

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**UTILIZAÇÃO DE EXAUSTORES EÓLICOS COMO
FONTE GERADORA DE ENERGIA ELÉTRICA**

FÁTIMA ELIZABETE DOS REIS MATIAS

ORIENTADOR MARCO AURÉLIO GONÇALVES DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PUBLICAÇÃO: PPGENE.DM
BRASÍLIA/DF JUNHO DE 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**UTILIZAÇÃO DE EXAUSTORES EÓLICOS COMO FONTE
GERADORA DE ENERGIA ELÉTRICA**

FÁTIMA ELIZABETE DOS REIS MATIAS

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ELÉTRICA DA FACULDADE
TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

APROVADA POR:

MARCO AURELIO OLIVEIRA, Dr., ENE/UnB
(ORIENTADOR)

RAFAEL SHAYANE, Dr., ENE/UnB
(EXAMINADOR INTERNO)

ANGELA SANTANA DE OLIVEIRA, Dr^a DACC/IFMT
(EXAMINADOR EXTERNO)

Brasília, 24 de junho de 2013.

FICHA CATALOGRÁFICA

MATIAS, FATIMA ELIZABETE DOS REIS

Utilização de Exaustores Eólicos como Fonte Geradora de Energia Elétrica.

xiv, 86p. 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica

1.Exaustor Eólico

2.Energia alternativa

3.Conforto Térmico

4.Cozinha Industrial

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

MATIAS, F. E.R. (2013) Utilização de Exaustores Eólicos como Fonte Geradora de Energia Elétrica. Dissertação de Mestrado Publicado PPGENE - XX, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 93p

CESSÃO DE DIREITO

AUTOR: Fátima Elizabete dos Reis Matias

TITULO: Utilização de Exaustores Eólicos como Fonte Geradora de Energia Elétrica.

GRAU: Mestre

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação, e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Fátima Elizabete dos Reis Matias

Rua 34, Qd 82, Lt 13, Sta Cruz II

78077020 – Cuiabá – MT- Brasil

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar o caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades;

Ao professor Dr. Marco Aurélio Oliveira por ter me dado a grande oportunidade de realizar esta pós-graduação;

Ao professor Dr. Walterley Moura pela dedicação e empenho em tornar esta pós-graduação em um modelo a ser seguido;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Elétrica da Universidade Federal de Brasília (UNB), por compartilharem sua sabedoria;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Instituição em que trabalho;

À minha família, a qual amo muito, pelo carinho, paciência e incentivo;

Aos amigos e companheiros de trabalho e pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do IFMT, que contribuíram para a realização deste trabalho;

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

A presente dissertação objetiva demonstrar propostas para o desenvolvimento de protótipos capazes de gerar e fornecer energia elétrica, com a utilização de exaustor eólico interligado a uma lâmpada de emergência, sem a interferência da rede elétrica. O exaustor eólico é um tipo de equipamento abundante nos galpões industriais espalhados no país. Composto por um sistema simples e fácil de operar, combinado a produtos associados à geração de energia renovável e limpa, o exaustor concorre para o alcance do experimento. O ambiente de estudo escolhido é a cozinha industrial do IFMT Campus Cuiabá-Cel. Octayde Jorge da Silva, em razão de se constatar alto grau de calor neste ambiente, principalmente, em horários de pico de cocção. O resultado do experimento contribuiu para a análise de comparações de novos métodos para se utilizar a energia eólica, em pequenas gerações de energia elétrica. Para isso, foram propostos 4 processos construtivos, utilizando-se o exaustor eólico como fonte de energia elétrica. O melhor resultado foi o projeto desenvolvido para a construção de um gerador eólico com bobinas e ímãs permanentes, de baixa potência, a ser acionado pelo vento. Este projeto, denominado “Processo com bobina e neodímio”, tem caráter inovador em vários sentidos, além de ser um provável produto a ser produzido em escala comercial. É de fácil montagem, custo acessível, com um potencial superior ao analisado para pequenas gerações de energia. De todo o trabalho, resulta uma relevante contribuição para com a melhoria da qualidade de vida das pessoas e, sobretudo, concorre para a sustentabilidade na construção civil, apontando soluções com o uso de geração de energia elétrica produzida por exaustores eólicos, como fonte alternativa e limpa.

ABSTRACT

This dissertation aims to demonstrate proposals for the development of prototypes capable of generating and supplying electricity, with the use of a wind exhaust linked to an emergency lamp, with no interference of a power grid. The wind exhaust is a type of equipment largely found in industrial facilities around the world. It comprises a simple and easy-to-use system, combined to products associated to the generation of renewable and clean energy, the exhaust could be a possible option for the performance of the experiment. The study environment of choice is the industrial kitchen of the IFMT Campus of Cuiabá – Cel. Octayde Jorge da Silva. The reason for its choice is the high temperature in this environment, especially at peak cooking times. The result of the experiment contributed to the analysis and comparison of new methods for the use of wind power, in the generation of small quantities of electricity. For that, there have been proposed four constructive processes using the wind exhaust as a source of electricity. The best result has been the development of a project for the construction of a wind generator with coils and permanent magnets, of low potency, to be activated by wind. The project, named “Process with coil and neodymium” presents an innovative feature in many senses, besides being a product that could possibly be produced in large scale. It is easy to assemble, it has a low cost and with a potential that goes beyond the generation of small quantities of electricity. As a result of the project, there is the relevant contribution for the improvement of people’s quality of life and, mainly, allows the sustainability in civil construction, pointing to solutions with the use of electricity produced by the wind exhausts as a source of alternative, clean energy.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES	15
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Organização da dissertação	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Considerações Iniciais	3
2.2 Demanda Mundial de Energia e Perspectivas Econômicas - Visão Global.	3
2.3 Consumo de Energia no Brasil	6
2.3.1 Fontes energéticas	6
2.3.2 - Energia elétrica	7
2.4 Potencial Energético de Mato Grosso	10
2.4.1 Consumo do Estado	11
2.4.2 Empresas de Mato Grosso investem na geração própria de energia	11
2.5 Eficiência Energética	11
2.5.1 O que é eficiência energética	11
2.5.2 Desperdício de energia	12
2.5.3 Plano de Nacional de Eficiência Energética para o Período 2010-2030	12
2.6 Potencial Eólico no Brasil	14
2.6.1 Tipos de aerogeradores para geração de energia elétrica	15
2.7 - Sistemas de Exaustão e Ventilação Industrial	16
2.7.1 Ventilação natural	17

2.8 – Geração de energia através do exaustor eólico	20
2.9 Potencial Fotovoltaico	22
2.9.1 Benefícios da energia fotovoltaica no Brasil	22
2.9.2 - Baixo impacto ambiental	22
2.9.3 A Viabilidade do projeto de sistema fotovoltaico	22
2.9.4 A luz solar no Brasil	22
2.10 Desenvolvimento Sustentável	23
2.11 Construções Sustentáveis	26
2.11.1 Tipos de construções sustentáveis	27
2.12 Processo de Certificação em Construções Sustentáveis	27
2.12.1 - A Evolução da construção sustentável no Brasil	29
2.13 Conforto Ambiental	31
2.14 Considerações Finais	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 Considerações Iniciais	33
3.2 Área de Estudo	33
3.2.1 Ambiente pesquisado	35
3.3 Materiais e Equipamentos	37
3.4 Metodologia para Coleta de Dados	40
3.4.1 Medição da temperatura na cozinha industrial	40
3.4.2 Pontos críticos	42
3.4.3 Cálculo da massa calórica	42
3.4.4 Testes no laboratório dos protótipos para geração de energia elétrica	44
3.5 Considerações Finais	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	55

4.1 Considerações Iniciais	55
4.2 Aspectos Gerais	55
4.3 Pontos Críticos da Cozinha Industrial	56
4.3.1 Levantamentos dos equipamentos do ambiente	56
4.3.2 Condições do local de trabalho resultado do Laudo Segurança e Saúde do Trabalhador	57
4.3.3 Medição da temperatura na cozinha industrial	58
4.4 - Cálculos da Massa Calórica do Tubo da Coifa	61
4.5 Teste no laboratório com os protótipos	62
4.5.1 Com dínamo de bicicleta	63
4.5.2 Com gerador com Bobinas e Neodímios – (Relight)	63
4.5.3 Com polia acoplada ao eixo	65
4.5.4 Processo com motor acoplado o eixo	67
4.5.5 Vantagens e desvantagens dos protótipos	70
4.5.6 - Custo de cada processo.	70
4.6 Considerações finais	72
5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO	73
5.1 Aspectos Gerais	73
5.2 Principais Conclusões e Contribuições	73
5.3 Desenvolvimentos Futuros	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Ambiente e número de troca de ar por horas	19
Tabela 2.2- Temas prioritários de sustentabilidade da construção.	30
Tabela 3.1 - Relação de equipamentos elétricos na cozinha industrial IFMT Campus Cuiabá.....	35
Tabela 3.2 - Densidade do ar conforme temperatura.....	43
Tabela 3.3 – Detalhamento das peças do exaustor eólico.....	45
Tabela 4.1 - Consumo de energia da cozinha industrial IFMT Campus de Cuiabá, em julho 2012.	57
Tabela 4.2. – Relação entre Massa de calor e rotação.	62
Tabela 4.3 – Comparação rotação, velocidade e corrente.	65
Tabela .4.4 – Aplicação da voltagem com rotação do exaustor.	67
Tabela .4.5 – Relação da velocidade do vento com a rotação do exaustor.....	67
Tabela. 4.6 – Vantagens e desvantagens dos protótipos utilizados.....	70
Tabela. 4.7 – Resumos dos custos.	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - <i>Consumo mundial de energia (quatrilhões Btus)</i>	4
Figura 2.2 - <i>Geração mundial de eletricidade (Kilowt/hora trilhão).</i>	5
Figura 2.3 – <i>Ofertas de fontes de energia renováveis mundial, em 2008.</i>	9
Figura 2.4 - <i>Produção energia elétrica, em 2008.</i>	9
Figura 2.5 - <i>Produção de energia elétrica ER(Energia Renovável), em 2008.</i>	10
Figura 2.6 - <i>Potencial eólico do Brasil.</i>	14
Figura 2.7 - <i>Aerogerador experimental de eixo vertical Darrieus.</i>	15
Figura 2.8 - <i>Aerogerador de eixo vertical Savonius.</i>	15
Figura 2.9 - <i>Aerogerador de eixo horizontal.</i>	16
Figura 2.10- <i>Passagens e ar fresco pelo lanternin .</i>	18
Figura 2.11- <i>Exaustor eólico.</i>	19
Figura 2.12 - (A) <i>Diferença temperatura ao longo da altura do ambiente interno;</i> (B) <i>Diferença temperatura no uso do exaustor.</i>	20
Figura 2.13- <i>Protótipo Exaustor eólico com gerador de energia acoplado.</i>	21
Figura 2.14 - <i>Imagem do Atlas Solarimétrico do Brasil (Isolação diária, média anual).</i> ..	23
Figura 2.15 - <i>Princípios Saches.</i>	24
Figura 2.16 - <i>Tripé da sustentabilidade – “Triple Battom Line.</i>	25
Figura 2.17 – <i>Ciclo de eventos desenvolvimento sustentável.</i>	26
Figura 2.18 - <i>Sede da Amatur em Palmas – TO.</i>	31

Figura 3.1 - <i>Localização da cidade de Cuiabá no estado de Mato Grosso</i>	34
Figura 3.2- <i>Planta baixa da área quente da cozinha (Área de Cocção) e coifa</i>	35
Figura 3.3 - <i>Sensor de temperatura da empresa NOVUS</i>	37
Figura 3.4 - <i>Interface de comunicação para o registrador</i>	38
Figura 3.5- <i>Anemômetro</i>	38
Figura 3.6 - <i>Tacômetro</i>	39
Figura 3.7 - <i>Multímetro digital</i>	39
Figura 3.8 – <i>Fonte de corrente contínua</i>	39
Figura 3.9 – <i>Detalhe exaustor elétrico</i>	40
Figura 3.10 – <i>Coifa com tubo e chapéu</i>	40
Figura 3.11 – <i>Área quente da cozinha (Área de Cocção)</i>	41
Figura 3.12 - <i>Coifa cozinha Industrial e local dos sensores</i>	42
Figura 3.13 – <i>Coifa da cozinha industrial</i>	43
Figura 3.14 - <i>Exausto eólico</i>	44
Figura 3.15 - <i>Esquema do projeto de fabricação de um exaustor eólico</i>	45
Figura 3.16 – <i>Detalhes de exaustor eólico</i>	46
Figura 3.17 - <i>Dínamo de bicicleta de 12V</i>	47
Figura 3.18– <i>Desenho esquemático de um gerador de fluxo axial a ímãs permanentes de dois estágios com turbina torodais</i>	48
Figura 3.19– <i>Imagem do exaustor com os neodímios e a bobina</i>	48

Figura 3.20 – <i>Bobina de 12 Volts.</i>	49
Figura 3.21 – <i>(A) Neodímio 5mmx10mm, (B) Neodímio 20x2m.</i>	49
Figura 3.22 – <i>Luminária de 36 leds.</i>	49
Figura 3.23 – <i>Campo Magnético formado pelos neodímios.</i>	50
Figura 3.24 – <i>1º ensaio utilizando 36 leds.</i>	50
Figura 3.25 – <i>2º ensaio</i>	51
Figura 3.26 – <i>3º ensaio</i>	51
Figura 3.27 – <i>(A) Visão da parte superior do protótipo; (B) Visão da parte inferior do protótipo.</i>	52
Figura 3.28 – <i>Exaustor com eixo fixo e motor acoplado.</i>	53
Figura 3.29 – <i>Medição rotação.</i>	53
Figura 4.1 – <i>Temperatura dos 4 sensores locados na cozinha industrial do IFMT Campus de Cuiabá , no dia 29/05/2012.</i>	59
Figura 4.2 - <i>Exaustor eólico</i>	59
Figura 4.3 – <i>(A) Tubo de saída da coifa e (B) tubo coifa com exaustor eólico.</i>	60
Figura 4.4 – <i>Fluxo do ar em um exaustor.</i>	60
Figura 4.5 – <i>Comparação de temperatura no local de trabalho com o exaustor eólico e sem o exaustor eólico.</i>	61
Figura 4.6 – <i>Comparação da massa de calor com a rotação.</i>	62
Figura 4.7 – <i>Dínamo de Bicicleta.</i>	63
Figura 4.8 – <i>2º ensaio utilizando um cinturão com neodímio com espaçamento menor...</i>	64

Figura 4.9 – 3º ensaio utilizando 190 neodímios.....	64
Figura 4.10 - <i>Exaustor girando com os 190 neodímio com uma lâmpada de emergência com 36 leds.</i>	65
Figura 4.11 – Processo com geração de energia utilizando a polia.	66
Figura 4.12 - <i>Temperatura e vento em Cuiabá dia 29/05/2012.</i>	68
Figura 4.13 - <i>Velocidade do vento no dia 29/05/2012, em m/s.</i>	68
Figura 4.14 – <i>Teste com o exaustor utilizando uma placa solar.</i>	69
Figura 4.15 – <i>Exaustor com eixo central adaptado para girar.</i>	69
Figura 4.16 – <i>Processo eixo central e suas medições.</i>	69

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

ABEE – Associação Brasileira de Energia Eólica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BEM – Balanço Energético Nacional

CA – Corrente Alternada

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CC – Corrente Contínua

Cel. - Coronel

CNI – Confederação Nacional da Indústria

DB - Decibel, nível de ruído

EJ – Exajoule

ER – Energia Renovável

EUA - Estados Unidos da América

EVA - Película de Etileno Acetato de Vinilo

GBCB – *Green Building Council do Brasil*

GEE – Gás de Efeito Estufa

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

GWh - *Gigawatt-hora*

IEA – *Internacional Energy Agencia*

IFMT – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

IPCC- *Intergovernmental Panel on Climate Change*

KWh - *Quilowatt*-hora

M&V – Medição e Verificação

MTPS - Ministro de Estado do Trabalho e da Previdência Social

MWh - *Megawatt*-hora

NB – Norma Brasileira

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PNE – Planejamento Energético Nacional

PNEf- Plano Nacional de Eficiência Energética

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RPM – Rotação por Minuto

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SESI – Serviço Social da Indústria

SHED – Tipo de Cobertura

TWh - *Terawatt*-hora

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso

UNIARA – Centro Universitário Araraquara

VAWT – Turbina eixo vertical

WHO - *World Health Organization*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, atualmente, está sendo um dos mais relevantes setores da economia brasileira. Possui uma cadeia de empresas interligadas na produção de insumos e serviços e, desta forma, passa a ser um setor responsável por consumir energia, água e materiais responsáveis por emissão, em grande escala, de gases “efeito estufa”. No entanto, com a implantação do Sistema de Construção Sustentável, vem intensificando intervenções no meio ambiente, sem esgotar os recursos naturais, proporcionando a conservação para as gerações futuras, mediante a utilização de técnicas inteligentes e ecomateriais¹, fomentando a redução da poluição, promovendo o uso eficiente da água e de energia, e oportunizando o conforto de seus usuários.

Com a finalidade de minimizar os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, as instituições ligadas a este setor organizaram-se e implantaram as práticas sustentáveis, buscando produtos associados à sustentabilidade, a conceitos e procedimentos reconhecidos de sustentabilidade ambiental, que proporcionam benefícios econômicos e melhoria na saúde e no bem estar das pessoas.

Visando introduzir práticas sustentáveis, principalmente, em prédios públicos, buscou-se identificar novas soluções na utilização de exaustores eólicos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a capacidade de geração de energia elétrica produzida por exaustores eólicos para utilização como fonte de energia elétrica alternativa e renovável e o conforto térmico proporcionado por estes exaustores. O estudo foi desenvolvido em uma cozinha industrial do IFMT – Campus Cuiabá e , dos resultados obtidos, propor melhorias para práticas construtivas sustentáveis para um futuro “retrofit”² do local.

O desenvolvimento desta dissertação baseou-se, inicialmente, na proposta de estudar e desenvolver um protótipo capaz de gerar e fornecer energia utilizando o exaustor eólico. Este equipamento é acionado pela força do vento com o propósito de renovar o ar do ambiente onde estiver instalado. Na ausência de vento, o equipamento funcionará apenas pelo diferencial térmico natural.

Pretende-se estudar a viabilidade da integração de um conjunto de exaustores eólicos para geração de energia elétrica, com lâmpadas de emergência, sem ligação à rede elétrica, “off

¹ Matérias ecológicas

² Processo de modernização

grid”³, em uma cozinha industrial.

Para atingir o objetivo da pesquisa foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Testar, em laboratório, os protótipos com uso de exaustores eólicos, visando à geração de energia elétrica;
- b) Desenvolver o protótipo do exaustor, com o melhor processo identificado na pesquisa, para a geração energia elétrica;
- c) Fazer levantamentos do local de estudo, quais sejam: equipamentos elétricos do local e estrutura física da cozinha;
- d) Verificar as condições de trabalho, por meio de um Laudo Segurança e Saúde do Trabalhador, objetivando a relação das atuais condições e os benefícios do uso do exaustor;
- e) Verificar das condições ambientais, através de medições da temperatura do ar na cozinha industrial;
- f) Calcular a massa calórica do tubo da coifa, com objetivo de verificar a quantidade de calor que contribui para girar o exaustor.

1.1 Organização da dissertação

Esta dissertação foi estruturada de forma a estabelecer uma análise descritiva da metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, utilizando o exaustor eólico como fonte geradora de energia. O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, contextualizando a importância das construções sustentáveis no mundo e a utilização das energias renováveis. O capítulo 3 faz a abordagem do estudo de caso, discorre sobre os métodos e materiais utilizados na cozinha industrial para a coleta de dados, resultando na confecção do protótipo de exaustor eólico para geração de energia alternativa. O capítulo 4 apresenta os resultados do experimento, com comparações de procedimento e seus respectivos resultados e vantagens e desvantagens. O capítulo 5 apresenta as conclusões deste trabalho e sugestões para estudos posteriores.

