhões de “Unidades Consumidoras”(UC), ou seja, o conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizados pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor. Sendo o total de UCs no Brasil igual a 85% nas residências [10].

Assim, é viável confiar no setor de distribuição por ser regulamentado e fiscalizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), segundo as normas e procedimentos adequados do setor de Distribuição. Um deles são os Procedimentos de Distribuição (Prodist) o qual dispõe disciplinas, condições, responsabilidades e penalidades relativas à conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica, além de fornecer um feedback aos usuários e os produtores a respeito dos indicadores de qualidade da energia fornecida ou produzida.



## 8 Instrumentação e controle

### 8.1 Microcontroladores

Para o projeto de geração de energia utilizando pipas é necessário uso de sensores de monitoramento das pipas, seja para monitorar temperatura e pressão ou altitude, entre outros. Para fazer a recepção, interpretação e envio desses dados, é necessário um microcontrolador que faz toda a recepção dos dados fornecidos pelos sensores, processa os dados para determinada tarefa, interpreta e atua aonde o software existente no microcontrolador envia.

Microcontroladores são CI's rodeados de periféricos que tem a função de interpretar um software programado e fazer a interação entre software e hardware. Fisicamente, é um CI comum, porém dentro de seu encapsulamento tem várias partes para toda a composição do microcontrolador. Dentro da cápsula, tem uma memória que guarda o software programado, um processador para processar o programa e enviar os dados pelos locais determinados via software, entradas Input e Output. Geralmente esses microprocessadores vem acoplados a placas com periféricos que auxiliam na função de, por exemplo, cristais para oscilar e criar um clock, capacitores, acelerômetros, portas 5v volts, gnd ou ground, entre outros periféricos.

Como será preciso para medidas de sensores, foi escolhido alguns microcontroladores para poderem ser analisados e verificar qual melhor opção para o projeto. Os microcontroladores disponíveis são o FPGA da Xilinx (Spartan3) [11], o ATmega 328 da Atmel (Arduíno) [12] e o PIC16F87XA [13]. A escolha desses três microcontroladores se deu pela capacidade da equipe de utilizar melhor esses componentes que outros.

#### **Características:**

#### **Temperatura de funcionamento:**

Spartan3: -65°C a 150°C

Arduíno: -40°C a 85°C

PIC16: -65°C A 150°C

#### **Tensão de funcionamento:**

Spartan3: 4,4v a 5,5v

Arduíno: 1,8v a 5,5v

PIC16: 0,3v a 7,5v

**Preço:**

Spartan3: US\$199.00

Arduíno: US\$102.85

PIC16: R\$13,00 (Apenas O microcontrolador, sem periféricos)

**Frequência de funcionamento:**

Spartan3: 20MHz

Arduíno: 20MHz

PIC16: 20MHz

Comparando as características de cada microcontrolador apresentado no Datasheet de cada um, o dispositivo mais viável seria o arduíno, pois ele apresenta características já suficientes para nosso projeto, uma linguagem de programação bem intuitiva de programa, custo baixo, e sem necessitar a montagem de placa com periféricos como o PIC16. Já com o PIC16, a dificuldade seria implementar uma placa com os periféricos suficientes, e a Spartan3 tem um preço muito elevado.

## 9 Sistema de Sensoriamento

### 9.1 Sensor de temperatura e umidade do ar

O sensor de temperatura e umidade do ar é essencial no projeto “geração de energia usando pipa”, pois o produto trabalhará em certas condições climáticas. Para o monitoramento dessas condições será necessário à medição constante dessas variáveis. Para tanto será implantado esses dois sensores que funcionará juntamente com a pipa. Para análise da escolha dos sensores, deve-se previamente conhecer o local onde deverá funcionar o dispositivo assim como o seu material. Para isso foi levantado uma pesquisa a fim de conhecer as condições de trabalho do sensor de temperatura e umidade.

### 9.2 Sensor de pressão

Quando a pressão de uma determinada região cai, há uma grande probabilidade de que ocorram chuvas e tempestades ou, em casos extremos, furacões ou tornados. Entretanto quando a pressão mantém-se num nível alto, provavelmente o clima estará seco e limpo.

Dentre outros fatores, como o clima e a temperatura do ar, a pressão atmosférica varia de acordo com a altitude. Em regiões baixas, próximas do nível do mar, a atmosfera é densa, ou seja, com uma grande concentração de moléculas, o que faz com que a pressão seja mais alta. Quanto maior a altitude, mais rarefeita será a atmosfera, ou seja, as moléculas encontram-se mais afastadas umas das outras. Isso faz com que nesses locais a pressão seja menor do que no nível do mar [14].

Sensores de pressão são compostos por duas partes: conversão da pressão numa força ou deslocamento e conversão da força ou deslocamento em sinal elétrico [15].