³ Sistemas isolados ou autônomos para geração de energia solar fotovoltaica são caracterizados por não se conectar à rede elétrica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações Iniciais

A eletricidade tornou-se a principal fonte de luz, calor e força utilizada no mundo moderno. Grande parte dos avanços tecnológicos dependem da energia elétrica, várias atividades tais como assistir à televisão e navegar na *internet* são possíveis porque a energia elétrica chega até às residências. As fábricas, supermercados, *shopping centers* e uma infinidade de outros lugares precisam dela para funcionar. A eletricidade é transportada e chega aos consumidores no mundo inteiro por meio de sistemas elétricos complexos, compostos de quatro etapas: geração, transmissão, distribuição e consumo [ELETROBRAS, 2010].

O primeiro passo para produzir energia elétrica é obter a força necessária para girar as turbinas das usinas de eletricidade.

Grande parte dos recursos energéticos do país localiza-se em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos grandes centros consumidores e com fortes restrições ambientais. Promover o desenvolvimento econômico dessas regiões, preservar a sua diversidade biológica e garantir o suprimento energético de regiões mais desenvolvidas são alguns dos desafios da sociedade brasileira. Torna-se fundamental, portanto, o conhecimento sistematizado da disponibilidade de recursos energéticos, das tecnologias, dos sistemas de aproveitamento e das necessidades energéticas setoriais e regionais do país [ANEEL, 2012].

Este capítulo tem o propósito de apresentar um breve resumo de conceitos e aspectos relacionados à geração de energia do mundo e no Brasil, com o foco na geração de energias renováveis, gás de efeito estufa e obras construídas com práticas sustentáveis. Com isso, possibilita condições para os trabalhos a serem desenvolvidos nos capítulos posteriores.

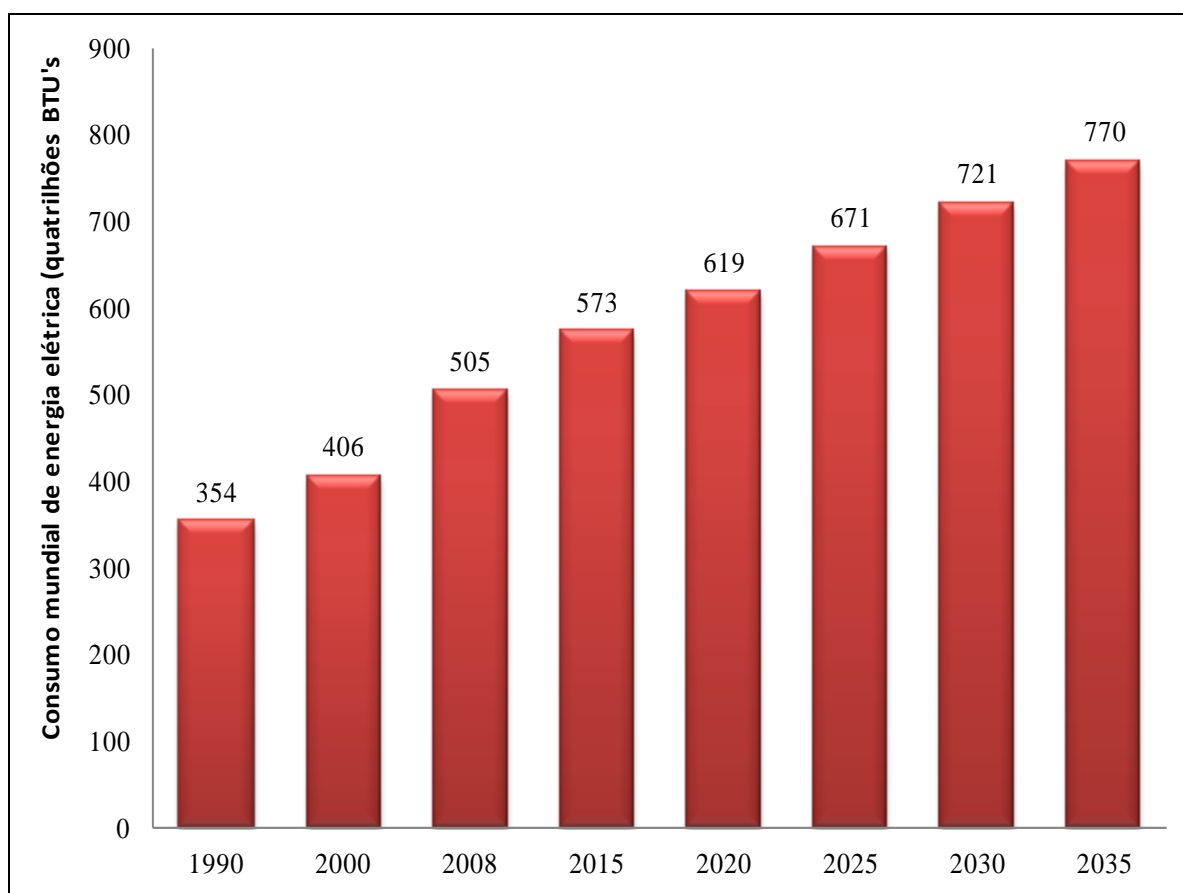
2.2 Demanda Mundial de Energia e Perspectivas Econômicas - Visão Global.

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de uma sociedade. Reflete tanto o ritmo de atividade dos

setores industrial, comercial e de serviços, quanto à capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como automóveis (que demandam combustíveis), eletrodomésticos e eletroeletrônicos.

O mundo consumiu, em 2011, cerca de 13 bilhões de *tep* (toneladas equivalentes de petróleo), representando 48 vezes a demanda brasileira de energia. Deste montante, 81% são oriundos de combustíveis fósseis, responsáveis por emissões de CO₂ da ordem de 31 bilhões de toneladas, 65% das emissões globais mundiais [ANEEL, 2012].

Dados obtidos do *Release - International Energy Outlook, 2011*, referem-se ao consumo mundial de energia, que aumenta em 53%, de 505 quatrilhões de Btus, em 2008 - 770 quatrilhões de Btus, em 2035, conforme detalhado na Figura 2.1.



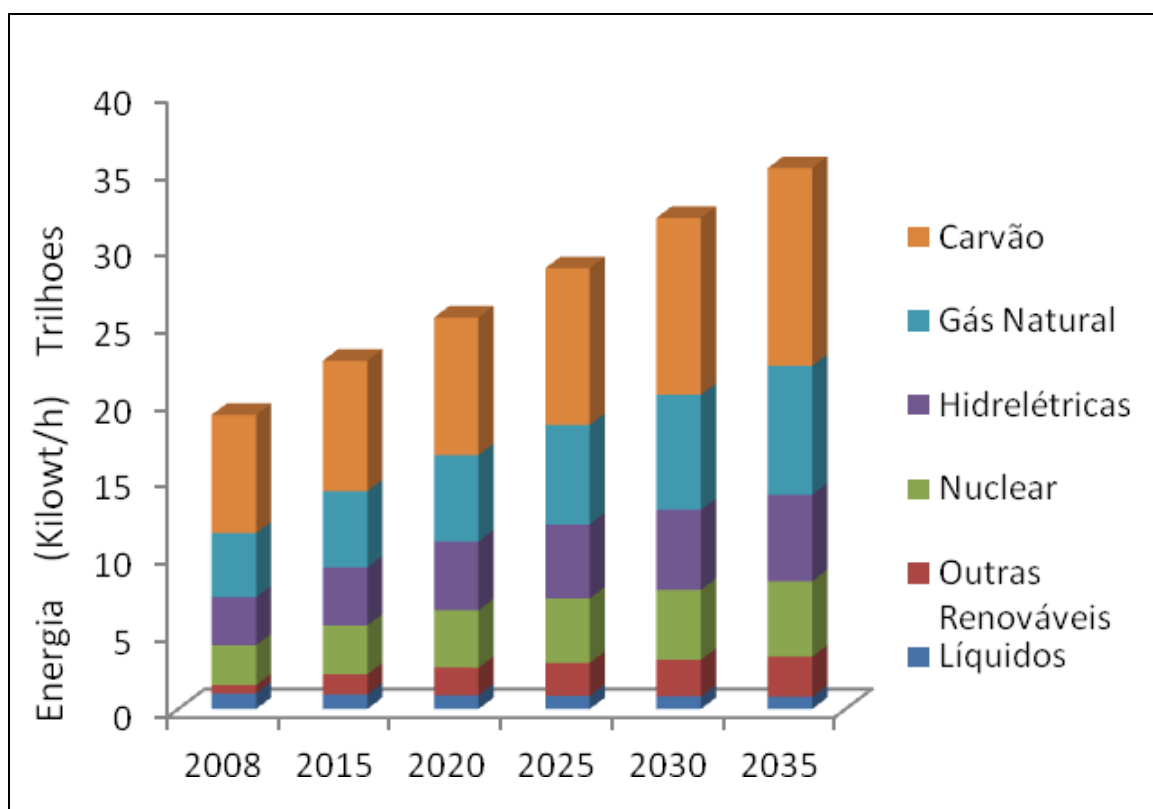
Fonte: -- Release 2011- *International Energy Outlook 2011*, (Modificado).

Figura 2.1 - *Consumo mundial de energia (quatrilhões Btus)*

O crescimento do consumo de energia ocorre em países fora da Organização para a

Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE não - nações), onde a demanda é impulsionada pelo forte crescimento econômico de longo prazo. O consumo de energia em países não membros da OCDE aumenta em 85% , em comparação com um aumento de 18 % para as economias da OCDE [IEO, 2011].

Em várias partes do mundo as preocupações sobre a segurança do abastecimento de energia e as consequências ambientais de gases de efeito estufa e emissões têm estimulado políticas governamentais que apoiam um aumento projetado em fontes de energia renováveis [IEO, 2011]. Como resultado, as fontes renováveis são as mais rápidas de crescimento de geração de energia elétrica , conforme demonstrado na Figura 2.2 , com uma perspectiva de crescimento em 3,1% por ano, de 2008-2035, seguidas do gás natural, com aumento de 2,6 % , por ano.



Fonte: ,Internacional Energy Outlook - Release setembro 2011, (modificado).

Figura 2.2 - Geração mundial de eletricidade (Kilowt/hora trilhão).

As centrais hidrelétricas e as eólicas são as duas maiores contribuintes para o aumento na geração de eletricidade renovável mundial, com a contabilidade hídrica para 55 % do aumento total e vento de 27 % . A utilização das duas fontes de energia renováveis nos

países da OCDE e não OCDE, regiões que se diferem radicalmente, particularmente aquelas na Europa, se destacam em políticas de governo (incluindo tarifas, incentivos fiscais, e de quota de mercado) que incentivam a construção de parques eólicos e outras fontes alternativas, para instalações de energia elétrica renovável.

A geração de eletricidade a partir de aumento de energia nuclear, em todo o mundo, é de $2,6.10^{12}$ KWh, em 2008, para $4.9.10^{12}$ KWh (*kilowatthours*), em 2035, no caso de referência [IEO, 2011].

2.3 Consumo de Energia no Brasil

Segundo Shayani, 2006, apesar de a maior parte da eletricidade brasileira, cerca de 82%, ser gerada a partir de hidrelétricas, nos últimos anos ocorreu uma intensificação das usinas a gás natural e óleo, aumentando a quantidade de emissões de gás nocivo na atmosfera, afastando-se, assim, dos princípios estabelecidos através do Protocolo de Quioto, ocorrendo uma redução das iniciativas de construção de imensas barragens, as quais alagam grandes áreas verdes, em favorecimento do estímulo às pequenas centrais hidrelétricas, cujo impacto ambiental é reduzido.

No que concerne à energia elétrica, o Brasil apresenta, neste início da década 2010/2020, uma matriz de oferta com alta presença de fontes renováveis, acima de 85%, o que contrasta com a média mundial, de apenas 19%. A maior parcela da energia elétrica gerada no Brasil tem procedência de empreendimentos hidrelétricos, que respondem por cerca de 70% da capacidade instalada do País, com mais de mil usinas em operação, nesta década [VENTURA, 2012].

2.3.1 Fontes energéticas

Com base nas informações do Balanço Energético Nacional [BEN,2011] ano base de 2010, foram apresentados os principais indicadores e análises sobre os destaques de energia, em 2010, e comparações com o ano anterior, para as principais fontes energéticas: petróleo, gás natural, energia elétrica, carvão mineral, energia eólica, biodiesel e produtos da cana, conforme descrito abaixo:

- a) **Energia eólica** - A produção de eletricidade a partir da fonte eólica alcançou 2.176,6 GWh, em 2010, representando um aumento em relação ao ano anterior

(75,8%), quando alcançou 1.238,0 GWh;

- b) **Biodiesel** - Em 2010, o montante de B100 (biodiesel puro) produzido no país atingiu 2.397.272 m³ contra 1.608.053m³ do ano anterior, provocando um aumento de 49,1% no biodiesel disponibilizado no mercado interno;
- c) **Cana-de-açúcar** - Em 2010, houve aumento de 11,6% na produção nacional de açúcar, com um total de 37,7 milhões de toneladas, além de um acréscimo de 7,1% na produção de etanol, produzindo-se o montante de 27.962.558 m³ ;
- d) **Petróleo e derivados** - A produção de petróleo e óleo de xisto subiu 5,4% em 2010, atingindo a marca recorde de 2,18 milhões de barris diários de petróleo produzidos no mês de dezembro;
- e) **Gás natural** - Em 2010, o consumo médio de gás natural no setor elétrico atingiu 22,1 milhões m³/dia, significativamente maior que o patamar de 8,0 milhões m³/dia, registrado em 2009;
- f) **Carvão vapor e carvão metalúrgico** - O carvão para geração de eletricidade, em 2010, cresceu 28,3% em relação ao ano anterior.

2.3.2 - Energia elétrica

A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 509,2 TWh em 2010, resultado 10% superior ao de 2009 [BEN, 2011].

Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte – 2010:

- a) Nuclear - 2,7%;
- b) Derivados do petróleo - 3,6%;
- c) Carvão e derivados- 1,3%;
- d) Hidráulica - 74,0%;
- e) Gás natural, inclui o gás de coqueira - 6,8%;
- f) Eólica - 0,4%;
- g) Biomassa, inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações - 4,7%;
- h) Importação - 6,5%.

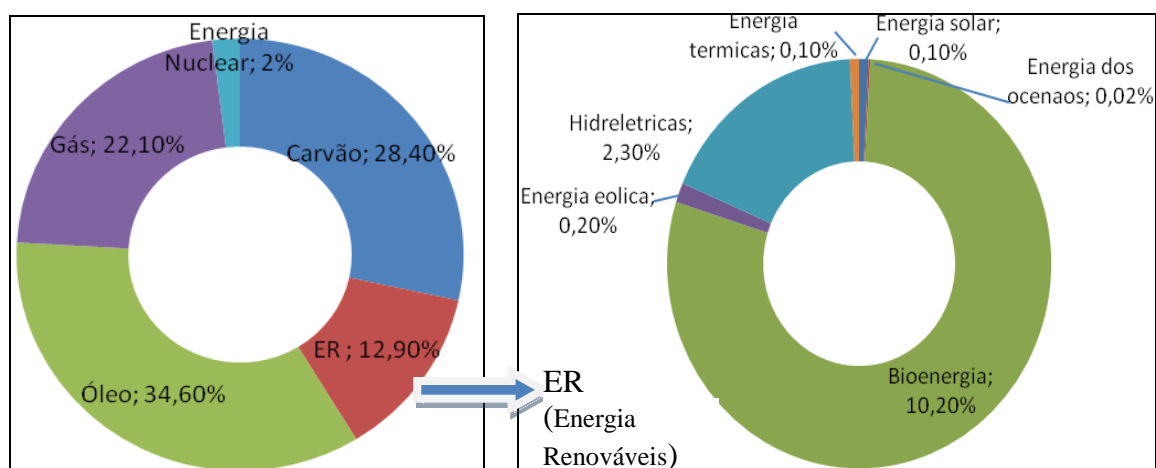
Atualmente, fontes de energia convencionais constituem quase 80% do consumo de energia global. Além disso, as usinas nucleares são atualmente disponíveis apenas em

gerações de energia em grande escala. Portanto, para cozinhar, aquecer e ser utilizada em aplicações de pequena escala, a energia renovável é a melhor escolha, sendo a fonte de energia que a humanidade pode continuar sua sobrevivência na Terra, sem depender de combustíveis fósseis [MEKHILEF, 2011].

Fontes de energia renováveis como a solar, eólica, biomassa, hidrelétricas e energia das marés são promissoras alternativas livres CO₂ [MEKHILEF, 2011]. Apesar do conhecimento geral das vantagens das energias renováveis e sua utilização, esta fonte de energia contribuiu, apenas, com cerca de 1,5% da demanda mundial de energia, em 2006. A tendência é estimada a subir até 1,8% , em 2030.

As fontes de energia tradicionais devem ser futuramente transferidas para fontes renováveis e novas tecnologias a serem desenvolvidas e aplicadas nas indústrias. Entre todas as fontes de energia renováveis, a energia solar atraiu mais atenções, como uma grande opção promissora para ser aplicada nas indústrias. A energia solar é abundante, livre e limpa, que não faz qualquer ruído ou qualquer tipo de poluição ao meio ambiente. Até agora, muitas tentativas foram feitas para extrair a energia solar por meio de coletores solares, painel solar e espelhos gigantes para utilizá-los para fins industriais. As aplicações da energia solar na indústria estão divididas em duas categorias principais: a energia térmica solar e os fotovoltaicos [MEKHILEF, 2011].

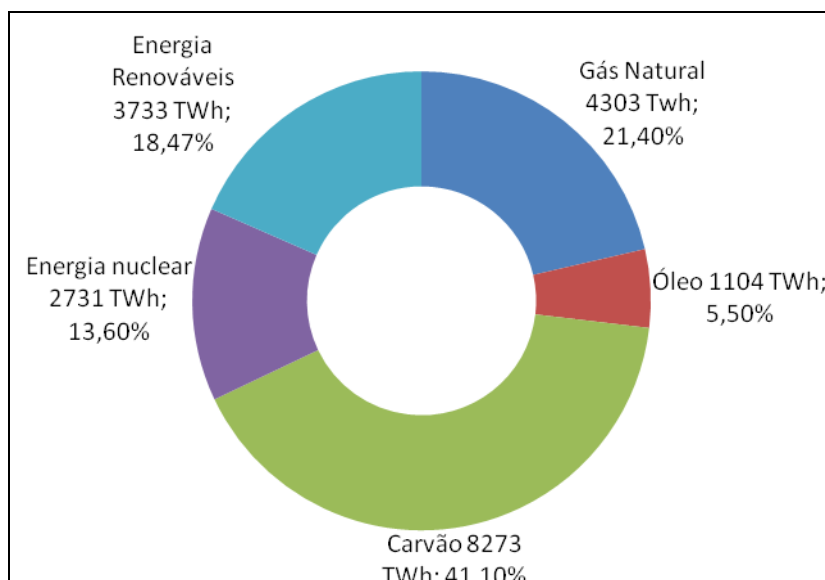
Conforme o relatório *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate* [IPCC, 2011], demonstrado na Figura 2.3, estima-se que a Energia Renovável (ER) representou 12,9% do total de 492 EJ, diante da oferta de energia primária, em 2008 [IEA, 2010]. E o maior contribuinte foi o de biomassa (10,2%), com a maioria, ou seja, 60% do combustível de biomassa , utilizada na culinária tradicional e aplicações de aquecimento, em países em desenvolvimento. As Hidrelétricas representaram 2,3%, enquanto que outras fontes de energia representaram 0,4%.



Fonte: IPCC, Relatório Special Report on Renewable Energy Sources and Climate, 2011, (modificado).

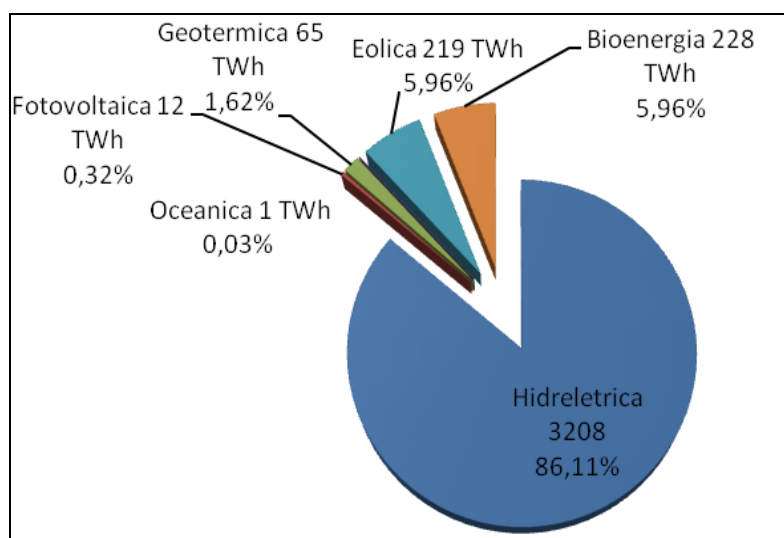
Figura 2.3 – Ofertas de fontes de energia renováveis mundial, em 2008.

As energias renováveis contribuíram para a geração de eletricidade, em 2008, conforme demonstra a Figura 2.4, com aproximadamente 19% do fornecimento de eletricidade global, sendo em torno de 16% com hidrelétricas e 3% com outras ER, conforme demonstra a Figura 2.5, comparado ao nível de produção mundial, a qual foi de de 20.181 TWh [IEA, 2010], registra [SRREN,2011].



Fonte: IPCC, Relatório Special Report on Renewable Energy Sources and Climate, 2011, (modificado).

Figura 2.4 - Produção energia elétrica, em 2008.



Fonte: IPCC, *Relatório Special Report on Renewable Energy Sources and Climate, 2011*, (modificado).

Figura 2.5 - Produção de energia elétrica ER(Energia Renovável), em 2008.

2.4 Potencial Energético de Mato Grosso

Até a década passada, a maioria dos moradores do interior do Estado de Mato Grosso obtinha energia elétrica vinda de motores movidos a diesel, e no máximo, até as 22h. Depois desse horário, era necessário o uso de lampiões e velas.

Mato Grosso é o segundo estado brasileiro em maior potencial hidrelétrico. Possui a capacidade de gerar 2.493 MWh, mas, em média, produz em torno de 1800 MWh. O Estado conta com:

1. 9 Hidrelétricas 62,37% da energia;
2. 61 PCHs que produzem 37% da energia;
3. 8 Termoelétricas que atualmente geram apenas 0,1%.

O Potencial instalado do Estado suporta a demanda interna e é capaz de exportar no período chuvoso, e no período da seca suporta a demanda interna. Atualmente, ainda o Estado possui distritos e algumas cidades que necessitam de usinas com motores gerados a óleo, exemplo da cidade de Comodoro, localizada a mais de 650 km da capital, onde, ainda, 30% do seu consumo de energia depende desta usina. Este tipo de usina com um litro de óleo diesel queimado libera 2,60kg de gás carbônico na atmosfera. O óleo pode emitir mais de 40 substâncias tóxicas que podem causar danos à saúde, como o câncer e doenças respiratórias. Somente em Comodoro, a usina de Óleo diesel consome 5000 litros

de combustível por dia, equivalente a 13 toneladas de gás na atmosfera, por dia [MAGRI, 2011].

2.4.1 Consumo do Estado

Atualmente, o Estado consome e exporta energia. Seu potencial está no uso da água. Um exemplo, é na usina de Manso, que fica localizada em Chapada dos Guimarães, a 65 quilômetros da capital, Cuiabá. A usina produz energia elétrica suficiente para atender 900 mil pessoas [MAGRI, 2011].

2.4.2 Empresas de Mato Grosso investem na geração própria de energia

O investimento em energia contribuiu para o avanço da economia em Mato Grosso, atraindo indústrias e comércio em todo o Estado. A segurança energética atraiu empresas para o Estado e proporcionou a geração de empregos, mas o custo da energia ainda pesa no bolso do empresário. Uma das saídas encontradas foi investir na produção própria de energia.

Há 12 anos, Mato Grosso tinha 6.887 indústrias e pouco mais de 56 mil comércios atendidos pela rede de energia, de acordo com dados da concessionária do Estado. Empresas queriam se instalar na região, mas a falta de energia era uma barreira. Com o investimento no setor energético, em geração e em distribuição, os números mudaram. Em 2011, o número de consumidores da indústria aumentou 158%, passando para 17.891. No comércio, o aumento foi de 33%, com 82.731 unidades.

Agora, o foco dos novos investimentos está na bacia do Rio Teles Pires. O plano é construir cinco usinas nos próximos anos, que vão somar 3.500 MW de potência instalada. É suficiente para abastecer 9 milhões de pessoas, o equivalente a três vezes a população de Mato Grosso [ECOREDE, 2011].

2.5 Eficiência Energética

2.5.1 O que é eficiência energética

Conforme definição de ABEE, 2011, eficiência energética é quando ocorre redução na energia consumida para realização de um dado serviço ou quando há aumento ou melhoria dos serviços para uma mesma quantidade de energia gasta, constando:

- a) Qualidade ou propriedade de ser eficiente;
- b) Grau no qual essa qualidade é exercida;
- c) Razão entre saída efetiva (ou útil) e a entrada total de qualquer sistema;
- d) Razão entre a energia liberada por uma máquina e a energia fornecida para sua operação.

2.5.2 Desperdício de energia

Um quarto de toda energia elétrica do país é gasta em residências. O chuveiro é um dos maiores responsáveis pela alta do preço da conta no fim do mês. Tomar banhos curtos, apagar luzes ao sair dos aposentos, não deixar eletrodomésticos ligados, nem abrir a porta da geladeira sem necessidade, são formas fáceis de economizar energia. Ao comprar um novo eletrodoméstico, deve-se adquirir os que gastam menos. Alguns já possuem o selo Procel, indicando quanto consomem. Assim, paga-se menos no final do mês, sem abrir mão do conforto moderno. O programa *Combate ao Desperdício de Energia Elétrica* (PROCEL) foi criado para reduzir o gasto desnecessário em todos os níveis: residências, escritórios e indústrias [AVANÇA BRASIL, 2011].

2.5.3 Plano Nacional de Eficiência Energética para o Período 2010-2030

O Plano Nacional de Eficiência Energética - PNEf 2010-2030 propõe ações como fortalecimento do marco regulatório e reforço de políticas de incentivos e captação de recursos, apontando diretrizes para o país aproveitar melhor as vantagens da “usina virtual de energia”⁴.

Os resultados dos programas de eficiência energética que o país começou a adotar há mais de duas décadas demonstram que foi tomada a decisão correta. Ao longo destes últimos anos, além da economia de energia conseguida, os ganhos vieram, via evolução da legislação, geração de conhecimento acumulado, capacitação profissional e estruturação de uma rede de laboratórios de pesquisa. Com o Plano Nacional de Eficiência Energética PNEf-2010/2030, divulgado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), no dia 19 de outubro de 2011, busca-se consolidar e ampliar o conjunto de iniciativas, ações e

⁴ Usina Virtual de Energia é aquela que deveria ser construída para fornecer a mesma quantidade de energia que foi economizada, e que, graças à economia, pode ser adiada reduzindo os gastos e o impacto ambiental.

estratégias existentes com objetivo de todos os setores da economia aproveitarem o potencial de eficiência energética existente.

A meta do PNEf é, num período de 10 anos, atingir uma economia acumulada de energia elétrica de 106.623 GWh, valor que corresponde a 10,37% do consumo base (1.027.896 GWh). Segundo o plano, tal resultado virá com a redução de 5% da demanda advinda de progresso autônomo, por iniciativa do mercado; e outros 5% por progresso induzido, estimulado por políticas públicas. O referido documento orienta as ações a serem implementadas para atingir as metas de economia de energia no contexto do Planejamento Energético Nacional [PNE 2030].

O grande norte que o PNEf aponta é a necessidade de garantir a sustentabilidade da eficiência energética, pois esta “usina virtual de energia” pode trazer ganhos e bons negócios para o mercado.

”Para promover o progresso induzido, o PNEf deve identificar os instrumentos de ação e de captação de recursos, de promoção do aperfeiçoamento do marco legal e regulatória afeto ao assunto, de forma a possibilitar um mercado sustentável de EE e mobilizar a sociedade brasileira no combate ao desperdício de energia, preservando os recursos naturais”.

O documento propõe um conjunto de ações e medidas para os setores da indústria e de micro, pequenas e médias empresas, transportes, educação, o Programa Brasileiro de Etiquetagem, edificações, prédios públicos, iluminação pública, saneamento, aquecimento solar de água, pesquisa e desenvolvimento (P&D), Medição e Verificação (M&V), parcerias internacionais e financiamento de iniciativas.

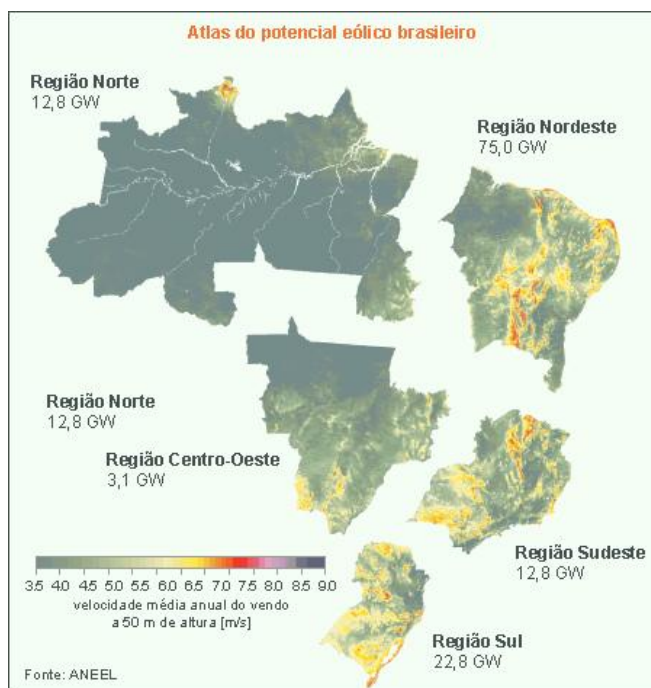
O aperfeiçoamento da metodologia de projeção do potencial de conservação e inserção nos modelos de planejamento e a legislação receberam atenção especial. No primeiro caso, propõe-se, por exemplo, a criação de um comitê gestor do PNEf, conduzido pelo MME, que ficará responsável pela gestão, acompanhamento e publicação de informações e resultados do programa; com a criação de um banco de dados e informação como índices de consumo específico; linha de base de desempenho energético de processos e tecnologias de uso final; estudos de medição e verificação das reduções de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Na área de legislação, que busca o fortalecimento do marco legal para garantir a sustentabilidade da eficiência energética, as propostas voltam-se, por exemplo, para assegurar fontes perenes e estáveis para o fomento às ações de eficiência energética; analisar alternativas de novos estímulos aos investimentos em eficiência energética, mediante estudos de aperfeiçoamento da regulação; estudar medidas para abranger segmentos ainda não cobertos e carentes de ações de eficiência energética; estudar a pertinência dos leilões de eficiência energética; e elaborar e implantar a regulamentação de incentivos fiscais e tributários para equipamentos energeticamente eficientes.

2.6 Potencial Eólico no Brasil

A energia eólica provém da radiação solar uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. Uma estimativa da energia total disponível dos ventos ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que, aproximadamente, 2% absorvida pela Terra é convertida em energia cinética dos ventos. Este percentual, embora pareça pequeno, representa centena de vezes a potência anual instalada nas centrais elétricas do mundo [DUDRA, 2011].

No Brasil, a principal fonte de energia são as hidrelétricas, apesar do elevado potencial gerado pelos ventos das regiões litorâneas, conforme demonstra o potencial eólico no Brasil Figura 2.6.



Fonte: Atlas potencial eólico do Brasil.

Figura 2.6 - Potencial eólico do Brasil.

2.6.1 Tipos de aerogeradores para geração de energia elétrica

- a) *Rotores de Eixo Vertical* - Os principais tipos de rotores de eixo vertical são Darrieus⁵, Savonius⁶ e turbinas com torre de vórtices geração de energia, modelo demonstrado Figura 2.7 e modelo Figura 2.8.



Fonte: SANDIA, 2006 (apud Montezano 2007).

Figura 2.7 - Aerogerador experimental de eixo vertical Darrieus.



Fonte: <http://netzeroguide.com/savonius-wind-turbine.html>, acessado em 20/01/2013.

Figura 2.8 - Aerogerador de eixo vertical Savonius.

- b) *Rotores de Eixo Horizontal* - Tais rotores podem ser constituídos de uma pá e contrapeso, duas pás, três pás ou múltiplas pás (multivane fans⁷), Figura 2.9:

⁵ O rotor do tipo Darrieus é constituído por 2 ou 3 pás, funciona através de força de sustentação, tendo assim uma eficiência melhor que a do rotor Savonius, podendo chegar a 40%¹ em ventos fortes.

⁶ O rotor do tipo Savonius é um dos mais simples, é movido principalmente pela força de arrasto do ar, sua maior eficiência se dá em ventos fracos e pode chegar a 20%

⁷ Múltiplas pás.



Fonte: DUTRA, 2001 (apud Montezano 2007).

Figura 2.9 - *Aerogerador de eixo horizontal.*

2.7 - Sistemas de Exaustão e Ventilação Industrial

O homem vem perseguindo três objetivos básicos: Melhorar a qualidade de seus produtos/serviços; Aumentar a produtividade de seus processos; Reduzir os custos dos produtos/serviços. Tornam-se exigentes quanto à qualidade de vida e respeito aos seus direitos, principalmente aonde passam maior quantidade de horas da vida, não desvinculando as exigências de conforto térmico e de qualidade do ar.

A qualidade do ar que respiramos nos ambientes passou a ser manchete no Brasil [MARTIS, 2007] após a morte do ministro Sérgio Mota, decorrente de complicações respiratórias, cuja causa suspeitou-se ser a má conservação de um sistema de ar condicionado com o qual o ministro convivia.

Conforme relata Martins R (2007), outros fatos conhecidos e publicamente notórios ocorreram nos EUA: morte de 29 pessoas em um hotel da Filadélfia devido a um surto de pneumonia, e caso similar em um hotel no estado de Michigan, identificando-se como causa de uma bactéria, que pode se desenvolver em sistemas de ar condicionado quando não são observados os cuidados mínimos de manutenção e limpeza.

Uma das principais doenças causadas por falta de manutenção do ar, a Legionelose, *Legionaires Disease*, em inglês, é transmitida pela bactéria *Legionella Pneumophila* identificada, em 1976, na Filadélfia, nos EUA, durante uma convenção de Legionários, em que 221 pessoas contraíram a doença e 34 morreram. A bactéria estava nos reservatórios do ar condicionado. No pulmão das pessoas encontraram as condições perfeitas para proliferarem e causarem infecção em determinados casos. Infectologistas atestam que no

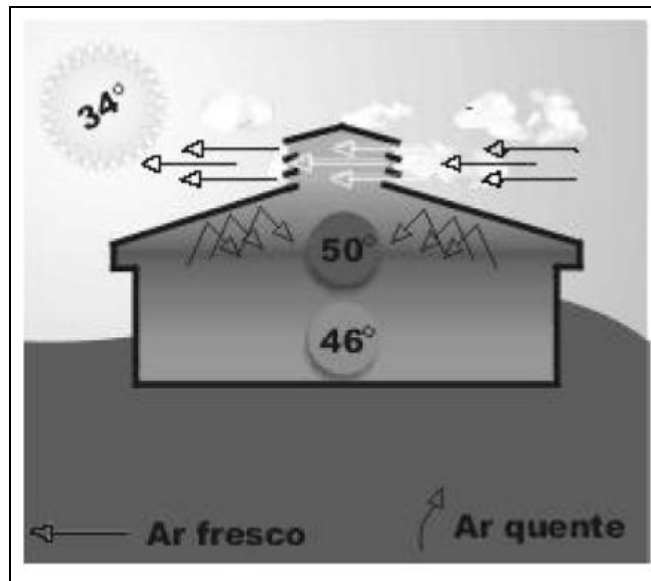
Brasil a *Legionella* é mais disseminada do que se supunha há alguns anos, principalmente nos grandes centros urbanos. Estes ambientes são chamados "edifícios doentes", onde essas bactérias se concentram.

A *Legionella*, juntamente com fungos, é apenas um dos microorganismos que habitam sistemas de ar condicionado sem manutenção. Muitas cidades do Brasil têm condições climáticas consideradas muito favoráveis para a criação de microorganismo devido a umidade relativa do ar elevada e temperatura alta.

A ventilação é um dos métodos disponíveis para controle de um ambiente ocupacional. Um ventilador pode insuflar ar num ambiente, tomando ar externo, ou exaurir ar desse mesmo ambiente para o exterior.

2.7.1 Ventilação natural

Conforme relata [BRASIL, 2004], os principais sistemas propostos pela engenharia para combater problemas com o calor e remover o ar são SHED, *lanternin*, exaustores estáticos e exaustores eólicos. O bom funcionamento dos *Sheds* e *Lanternis* depende do sentido do vento favorável. Nos dias de chuvas ou ventos fortes ocorrem a entrada de folhas, papéis, gravetos, poeiras e água, pois o seu objetivo inicial é jogar o vento para dentro do barracão produzindo assim a exaustão. Quando a corrente de ar é favorável, no caso dos *lanternis*, a maior parte do vento passa direto pela abertura impedindo que o ar quente continue sua ascensão natural, e é pouco vento que consegue entrar, apenas empurra o ar quente para baixo agravando o problema, conforme demonstra a Figura 2.10. Com o *shed*, além dos problema acima citado, com apenas uma das aberturas é capaz e receber o vento, os outro sistemas recebe em quantidade muito pequena.



Fonte: Brasil, Rene, P C- Utilização de exaustor eólico no controle de temperatura e ventilação de ambiente protegido, Piracicaba 2004.

Figura 2.10- Passagens e ar fresco pelo lanternim .

Os exaustores estáticos por não possuírem movimentos, não são capazes de provocar o vácuo necessário para a exaustão efetiva do ar quente, apenas aproveitam sua tendência natural de subir constituindo, assim, saída para o ar, mas em vazões insatisfatórias. Alguns são providos de hélices muito leve que giram pela força de ascensão do ar quente diminuindo ainda mais a abertura por onde a corrente passaria, alerta [BRASIL,2004].

O exaustor Eólico é um tipo de exaustor giratório acionado pela força do vento, com o propósito de renovar o ar do ambiente onde estiver instalado Figura 2.11. O vento que incide sobre as palhetas do exaustor, promove o giro do aparelho diminuindo a pressão no seu interior, facilitando o escoamento da massa de ar quente contida no ambiente, para seu meio exterior. Na ausência do vento, o equipamento funcionará apenas pelo diferencial térmico natural. A vazão do exaustor eólico varia com a velocidade do vento, e com ventos em torno de 10 km/hora, pode obter uma vazão de aproximadamente 4000 m³ hora.

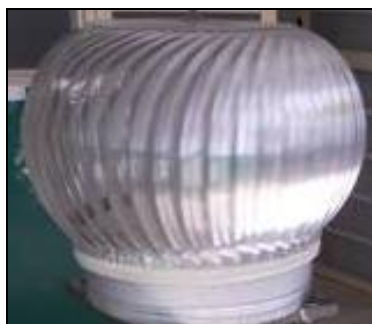


Figura 2.11- *Exaustor eólico.*

a) Cálculo de número de exaustor por ambiente -

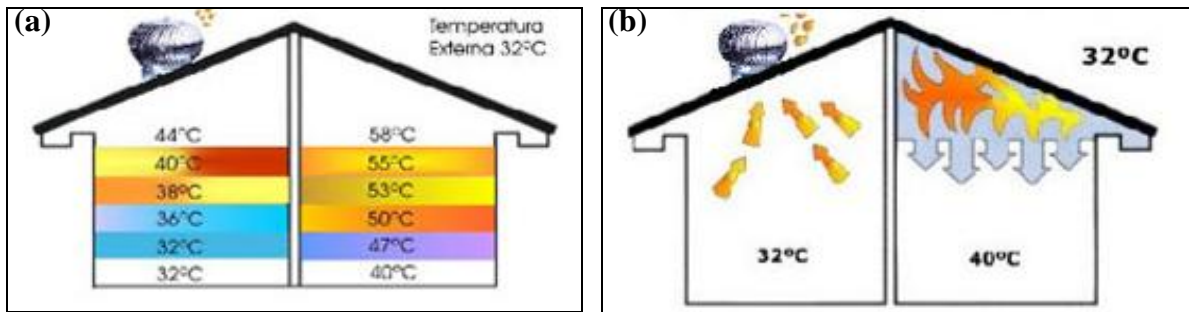
Para calcular o número de exaustor para cada ambiente deve-se calcular multiplicando o comprimento, a largura, a altura e o nº de trocas de ar/hora, Tabela 2.1, e na sequência dividindo o resultado por 4.000, NB 10.