Geralmente, estes sensores são construídos com materiais piezoresistivos. Esses materiais possuem a capacidade de variar sua resistência quando submetidos a um esforço mecânico.” Assim será usado dois tipos de sensores de pressão na construção da PIPA:

- Sensor de pressão para medir a pressão do ar
- Sensor de pressão para medir a força do gás usado para subir ou descer a PIPA

Medir a pressão do ar será muito importante, pois como a pipa depende das condições climáticas do ambiente para funcionar, o sensor pode detectar uma possível catástrofe como tempestades, chuvas de granizo, que podem danificar a pipa. Este sensor será usado

junto com um altímetro. Medir a pressão do gás será importante porque irá controlar a entrada e saída de gás que faz a pipa girar, esse sensor será usado junto com um altímetro onde se a pipa ultrapassar o limite máximo (300m), o sensor de pressão diminuirá o fluxo de gás e assim a pipa irá descer [14].

### 9.3 Qual sensor escolher?

O sensor escolhido para fazer parte do projeto da PIPA foi o da serie AP-V80 modelo AP-16S da marca KEYENCE. Onde a estrutura do cabo feita de aço inoxidável e detecta multífluidos como ar e Óleos. Trabalha de -20 ate 100 graus sem congelar e é resistente a pressão de ate 75 Mpa [16].

#### 9.3.1 Sensor de altura

“É um sensor digital que se baseia em níveis de tensão bem definidos. Tais níveis de tensão podem ser descritos como Alto (High) ou Baixo (Low), ou simplesmente “1” e “0”. Ou seja, esses sensores utilizam lógica binária, que é a base do funcionamento dos sistemas digitais.” O uso deste sensor para o projeto da construção da PIPA é uma forma de definir o altura limite que a mesma poderá atingir (300 metros), passando dessa altura de segurança o sensor será ativado mandando um sinal para a central de monitoramento da PIPA e consequentemente fazendo a mesma descer [14].

“Este sensor que também é chamado por altímetro e depende de outros sensores para ser eficaz, principalmente o de pressão atmosférica(barômetro)”, pois como a PIPA ficará exposta as condições do ambiente, a mesma sofrerá com chuvas , raios, redemoinhos e ventos muito fortes, assim nem sempre a PIPA poderá trabalhar perto de sua altura limite, dependendo das condições climáticas poderá chegar em ate 50% dessa altura.

O altímetro, é encontrado aos montes no mercado, porém seu preço é um pouco mais elevado que os outros componentes, por quase sempre vim acompanhado por barômetros. Logo, teremos na PIPA um conjunto destes sensores [17].

#### Sensores

Altímetro Digital	R\$40
MS5611	R\$20
BMP085	R\$20

### 9.4 Materiais

A borracha natural pode ser uma boa alternativa para a pipa, pois tem boa elasticidade, suporta grandes tensões, tem resistência à abrasão, impacto e a variações bruscas

de temperatura. Quando sofre o processo de vulcanização pode suportar temperaturas entre 80-90°C, possuindo flexibilidade abaixo de -55°C.

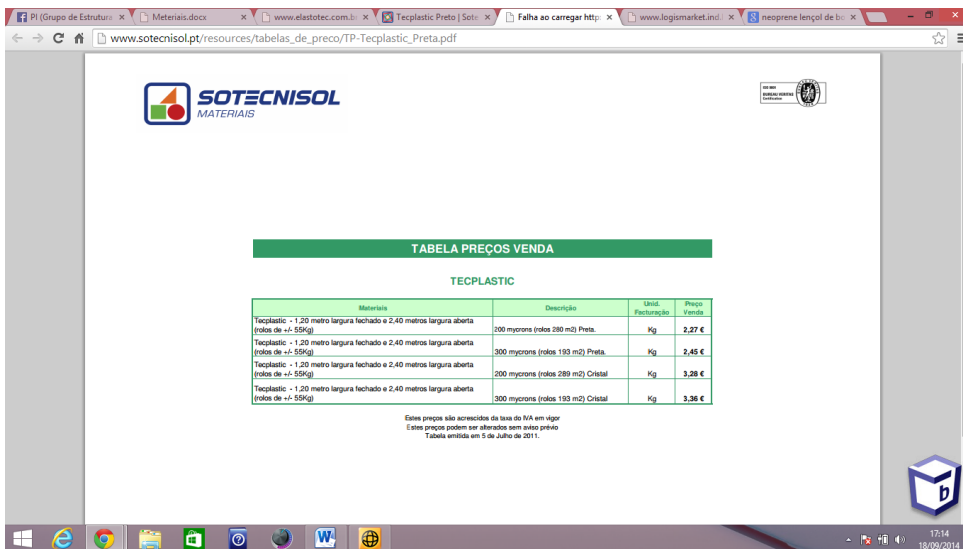
Polietileno de Baixa densidade tem sua densidade entre 0,9 e 0,95g/cm<sup>3</sup>, seu ponto de fusão é de 110-115°C, baixa permeabilidade a água, seu módulo de elasticidade está entre 102-204 Mpa, pode ser alongado entre 100-800% e sua resistência a tração está entre 6,9-16Mpa.