Tabela 2.1 - Ambiente e número de troca de ar por horas.

AMBIENTE	Nº DE TROCAS DE AR/HORA
Armazém - Depósito - Salas de aula	6 a 12
Fábrica de papel	20 a 40
Fundição, Salas de fornos.	20 a 60
Auditórios, Igrejas, lojas	8 a 15
Sala de Caldeiras, Compressores	20 a 30
Fábrica	10 a 20
Danceterias – Lavanderias	15 a 30
Oficinas Mecânicas	10 a 15
Banheiros / Vestiário	10 a 20
Gráficas	8 a 20
Restaurantes – Garagens	10 a 20
Silos	20 a 30

Fonte: VENTISILVA, Cálculo da Taxa de Renovação do Ar, <http://www.exaustoresventisilva.com.br/calculo-da-taxa-de-renovacao-de-ar>, acessado em 10 março 2012.

O ambiente de uma edificação saudável e produtivo, como de uma fábrica, armazém, escola, cozinha industrial e outros locais onde a atividade humana se vê prejudicada devido a falta de uma ventilação saudável, observa-se a comparação entre Figura 2.12 (A) e Figura 2.12 (B) , a diferença de temperatura que o exaustor eólico pode proporcionar através de ventilação adequada, do equilíbrio térmico, da sensação de conforto e de melhores condições ambientais que a produtividade pode ser facilmente alcançada. Os Exaustores eólicos dissipam o calor produzido pela energia radiante eliminando a diferença entre as temperaturas interna e externa [VENTCENTER, 2012]

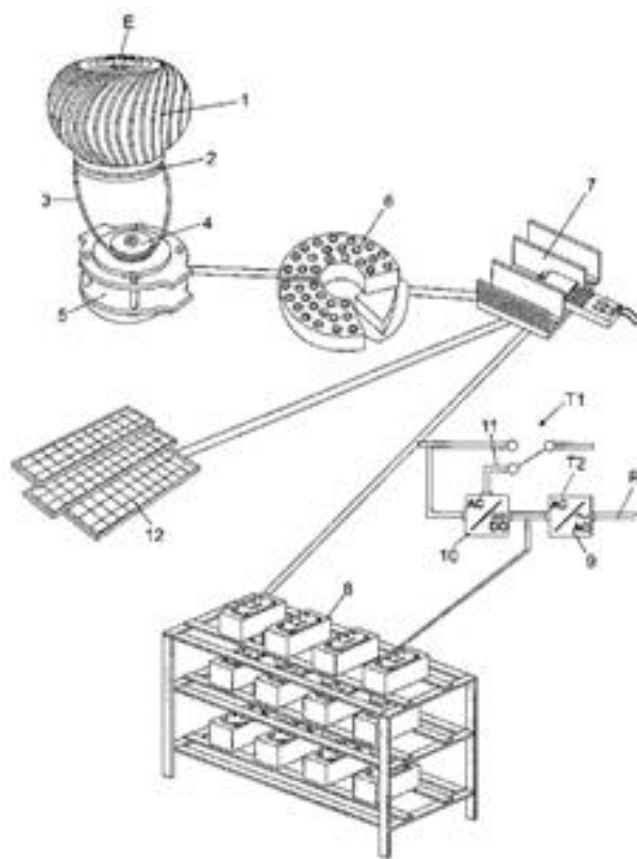


Fonte: VENTCENTER - <http://www.ventcenter.com.br/exaustor-eolico.php>, acessado em 10 março 2012.

Figura 2.12 - (A) Diferença temperatura ao longo da altura do ambiente interno; (B) Diferença temperatura no uso do exaustor.

2.8 – Geração de energia através do exaustor eólico

Em 2009, os alunos da universidade UNIP, campus Bauru, do curso de Mecatrônica, receberam a menção honrosa no Segundo Prêmio Varejo Sustentável, promovido pela *Wal Mart* Brasil, por ter desenvolvido um exaustor eólico com gerador de energia elétrica acoplado, cuja disposição construtiva possibilita gerar energia utilizando o giro proveniente da força do vento ou a convecção da massa de ar quente contida no ambiente, com polia dentada acoplada, conforme patente PI0900497-1 A2, 2009, demonstrado na Figura 2.13.



Fonte: Patente, PI0900497-1 A2, 2009, Autores Diego L. Donini, Henrique R. Serizawa e Hertony C. Teixeira.

Figura 2.13- *Protótipo Exaustor eólico com gerador de energia acoplado.*

No programa Mostra 2011, do SESI/SENAI, na categoria inovação de Processo, o Projeto Exaustor Eólico/ geração de energia, desenvolvido pela equipe Apucarana, foi o vencedor. Este protótipo tem a função primária do exaustor que é eliminar a má circulação do ar dentro de um ambiente. A equipe de alunos, com a orientação do professor, aprimoraram o exaustor, transformando o equipamento, incluindo um eixo, ligado a uma polia, que por sua vez, é interligada através de uma correia, a um motor de corrente contínua. Quando o exaustor eólico gira, o mecanismo movimenta e gera energia elétrica para o motor, segundo Agencia FIPE, 2011.

2.9 Potencial Fotovoltaico

2.9.1 Benefícios da energia fotovoltaica no Brasil

Os sistemas fotovoltaicos podem ser utilizados em centros urbanos, áreas já ocupadas, telhados de residências, coberturas de estacionamentos e coberturas de edifícios, como unidades a serem conectadas à rede em edificações, atuando em sinergia com o sistema de distribuição, minimizando a carga, como aquela gerada por equipamentos de ar condicionado em centros comerciais, de geração distribuída [ABINEE, 2012].

2.9.2 - Baixo impacto ambiental

Este processo de sistema fotovoltaico visa a não produzir emissão de gás efeito estufa na produção de energia com estes sistemas (100% emissões livre). Tecnologias de reciclagem para reuso das células de silício (perdas no processo produtivo das células ou emprego após fim da vida útil dos módulos) ainda não estão disponíveis em larga escala. Estratégias de reuso de materiais dos módulos têm sido perseguidas em alguns países, entre as quais o aproveitamento do silício, vidro, película de EVA⁸ e alumínio dos módulos [ABINEE,2012]. Os impactos visuais negativos vêm sendo contornados e em alguns casos transformados em aspectos positivos através da integração das instalações com as edificações *Building Integrated Photovoltaics - BIPV*.

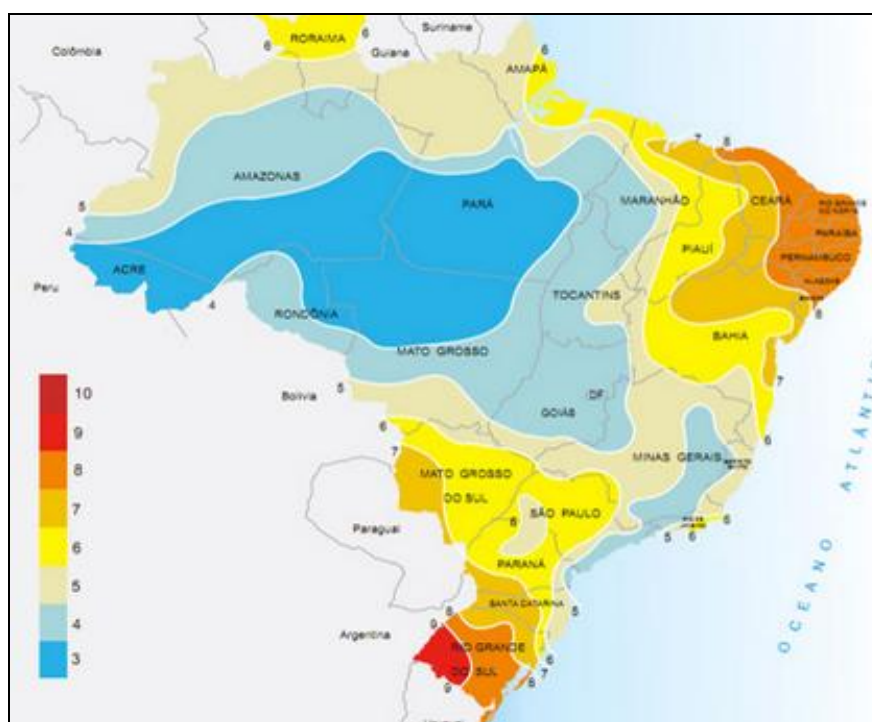
2.9.3 A Viabilidade do projeto de sistema fotovoltaico

Dependerá principalmente de 3 fatores: incidência de luz, orientação do telhado e ângulo e a ausência de sombras sobre o sistema fotovoltaico [ABINEE,2012].

2.9.4 A luz solar no Brasil

O desempenho do gerador fotovoltaico varia dependendo da região, pois há variações na incidência de luz solar entre regiões, conforme demonstra o mapa abaixo, em diversas regiões do Brasil [EBES, 2012], Figura 2.14.

⁸ Película de etileno acetato de vinilo.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil, 2011).

Figura 2.14 - Imagem do Atlas Solarimétrico do Brasil (Isolação diária, média anual).

2.10 Desenvolvimento Sustentável

As questões ambientais atualmente vêm se tornando foco de muitas ações, devido à necessidade de urbanização rápida e diante da escassez de recursos naturais, e assim o desenvolvimento sustentável está ganhando cada vez mais destaque mundialmente. No entanto, o conceito de sustentabilidade passou a ganhar forças a partir da última década, fazendo parte de várias pautas de diversos setores, sendo um deles o da construção civil tornando-se, assim, uma tendência mundial com as edificações sustentáveis.

As discussões em torno de estratégias necessárias para garantir desafios interrelacionados de desenvolvimento social, econômico e ambiental, tiveram origem na fusão do movimento ambiental e do desenvolvimento internacional pós Segunda Guerra Mundial. A partir do ano 1962, iniciou-se o entendimento das relações próximas entre meio ambiente e o desenvolvimento com a publicação do “Silent Spring” (Primavera Silenciosa), resultado de pesquisas sobre toxicologia, ecologia e epidemiologia, que desmistificou a suposição que o ambiente tem infinita capacidade de absorver poluentes [CARSON, 1962].

A maior contribuição desta publicação foi a conscientização pública de que a natureza é

vulnerável à intervenção humana

Na década de 1980, foi apresentado pela primeira vez o conceito de Desenvolvimento Sustentável no Relatório *Brundtland*, elaborado pela Comissão Mundial sobre meio Ambiente e Desenvolvimento [CMMAD, 1980].

“O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.”

Ignacy Sachs [SACHS, 1993] conforme demonstra a Figura 2.14, onde formularam as cinco dimensões para o planejamento da sustentabilidade:

- a) Social - atender às necessidades básicas;
- b) Econômica - alocação e gerenciamento mais eficiente dos recursos e de um fluxo constante de investimentos públicos e privados;
- c) Ecológica - utilizar o potencial de recursos com menor agressão ao meio ambiente;
- d) Espacial - configuração rural-urbana mais equilibrada e uma melhor distribuição territorial;
- e) Cultural - conjunto de soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e a área..

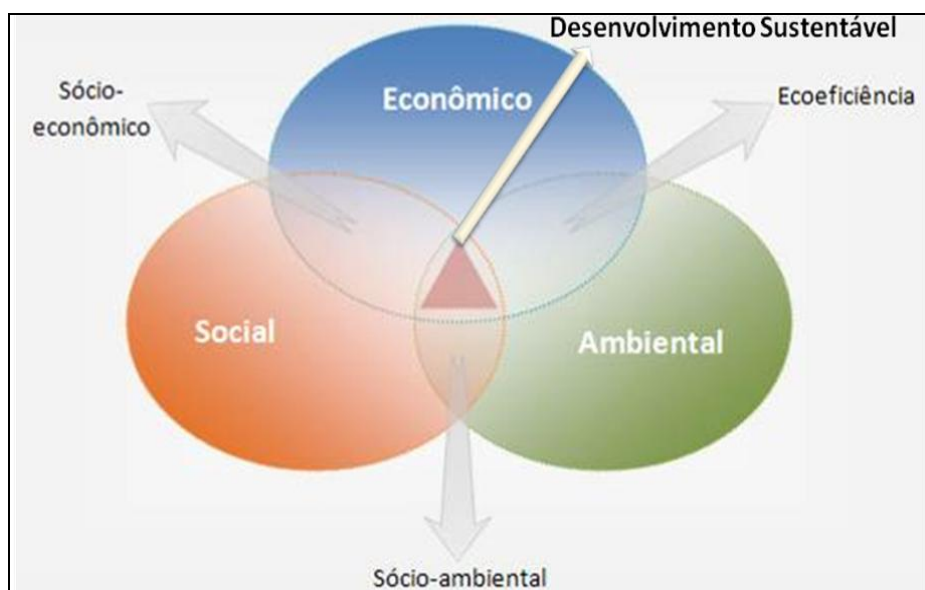


Fonte SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Brasiliense, 1993.

Figura 2.15 - *Princípios Saches.*

Com base nestes tópicos Sachs, 1993 e Bastos [apud BASTOS, 2006], recomendam que ao se planejar o desenvolvimento sustentável sejam utilizadas as cinco dimensões da sustentabilidade, que é o tripé da sustentabilidade Figura 2.16, e dão origem às sete ações seguintes:

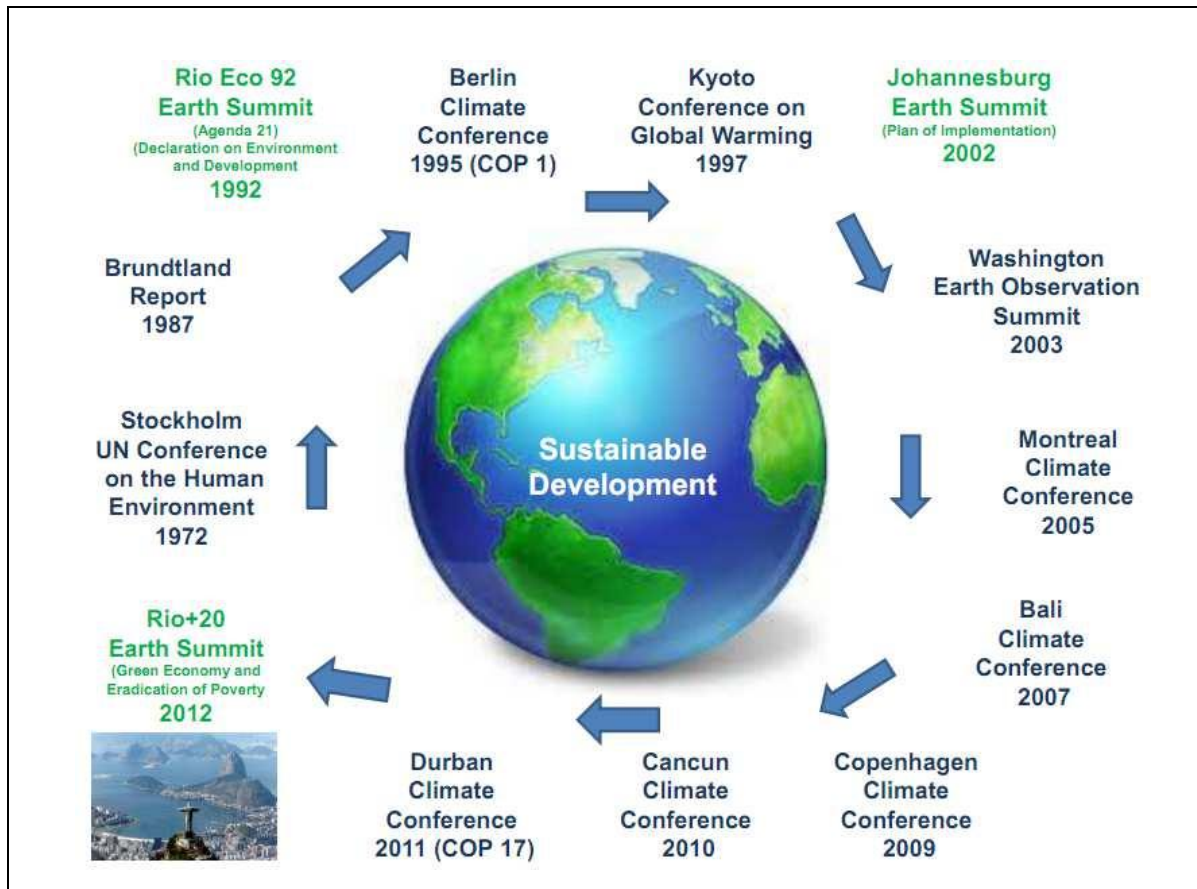
1. Desenvolvimento social - busca da maior igualdade social possível;
2. Desenvolvimento econômico - é possibilitada pela alocação eficiente de recursos e um fluxo regular de investimentos públicos e privados;
3. Desenvolvimento ambiental - foca a questão dos recursos naturais;
4. Justiça Social Ambiental - foca a questão da moradia e ao meio ambiente;
5. Inclusão Social - combatem a exclusão aos benefícios da vida em sociedade;
6. Ecoeficiência - fornecimento de bens e serviços sustentáveis;
7. Desenvolvimento Sustentável - respeita as especificidades dos ecossistemas, das culturas e dos diferentes locais.



Fonte: BASTOS, Alexandre Marucci. Gavião Peixoto, Sua História e as dimensões de sustentabilidade no seu desenvolvimento. Dissertação de Mestrado no PPG em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente - UNIARA. Araraquara, 2006 (Modificado).

Figura 2.16 - *Tripé da sustentabilidade – “Triple Bottom Line”.*

No decorrer de décadas a evolução do tema sustentabilidade se consolida no mundo em vários eventos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável, conforme detalha Coracini 2011, na Figura 2.17.



Fonte: CORACINI, Maria Clara. Green Building in the New Green Economy Building a Sustainable Future. Apresentação GBCB, 2011.

Figura 2.17 – *Ciclo de eventos desenvolvimento sustentável.*

2.11 Construções Sustentáveis

A construção civil possui potencial para implementar o desenvolvimento sustentável, pois em seu ciclo de vida gera resíduo, consome energia, materiais e produtos, emite gás carbônico na atmosfera, emprega, gera renda e impostos [LEITE, 2011].

Construir sustentavelmente significa reduzir o impacto ambiental, diminuir o retrabalho e desperdício, garantir a qualidade do produto com conforto para o usuário final, favorecer a redução do consumo de energia e água, contratação de mão de obra e uso de materiais produzidos formalmente. Reduzir, reciclar e reutilizar os materiais, mas com uma preocupação cada vez maior com as questões ambientais. A construção civil é uma das fontes geradoras que mais impactam no meio ambiente. No Brasil aproximadamente 40% da extração de recursos naturais têm como destino a indústria da construção e 50% dos resíduos sólidos urbanos vêm das construções e de demolições, conforme relata Bussoloti,

[2007].

2.11.1 Tipos de construções sustentáveis

a) Construções Bioclimáticas: consiste em pensar e projetar um edifício levando em consideração a situação climática e características ambientais do local em que se insere, utilizando apenas o *design* e os elementos arquitetônicos disponíveis, [ANA *et al* 2004].

b) Arquitetura Sustentável: [NUNES, 2008] considera qualquer forma de arquitetura que leva em consideração formas de prevenir o impacto ambiental que uma construção pode gerar, garantindo um aproveitamento racional dos recursos de origem natural necessários para iluminar e ventilar os ambientes, reduzindo os desperdícios.

c) Ecovilas: são comunidades urbanas ou rurais de pessoas que têm a intenção de integrar uma vida social harmônica a um estilo de vida sustentável [JORGE, 2008]

d) Construções Verdes – *Green Building*: quer dizer construção de edifícios sustentáveis, com os mínimos recursos naturais sendo consumidos, maior eficiência de energia utilizada, menos resíduos produzidos e com o mínimo de substâncias prejudiciais descarregadas na natureza [HAIYAN, 2011].

e) Edifícios Energia Zero [*Zero Energy Buildings*] ou ZEBs, na sigla em inglês, produz mais energia do que consomem ao longo de um ano. Segundo Kilbert, 2011, afirmou: “*Em um planeta em constante aquecimento, viver dentro do orçamento da energia produzida pela natureza será imperativo*”.

f) Casas Passivas: permitem conforto e qualidade do ar em seu interior e, ao mesmo tempo, uma redução substancial da energia primária em comparação com as necessidades de regulamentação em vigor, contribuindo com uma economia de mais de 50% do total de energia primária, ou seja, como por exemplo, no consumo para o aquecimento, água quente nos sanitários, ventilação e todos os aparelhos elétricos dentro do imóvel [FEIST, 2005].

2.12 Processo de Certificação em Construções Sustentáveis

A busca da sustentabilidade no campo da avaliação de edifícios tem sido marcada pela transformação estrutural e operacional dos requisitos dos métodos de avaliação [COLE,

2005].

Conforme observação [FOSSATI, 2008], os métodos para avaliação dos edifícios nos países desenvolvidos têm sua prioridade voltada para a avaliação ambiental, enquanto que os modelos dos países em desenvolvimento procuram avaliar a sustentabilidade dos edifícios. [Gibberd, 2002] afirma que a função que a indústria da construção precisa desempenhar para promover desenvolvimento sustentável depende do contexto em que está inserida.

Fossati [2008] descreve (em ordem cronológica de surgimento) seis metodologias internacionais para avaliação ambiental de edifícios :

a) *BREEAM. Building Research Establishment Environmental Assessment Method*; Reino Unido [BRE, 2006]: o primeiro sistema de avaliação ambiental de edifícios e que serviu de base para outros sistemas orientados ao mercado;

b) *GBTool. Green Building Tool*; consórcio internacional [IISBE, 2005]: primeiro sistema orientado à pesquisa e chamado de segunda geração de sistemas de avaliação de edifícios;

c) *LEED. Leadership in Energy and Environmental Design*; Estados Unidos [USGBC, 2006]: atualmente o método com maior potencial de crescimento, pelo investimento maciço que está sendo feito para sua difusão e aprimoramento;

d) *CASBEE. Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*; Japão [JSBC, 2006]: sistema inspirado na GBTool e que trabalha com um índice de eficiência ambiental do edifício (*Building Environmental Efficiency - BEE*);

e) *Green Star Office Design*; Austrália [GBCA, 2005]: baseado em metodologias existentes como o BREEAM e o LEED;

f) *NF Bâtiments Tertiaires. Démarche HQE Bureau et Enseignement*, França [CSTB, 2005]: metodologia diferenciada que avalia o sistema de gestão do empreendimento e proporciona a possibilidade de adaptar a avaliação do desempenho ambiental ao perfil de contexto de cada empreendimento, permitindo que os projetos foquem as realidades

específicas de seu entorno e prioridades destacadas pelos empreendedores;

g) *O Processo AQUA* (Alta Qualidade Ambiental) de certificação é a versão brasileira adaptada do HQE (França) que define a qualidade ambiental, segundo a associação HQE, como “qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos (em produtos e serviços) e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades de dar resposta aos impactos ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e são” [PINHEIRO, 2006].

2.12.1 - A Evolução da construção sustentável no Brasil

A construção sustentável no Brasil tem se estruturado em função de três grandes fontes de pressão: a regulamentação governamental, a necessidade de resposta aos resultados dos impactos ambientais e as demandas de diferentes agentes do mercado e do terceiro setor [CBIC, 2012]

Programas de governo e programas setoriais da construção civil, voltados para sustentabilidade:

- Qualidade e produtividade;
- Resíduos de construção e demolição;
- Eficiência energética;
- Uso racional da água;
- Materiais e sistemas construtivos;
- Uso responsável da madeira;
- Avaliação ambiental de edifícios; e
- Consumo sustentável.

O desafio da sustentabilidade é destaque na agenda da Indústria da Construção no Brasil. A CBIC reuniu diferentes atores, dos mais variados segmentos, para formularem, juntos, uma ampla proposta, apresentada ao Poder Público e à sociedade brasileira, de caminhos para uma verdadeira mudança de paradigma na atividade em toda cadeia produtiva [SIMÃO, 2011].

A CBIC implantou um Programa Construções sustentáveis, com o objetivo de promover com que as empresas, governos e sociedade repensem seus produtos, suas relações, serviços e estratégias, a partir das dimensões ambiental, social e econômica; ainda, buscou difundir entre funcionários, fornecedores, parceiros e colaboradores para motivá-los ao desenvolvimento sustentável.

Objetivos principais do programas são:

Tabela 2.2- Temas prioritários de sustentabilidade da construção.

TEMAS PRIORITARIOS	OBJETIVOS
Água	Utilização racional da água
Desenvolvimento Humano	Valorização do ser humano
Energia	Maximização da eficiência energética
Materiais e Sistemas	Utilização de materiais e sistemas sustentáveis
Meio Ambiente, Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano	Viabilização do desenvolvimento sustentável
Mudanças Climáticas	Adaptação do Ambiente Construído e Redução de gases de efeito estufa e Redução de gases de efeito estufa
Resíduos	Diminuição do consumo de recursos naturais

A eficiência energética das edificações é um dos indicadores de desempenho e um dos requisitos mais avaliados em construções sustentáveis. Sabe-se que, no Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde atualmente a cerca de 40% do consumo faturado no país, sendo que 22% são utilizados apenas em instalações residenciais, 14% em comerciais e 8% em edificações públicas. Como o Brasil é um país em desenvolvimento, a tendência é de aumento deste consumo [CNI, 2012].

O Plano Nacional de Energia 2030 tem as premissas que preveem uma meta de redução de até 10% no consumo de energia elétrica, em 2030.

O sistema tem como objetivo criar condições para o estabelecimento do nível de eficiência energética nos edifícios, que varia de **A** (mais eficiente) a **E** (menos eficiente) e é concedida em dois momentos: na fase de projeto e após a construção. Nos edifícios comerciais, públicos e de serviços são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Já nos edifícios residenciais são analisados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água, além dos sistemas presentes nas áreas comuns dos

edifícios multifamiliares, como iluminação, elevadores, bombas centrífugas, entre outros.

2.13 Conforto Ambiental

Quanto à eficiência energética nas edificações, trata-se de atender às questões de conforto ambiental com a correta e plena utilização dos recursos naturais disponíveis, ou seja, complementar de uma forma mais eficiente, por meio dos sistemas de iluminação, ventilação, refrigeração ou aquecimento complementares, mantendo-se o padrão solicitado com menor consumo de energia elétrica possível, a exemplo do projeto sede Amatur, na cidade de Palmas, Figura 2.18.



Fonte: http://www.rce.org.br/rce/novos_predios.html, acessado em dezembro, 2011.

Figura 2.18 - Sede da Amatur em Palmas – TO.

Em projeto de arquitetura, conforto ambiental significa, em linhas básicas, o atendimento de algumas das necessidades orgânicas, basicamente acústicas, higrotérmicas (temperatura e umidade), visuais e de qualidade do ar dos usuários, em suas horas de ocupação, através da compreensão do clima externo e de decisões arquitetônicas compatíveis. Recentemente, vem se agregando a questão da sustentabilidade a seu conceito, o que se traduz em novas escolhas de procedimentos e materiais, que resultem no menor impacto ambiental possível. É um desafio ter emissão zero, logo, devem ser pesquisadas várias formas de GEEE em

edificações, principalmente as já construídas. Segundo Laville, 1977, durante o trabalho físico no calor, constata-se que a capacidade muscular se reduz, o rendimento decai e a atividade mental se altera, apresentando perturbação da coordenação sensório-motora. A frequência de erros e acidentes tende a aumentar, pois o nível de vigilância diminui, principalmente a partir de 30°, causando problemas a saúde, tais como: Intermação ou Insolação, Prostração Térmica, Câimbras, Catarata e conjuntivites e Dermatites.

2.14 Considerações Finais

Este capítulo pretende reunir ideias oriundas de diferentes fontes, visando contribuir para o desenvolvimento da pesquisa, com análise crítica meticulosa e ampla das publicações voltadas para sustentabilidade no setor da construção, energias renováveis e utilização do exaustor eólico, verificando os assuntos já estudados e publicados, retirando, assim, as variáveis do problema em questão.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Considerações Iniciais

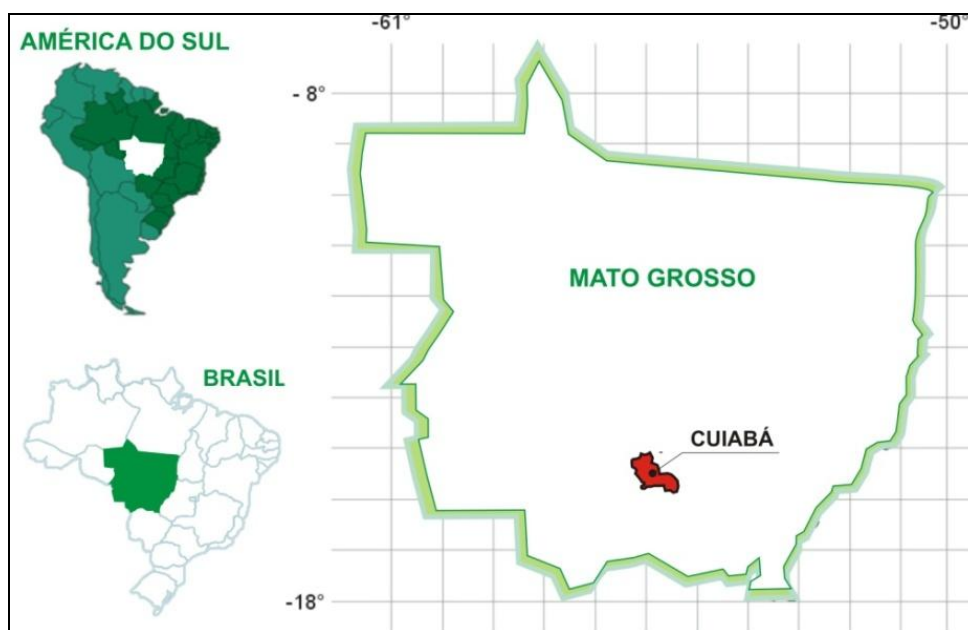
O propósito desta dissertação é desenvolver um protótipo capaz de gerar e fornecer energia utilizando o exaustor eólico, equipamento abundante nas edificações industriais do país. Pretende-se analisar a viabilidade da integração de um sistema desse tipo, ligado com lâmpadas de emergência, sem ligação à rede elétrica, em uma cozinha industrial. Busca demonstrar com práticas simples, a contribuição para a sustentabilidade na construção civil, com a geração de energia elétrica produzida por exaustores eólicos, como fonte alternativa e limpa.

Este capítulo descreve as etapas a serem executadas e apresenta a metodologia para o desenvolvimento do protótipo. Assim, possibilita as condições necessárias para a aplicação prática, no capítulo seguinte, do que se pretende.

3.2 Área de Estudo

Caracterizar o clima local é um fator importante para subsidiar as discussões quanto ao aproveitamento das energias alternativas e ao conforto ambiental. Os potenciais energéticos das cidades estão fortemente relacionados ao clima, a exemplo, temos o aproveitamento do potencial eólico em Natal-RN. Em Cuiabá, possuímos radiação solar intensa ao longo de todo o ano, portanto, estudos que viabilizem o seu aproveitamento seriam importantes do ponto de vista da eficiência energética.

Esta pesquisa foi desenvolvida em Cuiabá-MT, situada entre as coordenadas geográficas de 15°10', 15°50' de latitude sul e 50°50', 50°10' de longitude oeste, na região central do Brasil (Figura 3.1). Seu clima é do tipo *Aw de Koppen*, classificado como Tropical semi-úmido, com temperaturas que oscilam entre 30°C e 36°C, apresentando duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) com quatro a cinco meses secos e uma chuvosa (primavera-verão).



Fonte: OLIVEIRA, Ângela Santana, Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas/ Tese (Doutorado) - UFMT, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental - Cuiabá, 2011

Figura 3.1 - Localização da cidade de Cuiabá no estado de Mato Grosso.

Os ventos predominantes em Cuiabá são norte e noroeste (CUIABÁ, 2004). Oliveira [2011] caracterizando o microclima em praças na região oeste de Cuiabá (proximidades do IFMT - *Campus* Cuiabá), afirmou que 75% dos registros de velocidade dos ventos estão distribuídos abaixo de $0,9\text{ m s}^{-1}$, concluindo que a velocidade dos ventos é predominantemente baixa. Para Campelo Jr. *et al.* (1991), em Cuiabá, a direção predominante dos ventos é N e NO durante boa parte do ano e S no inverno. Segundo o mesmo autor, apesar da relativamente baixa velocidade do vento predominante, em Cuiabá ocorrem rajadas de vento (picos de velocidade de curta duração).

Quanto à radiação solar, Gomes [2010] encontrou para o ano de 2007 valores médios de $353,66\text{ Wm}^{-2}$ em uma estação posicionada na região central da cidade de Cuiabá-MT. De acordo com Maitelli [2010], em estudo desenvolvido em Cuiabá, as medidas dos fluxos de radiação solar global não ultrapassaram 800 Wm^{-2} , com máximos de 879 Wm^{-2} . A média encontrada para St no período das 9h até às 14h foi de 646 Wm^{-2} e para os demais horários diurnos foi de 315 Wm^{-2} .

3.2.1 Ambiente pesquisado

Uma cozinha industrial, localizada no IFMT *Campus* de Cuiabá, foi escolhida como local de investigação. A cozinha possui uma área de 70m², contém vários equipamentos elétricos, fornos industriais, fogões industriais e uma coifa de 2,30x1,2. O setor de administração da cozinha conta com o apoio de dois funcionários, e o processo industrial é realizado por cinco funcionários que se revezam em dois turnos, manhã (almoço) e tarde (jantar). No local existem vários equipamentos elétricos, conforme relacionado na Tabela 3.1, os quais consomem 2204 KWh, mensalmente.

Tabela 3.1 - Relação de equipamentos elétricos na cozinha industrial IFMT Campus Cuiabá.

	APARELHOS ELÉTRICOS	QTD
1	Ar condicionado 18000 Btus	1
2	Forno	1
3	Forno microondas	2
4	Freezer vertical	1
5	Freezer horizontal	5
6	Geladeira	2
7	Ventilador	2
8	Exaustor fogão	1
9	Fogão comum	2
10	Fritadeira elétrica	1
11	Liquidificador	1
12	Cilindro elétrico para massa	1
13	Câmara fria pequena	2
14	Lâmpadas fluorescentes	14

Atualmente, a cozinha possui uma pequena área de cocção (cozimento) e conta com um exaustor elétrico para sugar o calor gerado no ambiente, através de uma coifa fixada em cima do fogão industrial Figura 3.2.

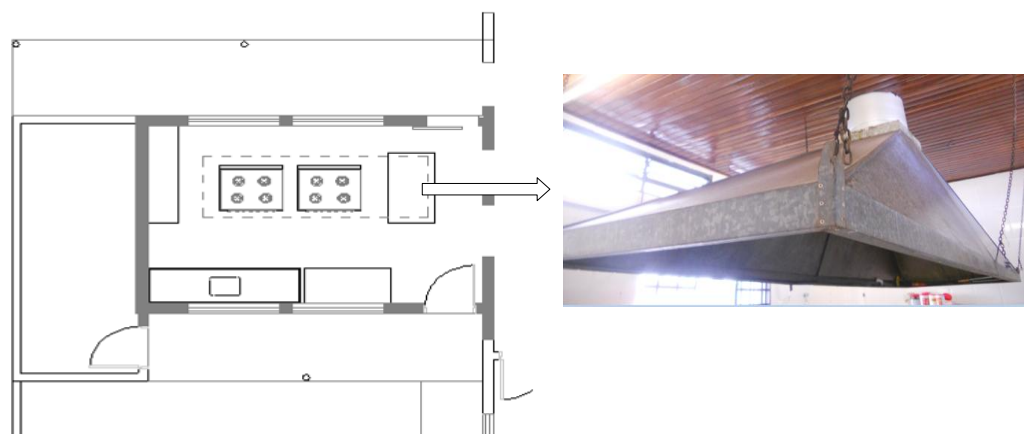


Figura 3.2- Planta baixa da área quente da cozinha (Área de Cocção) e coifa.

A intenção de analisar o potencial energético da cozinha industrial do IFMT foi devido ao intenso calor gerado no local, que necessita ser eliminado, pois aquece o ambiente, provocando um desconforto aos trabalhadores e proporcionando um local insalubre, segundo as normas de segurança e saúde do trabalhador, insalubridade (NR15, 2011)⁹.

Com a preocupação de transformar o local- a cozinha industrial, em um ambiente agradável para se trabalhar, identificou-se a possibilidade da utilização da energia produzida pelo movimento do exaustor eólico em um potencial energético. Desta forma, além de dos benefícios desejados, de transformar um ambiente insalubre para saudável, será possível contribuir, também, em prol da sustentabilidade, minimizando os Gases de Efeito Estufa – GEE.

O atual exaustor elétrico utilizado na cozinha industrial, ao ser ligado, gera poluição sonora no ambiente de trabalho, em média de 85 decibéis, provocando desconforto à equipe de cozinheiras e auxiliares. O exaustor tem o objetivo de obter uma maior qualidade do ar e conforto térmico, no entanto, precisa ser silencioso.

No momento do cozimento, deve-se ter a preocupação de manter o ambiente arejado. Cozinhar é um processo de combustão, que emite poluentes, muitas vezes não percebido. Assim, o exaustor pode ter um impacto significativo na qualidade do ar no interior desse tipo de ambiente, pois permite liberar os poluentes rapidamente, sem grande trabalho, além de aliado para ajudar na circulação do ar, eliminando o ar quente, já que este tende a subir. O exaustor pode ser colocado em vários pontos estratégicos do ambiente, principalmente em locais onde há menor circulação de ar.

E, para acontecer esta mudança, faz-se necessário sugerir um “retrofit” na cozinha industrial, ou seja, adaptar e modernizar o ambiente, adequando-o para uma futura certificação como uma construção sustentável, em uma primeira etapa, com ênfase na utilização de energias renováveis e limpas, aproveitando o exaustor eólico para renovar o ar e gerar energia.

O propósito é de utilizar os métodos inovadores em prol da sustentabilidade para promover

⁹ NR 15 - norma regulamentadora numero 15 é sobre atividades e operações insalubres.

a mudança de sensação térmica no ambiente da cozinha industrial do IFMT e o de produzir um protótipo, capaz de realizar sua finalidade, agregando, ao mesmo tempo, a produção de energia elétrica, obtida por uma fonte renovável. Para tanto, foi utilizada uma metodologia para analisar o potencial energético desperdiçado do exaustor eólico, coletando os dados da temperatura gerada na cozinha industrial, mediante instalação de sensores, verificando os pontos críticos do ambiente, fazendo o cálculo da massa calórica, e testando 4 processos para se definir o protótipo a ser utilizado no local.

3.3 Materiais e Equipamentos

Os materiais e equipamentos utilizados foram:

- a) **Sensor de temperatura** - registrador eletrônico de temperatura Figura 3.3, que foi utilizado na coleta de dados das temperaturas no ambiente da cozinha industrial. Este equipamento possui sensor interno que mede a temperatura do ambiente onde está instalado e grava os dados, posteriormente enviados a um computador para que sejam visualizados e analisados na forma de tabelas ou gráficos. O repasse das informações dá-se através da interface de comunicação para o registrador, demonstrada na Figura 3.4. O *software* LogChart-II, que acompanha o registrador, é a ferramenta utilizada para a configuração do modo de operação do registrador. É também utilizado para a visualização de aquisições feitas. Parâmetros como horários de início e fim das aquisições, intervalos entre aquisições, etc., são facilmente definidos através do *software* LogChart-II.



Figura 3.3 - Sensor de temperatura da empresa NOVUS.