Uma outra alternativa é o nylon (poliamida) ou o decron (poliéster) do tipo rip stop, quando suas tramas e urdume são entrecruzados formando tecidos e a cada 3mm são acrescentados mais três fios para aumentar a resistência ao rasgo, e são impermeabilizados com silicone ou poliuretano que também ajudam a aumentar a resistência contra o desgaste dos raios ultravioleta. Esse tipo de tecido é muito utilizado em balões de balonismo.

Neoprene é formado de policloropreno, o tipo GW tem resistência à água, resistência a rasgo, resistência a flexão dinâmica, suporta temperaturas entre 70-100°C.

Material	Temperaturas	Resistência mecânica	Impermeabilidade
Borracha natural	80-90°C	Sim	Baixa permeabilidade
Polietileno de Baixa Densidade	<100°C	Sim	Baixa Permeabilidade
Nylon/Decron	-	Não muito	Permeável
Neoprene	70-100°C	Sim	Resistência a água

Conclui-se que os materiais podem ser utilizados de maneira eficiente para o revestimento do balão eólica, tendo em vista que atendem as necessidades da mesma. Porém um estudo aprofundado das características e preços ainda deve ser feito para que dentre eles se possa escolher o mais adequado e viável.



**TABELA PREÇOS VENDA**

**TECPLASTIC**

Módulo	Descrição	Unid. Faturação	Preço Venda
Tecplastic - 1,20 metro largura fechado e 2,40 metros largura aberta (rolos de +/- 55Kg)	200 microns (rolos 280 m2) Preto.	Kg	2,27 €
Tecplastic - 1,20 metro largura fechado e 2,40 metros largura aberta (rolos de +/- 55Kg)	300 microns (rolos 192 m2) Preto.	Kg	2,45 €
Tecplastic - 1,20 metro largura fechado e 2,40 metros largura aberta (rolos de +/- 55Kg)	200 microns (rolos 280 m2) Cristal	Kg	3,28 €
Tecplastic - 1,20 metro largura fechado e 2,40 metros largura aberta (rolos de +/- 55Kg)	300 microns (rolos 192 m2) Cristal	Kg	3,38 €

Estes preços são acrescidos da taxa de IVA em vigor.  
Estes preços podem ser alterados sem aviso prévio.  
Tabela emitida em 5 de Julho de 2011.

Figura 6 – Preços do Polietileno

## 10 Betânia do Piauí

Para a aplicação do projeto, procurou-se um localidade no Brasil que fosse isolada, com poucos ventos, pouca presença de chuva durante o ano e com problemas de abastecimento energético. Chegou-se, então à cidade de Betânia do Piauí.

### 10.1 Falta de energia elétrica

Muitos moradores do município de Betânia do Piauí sofrem com a falta de energia elétrica. O programa Luz para Todos, que visa levar energia elétrica aonde falta, atingiu a região, porém, apenas 373 das 1099 residências de zona rural foram beneficiadas. Parte da dificuldade em atender à todos vem da distância de comunidades em relação à rede existente.

### 10.2 Clima da região

O município apresenta temperaturas mínimas de 18C e máximas de 36C. Sua altitude é de 480 metros acima do nível do mar. Possui clima semiárido, quente e seco. Os meses mais chuvosos são de dezembro a março. Precipitação anual média em torno de 500mm.





# 11 Conclusão

O projeto “Geração de Energia usando Pipas” teve como principal objetivo e foco, através de estudo feito sobre tipo da pipa, local de atuação da pipa e alvo atingido pela pipa, de gerar energia elétrica, advinda de energia eólica da pipa, para a comunidade de Betânia do Piauí, localizada no Piauí, que mais necessita de ajuda. Com isso, através dos dados obtidos, foi possível construir o protótipo inicial do Sistema de forma a gerar energia elétrica com uso de pipas infláveis para até 200 casas da comunidade. Tudo foi estudado e planejado (em que foi realizado um orçamento inicial) para construir a primeira etapa do projeto.

O local escolhido da comunidade Betânia do Piauí foi alterado na Sprint 2, pelo fato dessa comunidade de zona rural ser isolada energeticamente e por necessitar urgentemente de uma boa qualidade de vida. Antes, o local da Sprint 1 era perto da usina hidrelétrica do Lago Paranoá, localizada em Brasília - Distrito Federal, em que ele foi alterado pelo fato da usina já atender energeticamente toda a população em volta do Lago e de Brasília. Quanto à transmissão, conclui-se que esta se dará por meio de cabos ligados aos cabos de ancoragem da pipa, os geradores internos fazem com que a eletricidade captada seja passada aos transformadores em terra.