Características técnicas do sensor:

- Faixa de medida da temperatura: $-20,0^{\circ}\text{C}$ a $70,0^{\circ}\text{C}$. ;
- Precisão das medidas $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ @ 25°C . ; $\pm 2^{\circ}\text{C}$ máxima ao longo de toda a faixa

de medida.;

- Resolução das medidas de temperatura: 0,1 °C.;
- Capacidade da memória 16.000 (16 k) registros; Intervalo entre medidas mínimo de 1 segundo;
- Máximo de 18 horas; alimentação bateria de lítio de 3,0 V (CR2032);
- Autonomia estimada superior a 200 dias, com uma leitura semanal dos dados. A vida útil da bateria pode diminuir se os dados coletados forem lidos muito frequentemente;
- Temperatura de trabalho de -20 °C a 70 °C ;
- Caixa em policarbonato;
- Grau de proteção para aplicações que requeiram grau de proteção até IP67;
- Dimensões 30 x 47 x 12 mm

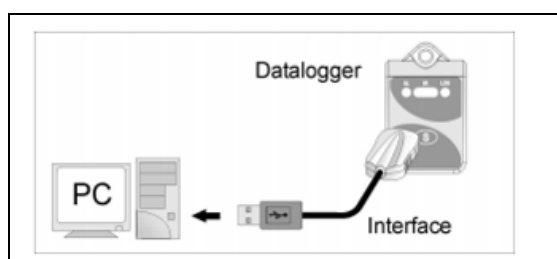


Figura 3.4 - Interface de comunicação para o registrador.

b) **Anemômetro** – É um medidor de velocidade do vento, digital portátil, e pode medir o vento em m/s, km/h, nós, mph e ft / min/ TBM – Medidor de temperatura, umidade relativa do ar Figura 3.5, que foi utilizado para verificar a velocidade do vento aplicada nos processos.



Figura 3.5- Anemômetro.

c) **Tacômetro** - Foi utilizado este equipamento para medir a velocidade de rotação em RPM da máquina, aplicada em cada processo Figura 3.6.



Figura 3.6 - *Tacômetro.*

- d) **Multímetro digital** - Este aparelho foi destinado para medir e avaliar grandezas elétricas aplicada nos processos. O modelo com mostrador digital funciona convertendo a corrente elétrica em sinais digitais através de circuitos denominados conversores analógico-digitais. Esses circuitos comparam a corrente com uma corrente interna gerada em incrementos fixos que vão sendo contados digitalmente até que se igualem, quando o resultado então é mostrado em números ou transferidos para um computador pessoal. Várias escalas divisoras de tensão, corrente, resistência e outras são possíveis Figura 3.7.



Figura 3.7 - *Multímetro digital.*

- e) **Fonte de corrente contínua** - A fonte de corrente pode chegar 20V / 10 A, Figura 3.8. Foi utilizada na aplicação de corrente para verificar a potência do gerador.



Figura 3.8 – *Fonte de corrente contínua.*

- f) **Exaustor elétrico** - Estava instalado no tubo da coifa, com objetivo da retirada de ar poluído ou simplesmente para ventilação do ambientes como indústrias. Figura 3.9.

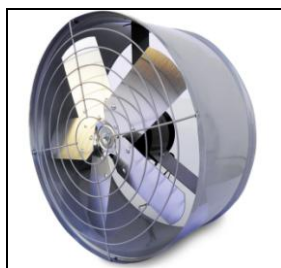


Figura 3.9 – Detalhe exaustor elétrico.

- g) **Coifa** - Utilizada na cozinha industrial do IFMT *Campus* de Cuiabá, possui um tubo e um chapéu, que ficam sob o telhado Figura 3.10.



Figura 3.10 – Coifa com tubo e chapéu.

3.4 Metodologia para Coleta de Dados

A coleta de dados iniciou-se com a medição de temperatura no ambiente da cozinha industrial, para verificar a real situação do local quanto ao fator térmico. Após, foi realizado um levantamento dos pontos críticos do local e calculou-se a quantidade de calor produzido no tubo da coifa.

No laboratório de energias renováveis do IFMT *Campus* Cuiabá, foram realizadas as análises do potencial de geração de energia elétrica dos 4 protótipos, utilizando o exaustor eólico.

3.4.1 Medição da temperatura na cozinha industrial

Foi efetuada a medição da temperatura do ambiente, principalmente da área de maior calor,

com 3 sensores de temperatura distribuídos no ambiente, conforme demonstrado nas Figuras 3.11 e 3.12 e no topo da tubulação da coifa, no telhado, com 1 sensor, totalizando 4 sensores para coleta de medições de temperatura.

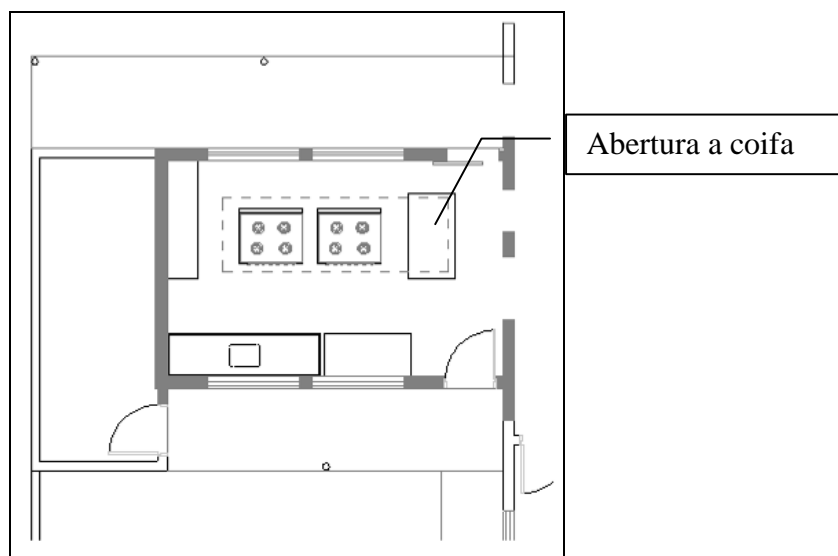


Figura 3.11 – Área quente da cozinha (Área de Cocção).

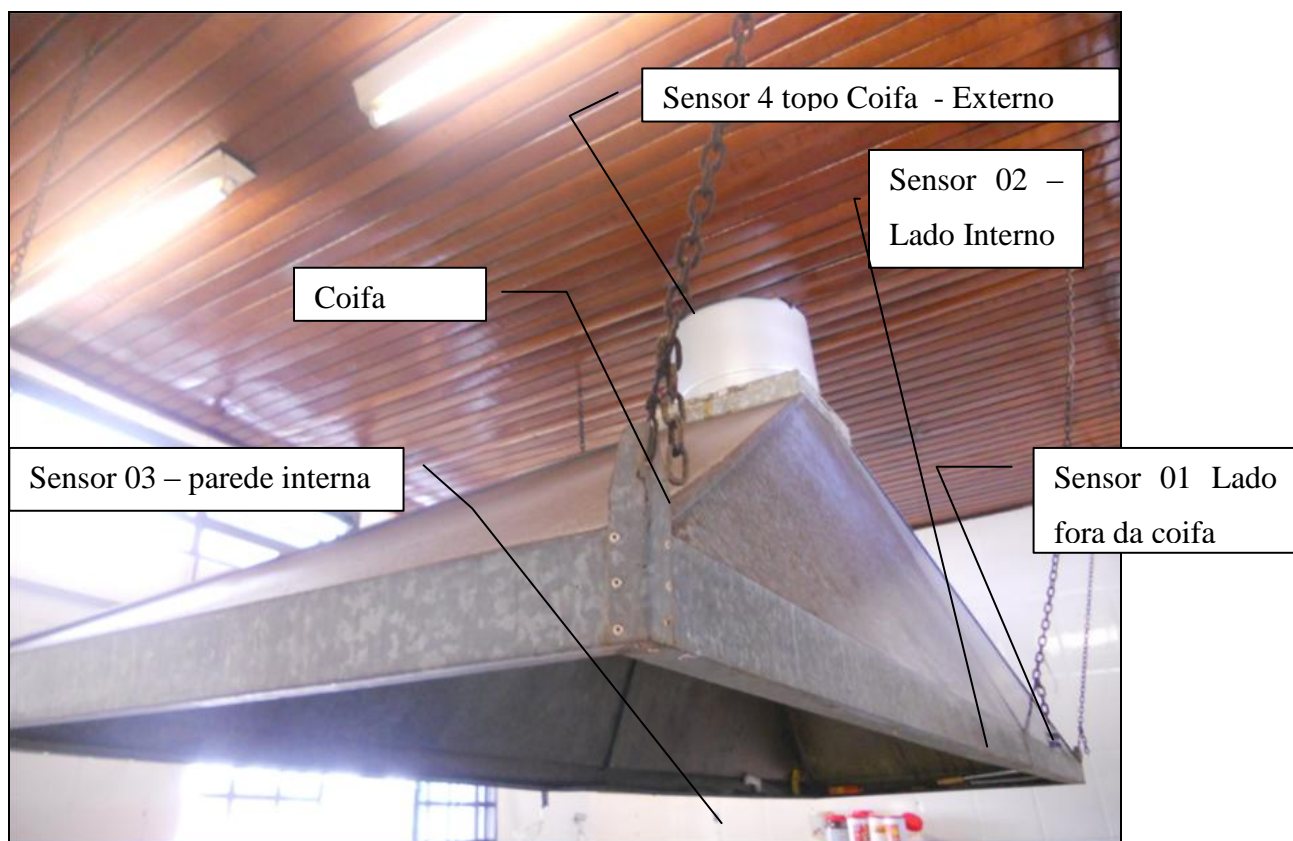


Figura 3.12 - Coifa cozinha Industrial e local dos sensores.

3.4.2 Pontos críticos

Para obter o resultado geral da pesquisa, foi necessário levantar os pontos críticos do ambiente laboral, destacando:

1. Levantamentos dos equipamentos do ambiente;
2. Verificação das condições de trabalho por meio de um Laudo Segurança e Saúde do Trabalhador;
3. Verificação das condições da infraestrutura ambiental.

3.4.3 Cálculo da massa calórica

Na coifa da cozinha industrial existe um exaustor elétrico Figura 3.13, e a intenção de calcular a massa calórica do tubo da coifa é a de verificar a quantidade de calor que contribui para girar o exaustor eólico, o qual pretende-se substituir o uso do exaustor elétrico pelo exaustor eólico.



Figura 3.13 – Coifa da cozinha industrial.

Fórmulas para calcular a capacidade térmica mássica do Ar, com referência à Tabela 3.2,

$$Q = mc\Delta T$$

Tabela 3.2 - Densidade do ar conforme temperatura.

DENSIDADE DO AR CONFORME TEMPERATURA	
<i>Temperatura do ar (°C)</i>	<i>Densidade (kg/m³)</i>
-10	1,342
-5	1,316
0	1,293
5	1,269
10	1,247
15	1,225
20	1,204
25	1,184
30	1,165

Cálculo da massa específica:

$m = \rho V$ Onde,

m = massa do ar

ρ = densidade do ar

V = volume da coifa

ΔT = diferença de temperatura entre a entrada e a saída da coifa

Volume do tubo da coifa. $V = \pi \cdot h r^2$

V = Volume

H = Altura

R = Raio

T_1 = Temperatura no topo do tubo da coifa

T_2 = Temperatura no início do tubo da coifa

$\Delta T = T_2 - T_1$

Diâmetro do tubo da Coifa é de 0,55m.

Comprimento do tubo da Coifa é de 3,50m.

3.4.4 Testes no laboratório dos protótipos para geração de energia elétrica

Para os testes no laboratório, foi utilizado um exaustor eólico, conforme demonstrado na Figura 3.14. Os exaustores eólicos de ar natural, retiram as massas de ar quente acumuladas nas áreas mais altas dos galpões, em todos os ramos de atividade, renovando o ar interno e facilitando a entrada de ar pelas portas e janelas dos ambientes, Figura 3.6.

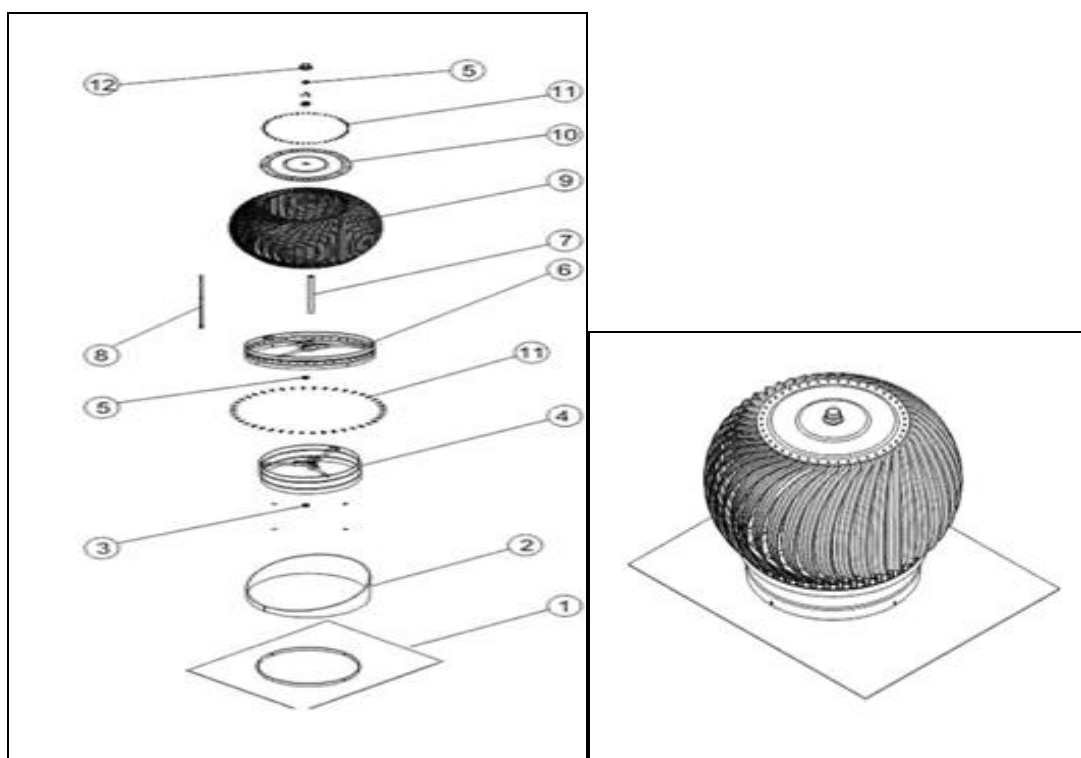


Figura 3.14 - Exaustor eólico.

Para fabricar um exaustor eólico será necessário montar as peças conforme detalhamento na Tabela 3.3 e Figuras 3.15 e 3.16.

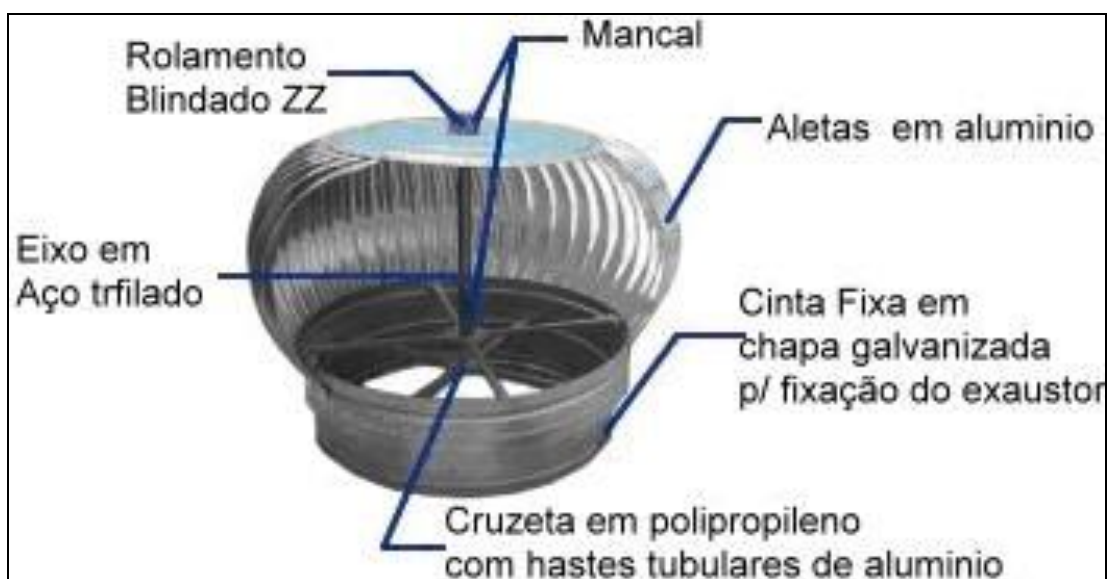
Tabela 3.3 – Detalhamento das peças do exaustor eólico.

ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	MATERIAL	PESO (Kg)
1	1	Base 0,43x900x1100	Galvalume	2.400
2	1	Nivelador	Galvalume	0.806
3	1	Porca porlock PAC 7/16* x 9/16*	Aço carbono	0.005
4	1	Aro fixo montado	Galvalume _	1.154
5	2	Rolamento 620122	Aço carbono	0.070
6	1	Aro móvel montado	Galvalume _	1.006
7	1	Tubo	Polipropileno	0.048
8	1	Eixo Ø11,85 x 580 mm	Aço	0.490
9	44	Aleta	Alumínio	1.760
10	1	Tampo com mancal	Galvalume _	0.620
11	88	Rebite PCP 410	Alumínio	0.176
12	1	Protetor do rolamento	Polipropileno	0.014
TOTAL				8.549



Fonte: RENOVAR, <http://www.renovarventilacao.com.br> acessado em maio 2011.

Figura 3.15 - Esquema do projeto de fabricação de um exaustor eólico.



Fonte: CALHAS PARANA, <http://www.calhasparanamt.com.br>, acessado em maio 2011.

Figura 3.16 – *Detalhes de exaustor eólico.*

Os testes de laboratório dos 4 processos, com o objetivo principal de gerar energia elétrica utilizando um exaustor eólico, foram desenvolvidos, conforme se descreve:

3.4.4.1 Processo com o dínamo

O Dínamo é um equipamento formado por um ímã fixo em um eixo móvel, ao redor deste eixo existe uma bobina. No caso do dínamo de bicicleta, o movimento de rotação da roda, ou da correia, é transferido para o eixo do dínamo. Este conjunto passa a ser um aparelho que transforma energia mecânica em energia elétrica, chamado de gerador de eletricidade.

Relação de materiais do processo com o dínamo:

- a) Exaustor Eólico;
- b) 3 *leds* de 1,5V;
- c) Dínamo de bicicleta de 12 volts.

O dínamo de bicicleta é um gerador de eletricidade Figura 3.17, que acoplado à borda do exaustor eólico, transforma energia mecânica em energia elétrica, onde a variação do campo magnético gera corrente elétrica. O ímã gira com a bobina ao seu redor e este movimento gera a variação do campo magnético do ímã, surgindo então, uma corrente elétrica no conjunto de espirais da bobina. Esta corrente elétrica acende uma lâmpada *led*.

No projeto foi utilizado o dínamo de 12v, para alimentar 3 lâmpadas *Leds*, de 1,5 V cada.



Figura 3.17 - Dínamo de bicicleta de 12V.

3.4.4.2 Processo com bobina e neodímio

Este processo utilizou Bobinas e Neodímios, tipo Relight¹⁰ - tecnologia “state-of-the-art”¹¹: Através da indução eletromagnética, ou seja, com imãs “neodymium”¹² que passam pela bobina, gerando, assim, uma corrente elétrica que alimenta as luzes de uma maneira ecologicamente correta. Foram utilizados:

- a) Exaustor Eólico;
- b) Luminária de emergência de 36 *leds*;
- c) Bobina de 12 volts;
- d) 195 Neodímios de 10mm por 5mm;
- e) 14 Neodímios de 20mm por 2mm.

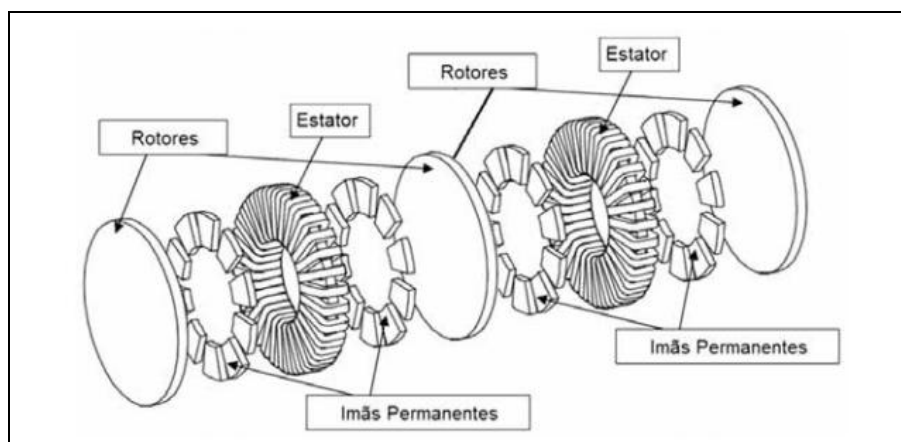
A referência teórica foi baseada na lei de Faraday-Neumann-Lenz, ou lei da indução eletromagnética, uma lei da física que quantifica a indução eletromagnética, que é o efeito da produção de corrente elétrica em um circuito colocado sob efeito de um campo magnético variável ou por um circuito em movimento em um campo magnético constante. É a base do funcionamento dos alternadores, dínamos e transformadores.

¹⁰ *Relight*- reacender uma luz.

¹¹ *State-of-the-art* - Tecnologia mais moderna.

¹² *Neodymium* - O neodímio é um material para criar um campo magnético forte para maior sensibilidade numa bobina.

Aplicou-se o mesmo princípio de construção de um Gerador sem núcleo ferromagnético, conforme detalha MAIA, 2011, na Figura 3.18, a utilização de rotores, estatores e ímãs permanentes.



Fonte: MAIA, Thales Alexandre Carvalho, Projeto e Construção de um Gerador a Ímãs Permanentes de Fluxo Axial para Turbina Eólica de Pequena Potência, dissertação, engenharia elétrica UFMG, 2011.

Figura 3.18– *Desenho esquemático de um gerador de fluxo axial a ímãs permanentes de dois estágios com turbina torodais.*

Para esse experimento foi desenvolvido um gerador utilizando o próprio aro do exaustor eólico, como base móvel acoplando os neodímios, transformando-o em rotor, e a bobina sustentada pela base fixa do exaustor, o qual pode se chamar de estator, Figura 3.19.

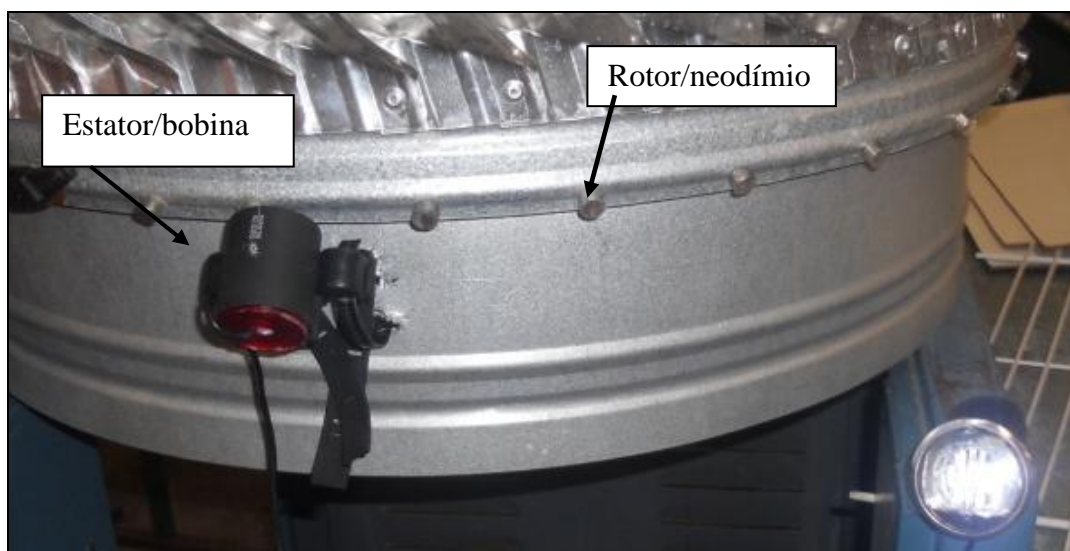


Figura 3.19– *Imagem do exaustor com os neodímios e a bobina.*

A bobina possui capacidade de 12 volts, demonstrada o seu design na Figura 3.20. Os

neodímios adquiridos foram 195 imãs de 10mm de diâmetro por 5mm de espessura e 14 imãs de 20mm por 2mm, conforme Figura 3.21. Foram utilizados 2 tipos de luminárias com 36 *leds*, sendo uma luminária de emergência e outra tipo *spot*, conforme demonstra a Figura 3.22.



Figura 3.20 – *Bobina de 12 Volts.*

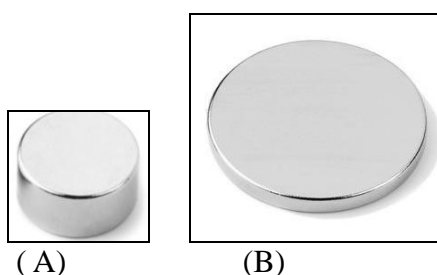


Figura 3.21 – (A) *Neodímio 5mmx10mm*, (B) *Neodímio 20x2m.*



Figura 3.22 – *Luminária de 36 leds.*

Os neodímios instalados no exaustor mostram uma representação gráfica do comportamento das linhas de indução magnética de um imã, conforme demonstra a Figura 3.23. Por convenção adotou-se que as linhas de indução saem do polo norte do imã e chega

ao polo sul. Na montagem do protótipo, utilizou-se a colocação de ímãs em sequência de polos invertidos. Ao lado de polo sul, vem sempre o polo norte.

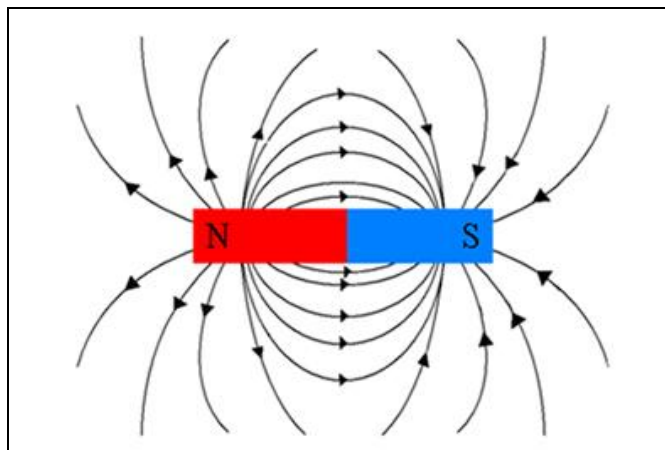


Figura 3.23 – Campo Magnético formado pelos neodímios.

Neste processo realizaram-se três tipos de ensaios:

O 1º ensaio – Utilizou-se 42 neodímios distribuídos em torno do exaustor, com espaçamento, em média, de 5 cm, e a bobina, de 12 volts, Figura 3.24.

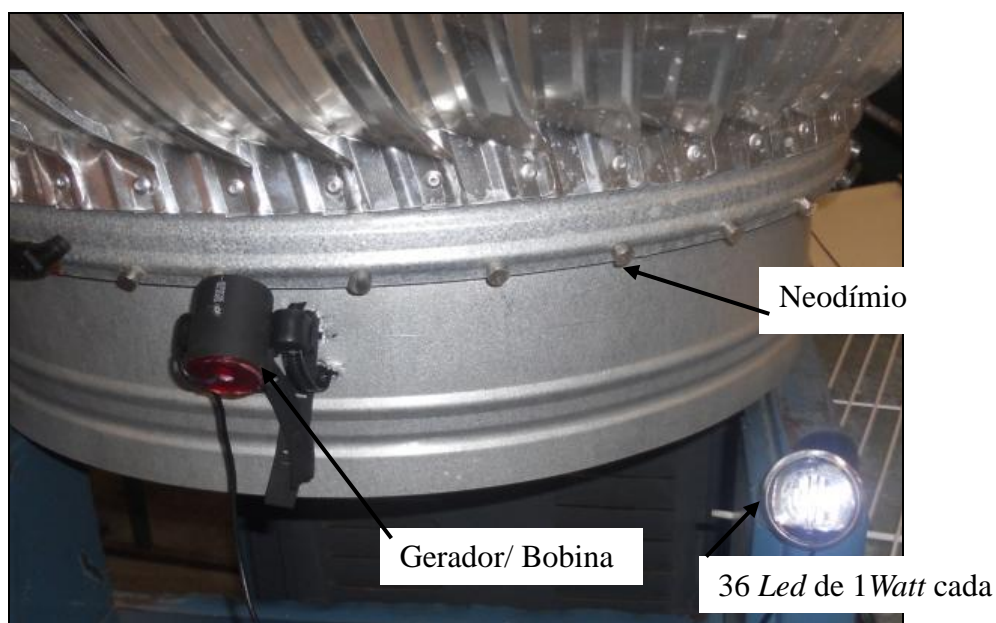


Figura 3.24 – 1º ensaio utilizando 36 leds.

O 2º ensaio – Utilizou-se 42 neodímios, de 10mmx5mm e 14 neodímios, de 20mmx2mm distribuídos em torno do exaustor, com espaçamento de, em média, 3 cm, e a bobina de 12

volts, Figura 3.25.

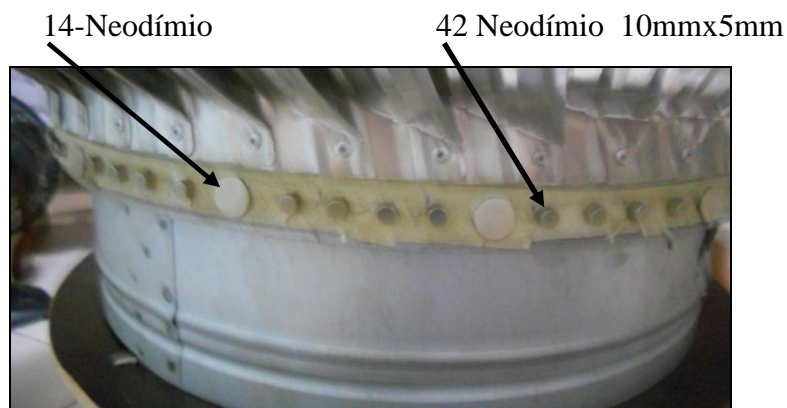


Figura 3.25 – 2º ensaio

O 3º ensaio – Utilizou-se 190 neodímios 10mmx5mm distribuídos em torno do exaustor, formando um cinturão, e a bobina de 12 volts, Figura 3.26.

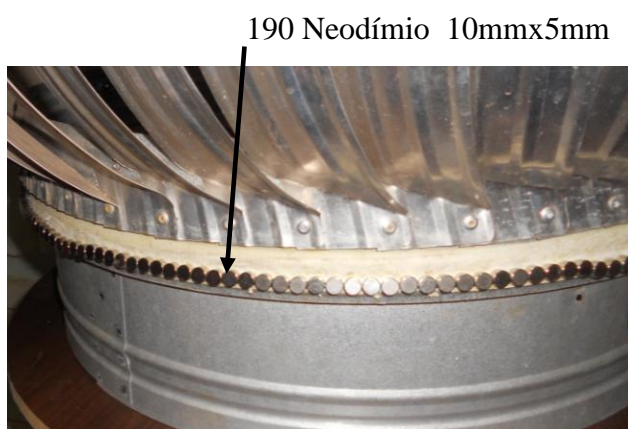


Figura 3.26 – 3º ensaio

3.4.4.3 Processo com polia acoplada

Este processo utiliza o motor com correia acoplada em uma polia. O protótipo foi desenvolvido no laboratório do SENAI /PR, na cidade de Apucarana, Paraná, pelo professor Ernesto Sountachi – Tecnólogo em Automação Industrial do curso de Elétrico Eletrônico, do SENAI- PR, juntamente com a aluna Josiane Caniatu, aluna do SESI Projeto Inova, 2011. Este protótipo participou da premiação da Mostra Inova 2011 SENAI E SESI, do Paraná, na Categoria “Processo”, sendo que a equipe de Apucarana ganhou o

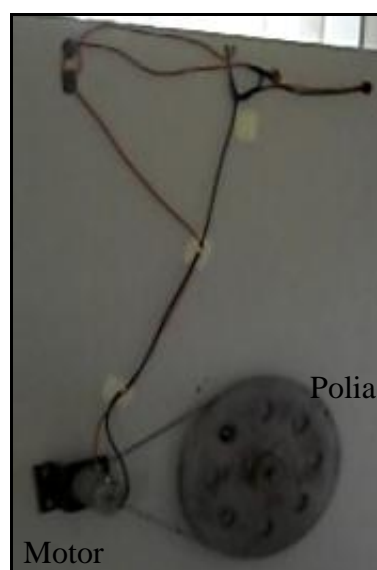
primeiro lugar, com o projeto *Exaustor Eólico/Geração de Energia*. Uma função primordial do exaustor é o de eliminar a má circulação do ar dentro de um ambiente. Os alunos do Colégio SESI e do SENAI, sob a orientação do professor Ernesto, aprimoraram o exaustor, equipando-o com uma eixo principal, ligado a uma polia, o qual foi interligado através de uma correia ao motor de corrente contínua. No momento em que o exaustor eólico gira, o mecanismo movimenta e gera energia elétrica para o motor, como demonstrado nas Figuras 27 (A) e (B).

Os seguintes equipamentos foram utilizados:

- a) Motor de geração contínua de 5 V;
- b) Uma luminária de emergência cujo *led* é compatível a 5 v, com 36 *leds*;
- c) Uma Luminária tipo bolacha com 36 *leds*;
- d) Uma polia que ampliou a velocidade do eixo em 20x;
- e) Duas baterias.



(A)



(B)

Figura 3.27 – (A) Visão da parte superior do protótipo; (B) Visão da parte inferior do protótipo.

3.4.4.4 Processo do motor acoplado ao eixo

Para esse processo, utilizando o motor no eixo do exaustor, foi necessário adaptar o eixo do exaustor para que ele gire junto ao movimento das palhetas a fim de identificar um motor capaz de gerar energia com a rotação baixa. Figura 3.28.

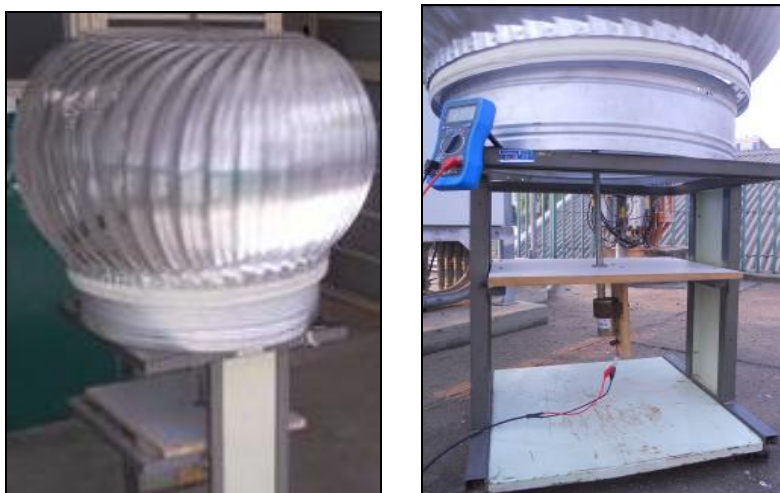


Figura 3.28 – Exaustor com eixo fixo e motor acoplado.

Com auxílio de uma fonte de corrente, foi instalado um motor ao gerador, para simular o giro de um exaustor, e simular a energia gerada com o motor no eixo do exaustor, exemplo Figura 3.29.



Figura 3.29 – Medição rotação.

Os materiais utilizados neste processo foram:

- a) Exaustor Eólico, com eixo adaptado;
- b) Luminária de emergência de 36 leds;
- c) Mine motor.

3.5 Considerações Finais

Conforme já mencionado, o objetivo final desta dissertação é apresentar uma proposta para estudar e desenvolver um protótipo capaz de gerar e fornecer energia utilizando o exaustor eólico, interligado com lâmpadas de emergência.

Sendo assim, este capítulo descreveu os processos e os materiais e métodos utilizados para identificar o melhor protótipo para ser utilizado para atingir o objetivo almejado, ou seja, a geração de energia elétrica com o exaustor eólico.

As informações aqui apresentadas, associadas aos capítulos anteriores, subsidiam o desenvolvimento do próximo capítulo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Considerações Iniciais

Os capítulos anteriores discutiram os temas mais relevantes para avaliar a capacidade de geração de energia elétrica produzida por exaustores eólicos como fonte alternativa e limpa.

O desenvolvimento desta dissertação baseou-se na proposta de estudar e desenvolver um protótipo capaz de gerar e fornecer energia utilizando o exaustor eólico, equipamento abundante nos galpões industriais espalhados no país, composto por um sistema simples e fácil de operar. Pretende-se estudar a viabilidade da integração de um sistema deste ligado com lâmpadas de emergência, sem ligação à rede elétrica, em uma cozinha industrial.

Com o objetivo de atender essa finalidade, a pesquisa realizada procurou demonstrar que, com pequenas práticas, pode-se contribuir com a sustentabilidade na construção civil, sendo que foi avaliada a capacidade de geração de energia elétrica produzida por exaustores eólicos, como fonte alternativa e limpa, em uma cozinha industrial.

Considerando o objetivo final desta dissertação, este capítulo presta-se a tal propósito, considerando as premissas informadas, descrevendo os resultados obtidos com a execução das atividades indicadas na metodologia, permitindo que o assunto seja compreendido.

4.2 Aspectos Gerais

Buscando a sustentabilidade no ambiente já construído, e para subsidiar os estudos, a pesquisa foi desenvolvida na cozinha industrial do IFMT *Campus* de Cuiabá. Os resultados desta pesquisa servirão como base para propostas de melhorias com práticas construtivas sustentáveis em um futuro “retrofit” do local, proporcionando um ambiente mais saudável para o trabalho.

4.3 Pontos Críticos da Cozinha Industrial

A cozinha industrial do IFMT *Campus* de Cuiabá foi construída na década de 80, e atualmente não corresponde às exigências normativas da ANVISA¹³. Passou por algumas adaptações em sua estrutura, no entanto, ainda possui deficiências no ambiente laboral, tais como: ambiente muito quente, provocando calor excessivo no horário de cozimento, com temperatura média bem acima de 30°C, possuindo apenas um exaustor elétrico, e quando este está em funcionamento gera ruído acima do permitido por norma, como também o local possui pouca ventilação e baixa iluminação.

Um dos pontos críticos do setor de produção é a reclamação dos funcionários, sobre o ruído do exaustor elétrico produzido ao ser ligado e o calor intenso nos picos de cozimento. Preferem trabalhar com exaustor elétrico desligado, com isso, o calor fica além do permitido por norma, no setor de cocção, conforme determina a Portaria MTPS 491, de 10/09/95.

Com objetivo de colaborar com essa nova reestruturação ao ambiente da cozinha industrial do IFMT *Campus* Cuiabá, foram realizados estudos no local e desenvolvidos protótipos com foco de geração de energia renovável utilizando o exaustor eólico. Para chegar aos resultados esperados, foi necessário, inicialmente, realizar os seguintes levantamentos:

- 1) Levantar os equipamentos elétricos do local e quanto cada um consome de energia;
- 2) Levantar as condições de trabalho através de um Laudo de Segurança e Saúde do Trabalhador;
- 3) Levantar as condições ambientais, através de Laudo da estrutura física da cozinha.

4.3.1 Levantamentos dos equipamentos do ambiente

Relação dos equipamentos da cozinha industrial e respectivamente o consumo de energia elétrica de cada um, em julho de 2012, conforme demonstra a Tabela 4.1.

¹³ ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Tabela 4.1 - Consumo de energia da cozinha industrial IFMT Campus de Cuiabá, em julho 2012.