Com relação ao armazenamento, dentre as variedades de sistemas, o mais conveniente é a bateria que transforma a energia mecânica em energia elétrica na forma de corrente contínua e é o que mais se adequa para atender médias potências, abastecendo um aglomerado populacional pequeno.

Comparando as características de cada microcontrolador apresentado no Datasheet de cada um, o dispositivo mais viável seria o arduíno, pois ele apresenta características já suficientes para nosso projeto, uma linguagem de programação bem intuitiva de programa, custo baixo, e sem necessitar a montagem de placa com periféricos como o PIC16. Já com o PIC16, a dificuldade seria implementar uma placa com os periféricos suficientes, e a Spartan3 tem um preço muito elevado.

O sensor escolhido para fazer parte do projeto da PIPA foi o da serie AP-V80 modelo AP-16S da marca KEYENCE. Onde a estrutura do cabo feita de aço inoxidável e detecta multífluídos como ar e Óleos. Trabalha de -20 até 100 graus sem congelar e é resistente a pressão de até 75 Mpa. Dentre os materiais pesquisados, o poliestireno de baixa densidade atendeu às exigências feitas com relação ao modelo da pipa e a custos menores.

Por fim, conclui-se que o projeto possui um bom custo benefício para atender a comunidade que mais necessita de ajuda e atenção, não só energeticamente, mas eticamente

também, pois todo ser humano precisa ter boas condições de vida .

## 12 Bibliografia

[1] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Diário Oficial da União. Estimativa de população residente com data de referência 1 de Julho de 2014.

[2] FUNDAÇÃO CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DO PIAUÍ. Diagnóstico socioeconômico. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/download/201102/CEPRO-15deSet.2014>.

[3] ELETROBRAS DISTRIBUIÇÃO PIAUÍ. Nota de esclarecimento de 19 de Dezembro de 2012. Disponível em: <http://www.elektrobraspiaui.com/materia.php?id=665pes=Betania>. Acesso em: 16 de Set. de 2014.

[4] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Atlas do Censo demográfico. Brasil, 2010.

[5] Inovação tecnológica. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?titulo=que-gera-eletricidade-a-partir-do-vento-comeca-a-ser-testado.VBDPtvldXLx>. Acesso em: 16 de Set. de 2014

[6] MACHADO, Claudinei. Tipos de gases. Disponível em: <http://www.protecaorespiratoria.com.br/de-gases.html>. Acesso em 15 de Set. de 2014

[7] MARTINS, Geomar. Apostila Fundamentos de Máquinas Elétricas. Rio Grande do Sul, 2012.

[8] INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH AND APPLICATIONS. Magenn Air Rotor System. Disponível em: [http://www.ijera.com/papers/Vol2\\_issue6/Magenn Air Rotor System](http://www.ijera.com/papers/Vol2_issue6/Magenn%20Air%20Rotor%20System.pdf).

[9] SILVA, B.F.G. Estudo de soluções alternativas de armazenamento de energia para diferentes horizontes temporais. Porto, Portugal, 2008. Disponível em: [http://paginas.fe.up.pt/~ee/energia/estudo\\_de\\_solucoes\\_alternativas\\_de\\_armazenamento\\_de\\_energia.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~ee/energia/estudo_de_solucoes_alternativas_de_armazenamento_de_energia.pdf).

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. A Distribuição de Energia. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>. Acesso em 15 de Set de 2014.

[11] XILINX. Spartan 3 Datasheet. Disponível em: [www.xilinx.com/support/documentation/datasheets/3spartan3.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/datasheets/3spartan3.pdf).

[12] ATMEL. Atmega328 Datasheet. Disponível em: [www.atmel.com/Images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328pa\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328pa_datasheet.pdf). Acesso em 12 de Set. de 2014.

[13] MICROSHIP. PIC16F87XA Data Sheet. Disponível em: [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/000016a.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/000016a.pdf). Acesso em 12 de Set. de 2014.

- [14] PATSKO, Luís. Tutorial Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores. Disponível em: [http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000\\_kdr5000/tutorial\\_eletronica\\_16deSet.de2014](http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_16deSet.de2014).
- [15] KILIAN, Christopher. Modern Control Technology: Components Systems, Capítulo 6. Delmar, 2004.
- [16] CATÁLOGO Série AP-V80. Sensores de pressão digitais duráveis multilíquido. Disponível em : <http://www.keyence.com.br/products/process/pressure/ap-v80/index.jsp>. Acesso em : 13 de Set de 2014.
- [17] PCE INSTRUMENTS. Altímetros. Disponível em: <http://www.pce-medidores.com.pt/medicoes> Portugal, 2012. Acesso em: 14 de Set. de 2014.