Aparelhos Elétricos		QTD	Potência Média (WATTS)	Dias Estimados Uso/Mês	Média Utilização/Dia (h)	Consumo Médio Mensal (kWh)
1	AR CONDICIONADO 18000 BTUS	1	210	22	8	36,96
2	FORNO	1	1500	22	2	66
3	FORNO MICROONDAS	2	1200	22	4	211,2
4	FREEZER VERTICAL	1	130	30	24	93,6
5	FREEZER HORIZONTAL	5	130	30	24	468
6	GELADEIRA	2	90	30	24	129,6
7	VENTILADOR	2	65	22	8	22,88

4.3.2 Condições do local de trabalho resultado do Laudo Segurança e Saúde do Trabalhador

A área de produção deverá ser modificada no sentido de evitar contaminação e proporcionar ao manipulador segurança e conforto em relação à temperatura, ventilação, umidade, iluminação e ruído. O projeto deve ser simples, evitando fluxo cruzado de gêneros, carros de transporte, pessoas e lixo. Deve atender aos seguintes requisitos:

- 1) Iluminação indireta ou artificial com o mínimo de 400 lux;
- 2) Temperatura ambiente não poderá passar de 32,2° mantida por ventiladores elétricos e exaustores eólicos;
- 3) Sistema de ventilação que promova a renovação do ar pelo menos 3 (três) vezes por hora;
- 4) Revestimento vertical: devem ser usados revestimentos antiácidos, de fácil limpeza e que resista a impactos inerentes às operações exercidas, impermeabilizado com altura mínima de 1,80m, podendo-se utilizar azulejos, laminado plástico ou pintura na base de epóxi;
- 5) Pisos: devem suportar tráfego pesado e intenso, serem impermeabilizados, com declividade suficiente para as grelhas, monolítico sem rejuntamento, antiderrapante e antiácido. Todas as junções entre piso e paredes devem ser arredondadas para evitar o acúmulo de sujeira e facilitar a limpeza;

- 6) Acústica: devido à quantidade de máquinas, sistemas de exaustão, manipulação de utensílios, água, vapor, ressonância, existe dentro da área de cocção uma grande quantidade de ruídos, portanto, para manter este nível de ruído, entre 45 e 55 DB, deve-se prever isolamento acústico entre a cozinha e o refeitório;
- 7) Teto: devem ser de fácil limpeza, resistente à temperatura e impermeável ao vapor. Deve-se evitar forro falso. Não deve ser combustível, nem propagadores de incêndios e devem absorver os ruídos das diversas operações realizadas na cozinha. O teto ideal para área de cocção é a laje de concreto maciço;
- 8) Portas e Janelas: as portas devem ser amplas, com visor, tipo vai-e-vem e devem ter proteção contra insetos. As janelas devem proporcionar uma boa iluminação natural sem deixar sombras sobre as áreas de trabalho e nunca com incidência direta. Devem ser protegidas com tela para evitar a entrada de insetos, pássaros e outros animais.

4.3.3 Medição da temperatura na cozinha industrial

Os dados foram coletados entre dias 28/05/2012 a 03/06/2012, no entanto, destacou-se o dia 29/05/2012 para ser analisado e estudado.

Observa-se na Figura 4.1 que a temperatura chega à boca do tubo da coifa próximo ao telhado, em até 73°C. Esta temperatura danifica motores elétricos normais utilizados na exaustão. Em face disso, devem ser utilizados motores adaptados para alta temperatura, diminuindo a frequência da manutenção corretiva.

A Figura 4.4, representa o gráfico das temperaturas em diversos pontos na cozinha industrial, monitoradas pelos sensores: o 1º - telhado, localiza o topo da tubulação que sai da coifa em cima do telhado, o 2º- Área da coifa, localiza a entrada da tubulação dentro da coifa na cozinha, o 3º - Parede Interna , localiza dentro da cozinha, na parede a 1,5 metros do piso, o 4º- Media do dia, mede a temperatura externa, em Cuiabá, no dia 29/05/2012.

Observa-se que no dia 29/05/2012, conforme demonstra a Figura 4.1, linha 3 (Parede) a temperatura interna a partir das 7h30min até as 12 horas e das 16 horas até as 19 horas a temperatura local estava acima da máxima permitida por norma, media de 32,5 °C.

Esclarecemos que o período de 12 horas às 16 horas não há cozimento.

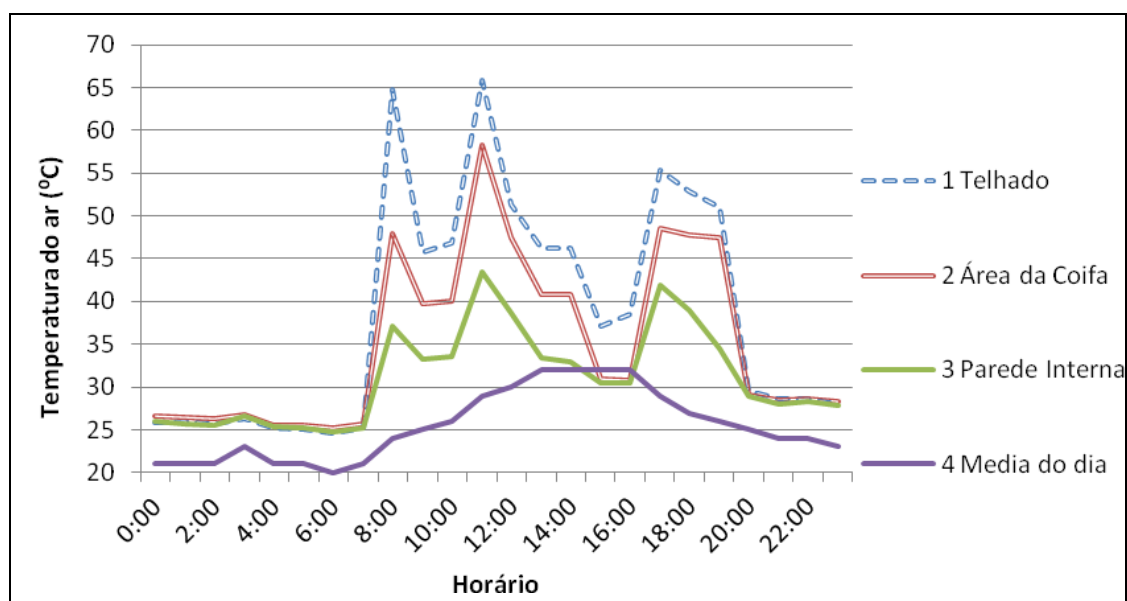


Figura 4.1 – Temperatura dos 4 sensores localizados na cozinha industrial do IFMT Campus de Cuiabá, no dia 29/05/2012.

Observou-se que a temperatura no telhado da tubulação passa de 50°C, o que prejudica consideravelmente a utilização de um exaustor elétrico com motor normal, pois a recomendação para utilização do mesmo é em ambiente com, no máximo, 50°C. Sendo assim, justifica-se a frequência de manutenção no exaustor atualmente utilizado na cozinha industrial.

Foi realizada a comparação da temperatura com a instalação do exaustor eólico, Figura 4.2. Na cozinha industrial foi instalado o exaustor eólico na coifa para análise da influência da mudança de temperatura e o conforto térmico, conforme demonstra a Figura 4.3 (A), o tubo da coifa sem o exaustor e a Figura 4.3 (B) com a instalação do exaustor eólico.



Figura 4.2 - Exaustor eólico



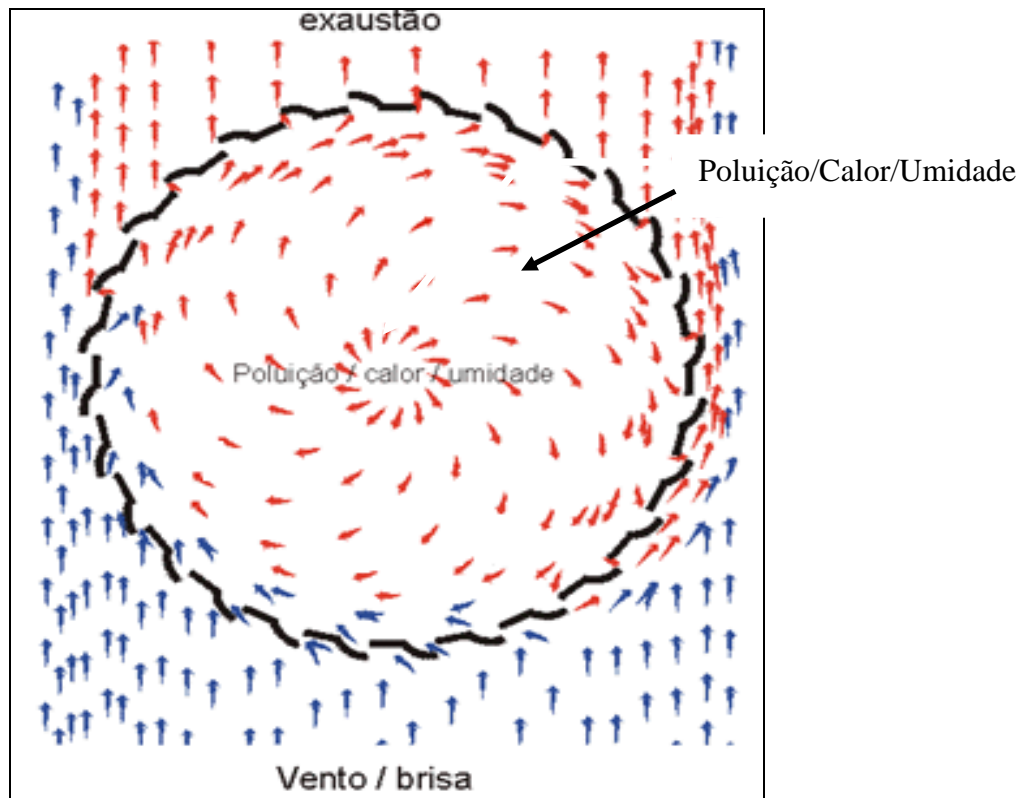
(A)



(B)

Figura 4.3 – (A) *Tubo de saída da coifa* e (B) *tubo coifa com exaustor eólico*.

O formato da estrutura formada pelo exaustor eólico proporciona a retirada do fluxo de ar com maior rapidez, conforme demonstra a Figura 4.4.



Fonte: Newsletter– Alumix - www.alumixcampinas.com.br/site/exaustores.html, acessado em maio, 2011

Figura 4.4 – *Fluxo do ar em um exaustor*.

Com a Instalação do exaustor eólico na cozinha industrial observou-se, comparativamente, uma queda de temperatura do ambiente em até 6°C, por exemplo, às 8 horas da manhã, quando o calor é mais intenso. A diferença entre utilizar o exaustor eólico e sem o exaustor eólico fica evidente, conforme demonstrado na Figura 4.5.

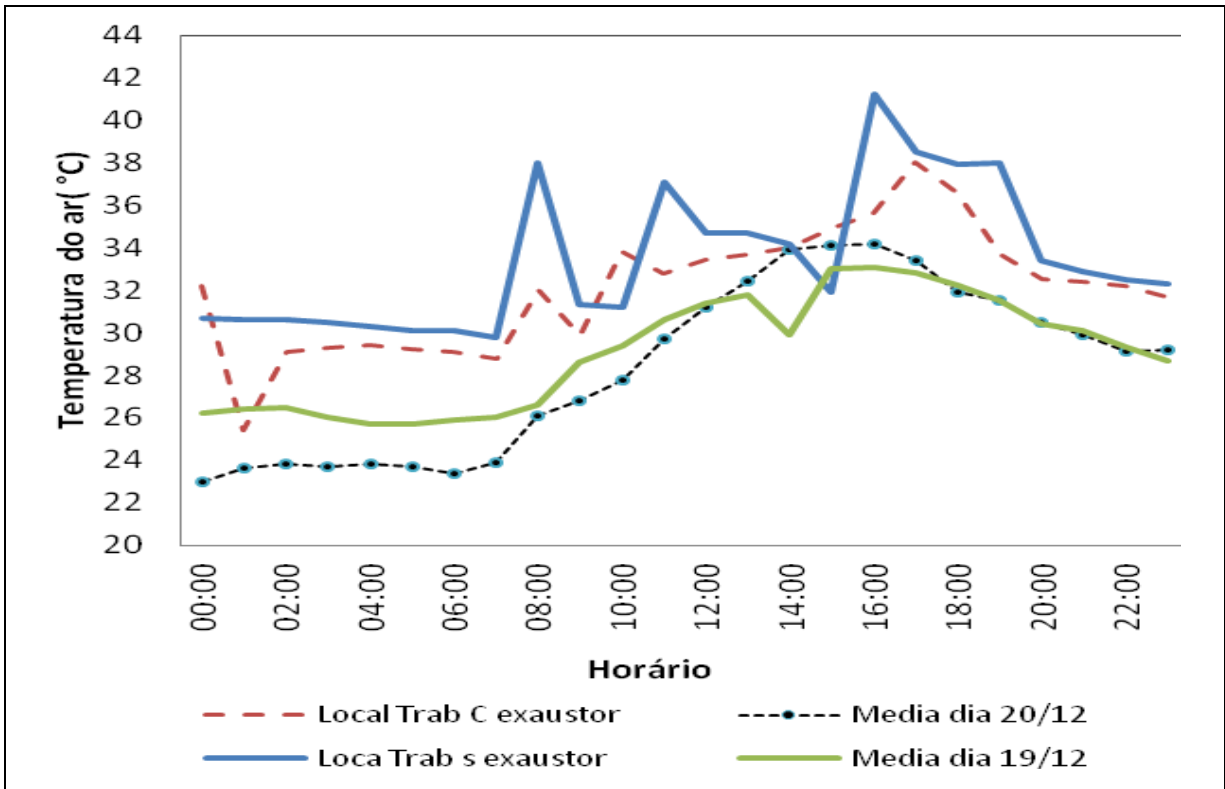


Figura 4.5 – Comparação de temperatura no local de trabalho com o exaustor eólico e sem o exaustor eólico.

4.4 - Cálculos da Massa Calórica do Tubo da Coifa

Para calcular a massa calórica do tubo da coifa foi necessário obter a temperatura do tubo na entrada e na saída.

O tubo possui uma altura de $h = 3,5\text{m}$, e o diâmetro de $d = 0,55\text{m}$, a temperatura da saída no dia 29/05/2012 foi de $T_1 = 47,90^\circ$ superior e $T_2 = 49,50^\circ$ inferior do tubo.

Calculando a diferença de temperatura: $\Delta T = T_2 - T_1 = 49,50^\circ - 47,90^\circ = 1,90^\circ$

Calcular a massa de ar do tubo $m = \rho_{ar} \cdot V$

O volume do tubo é $V = \pi r^2 \cdot h = \pi \cdot (d^2/4) \cdot h = 3,14 \cdot 0,55^2 \cdot 3,55 = 0,83\text{m}^3$

A massa de ar do tubo $m = \rho_{ar} \cdot V = 1,165\text{kg/m}^3 \cdot 0,83\text{m}^3 = 0,97\text{Kg}$

O Calor específico (C) do ar é $240\text{cal/kg}^\circ\text{C}$

Calcular o potencial calorífico do tubo $\Delta Q = m \cdot C \cdot \Delta T = 0,97 \cdot 240 \cdot 1,90 = 442,32 \text{ cal} = 442,32 \cdot 4,18 = 1849 \text{ J}$, podemos aproximar para 2000J

Para 1849J=1849w.s=1849/3600w.h=0,5W.h

A Comparação do Potencial calorífico em *joule* com a rotação do exaustor em RPM, os ensaios foram realizados em um dia que não havia ventos, exatamente para medir a diferença de calor com a rotação do exaustor protótipo, conforme detalha Tabela 4.2.

Tabela 4.2. – Relação entre Massa de calor e rotação.

Massa Calorias	Rotação RPM
1869	16
11384	33
9848	29
11317	43
11684	39
9681	31
4507	18
2036	15

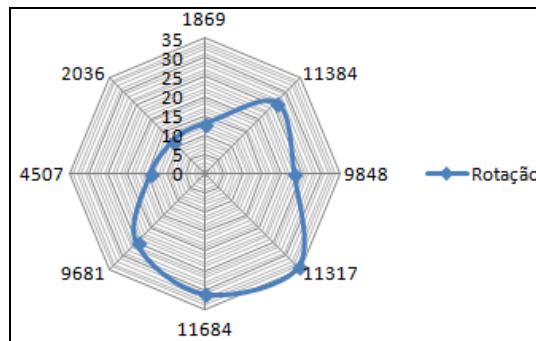


Figura 4.6 – Comparação da massa de calor com a rotação.

Observa-se que a rotação do exaustor está relacionada com a massa calorífica: quanto maior o calor, maior rotatividade, conforme Figura 4.6.

4.5 Teste no laboratório com os protótipos

Os testes foram realizados para identificar quais dos processos experimentados possam ser utilizados na intenção de aproveitar a energia mecânica gerada pelo exaustor e transpô-la em energia elétrica, de forma simples e prática. Foram escolhidos 4 processos:

- 1- Utilizando um dínamo de bicicleta;
- 2- Utilizando uma bobina com a indução de neodímios, chamado de “Relight”;
- 3- Polia acoplada ao eixo do exaustor eólico;
- 4- Gerador acoplado ao eixo do exaustor eólico.

4.5.1 Com dínamo de bicicleta

Esta adaptação não foi bem sucedida devido ao dínamo exigir um esforço no primeiro impulso para iniciar a girar o exaustor, o qual necessita de uma rajada de vento acima de 6m/s, e mesmo acontecendo esse impulso, o dínamo provoca atrito na borda do exaustor, dificultando o giro, e com pouca velocidade o exaustor gira muito lento de forma natural. Para atingir o objetivo almejado, necessita de outros impulsos como, por exemplo, de uma placa solar acoplada em um motor para ajudar a girar com maior velocidade, conforme demonstrada na Figura 4.7.



Figura 4.7 – Dínamo de Bicicleta.

4.5.2 Com gerador com Bobinas e Neodímios – (Relight)

Com esse processo foram realizados 3 ensaios, sendo que o 1º obteve o resultado com

média de 3,5 *Volts* de corrente alternada, com picos com mais e menos corrente, devido ao espaçamento dos neodímios distribuídos em torno da borda do exaustor.

O 2º ensaio foi realizado utilizando-se 42 neodímios de 10mmx5mm e 14 neodímios de 20mmx2mm, instalados sempre em uma sequência de polaridade, um norte, outro sul, e assim, sucessivamente, com espaçamento entre eles, em média de 3 cm, e a bobina de 12 *volts*, conforme demonstra a Figura 4.8.

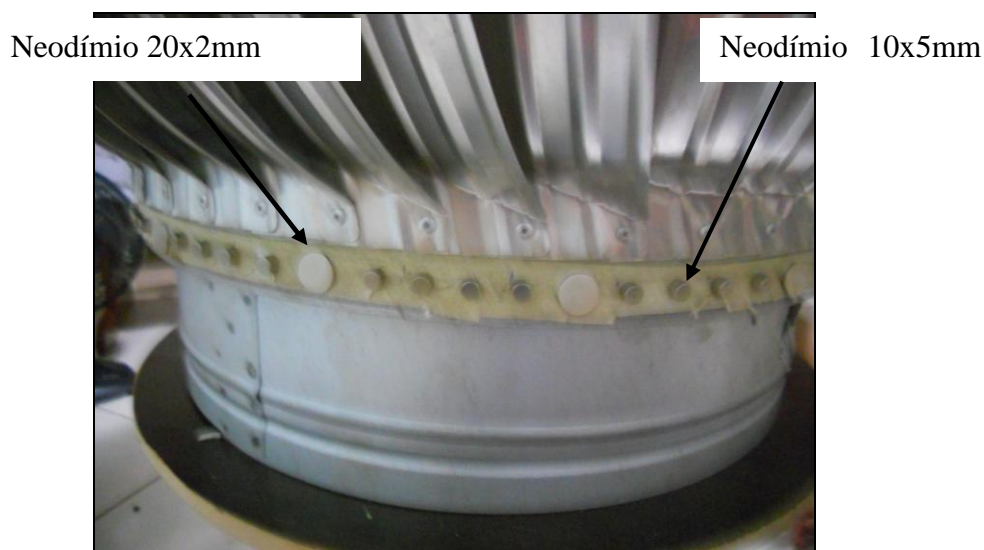


Figura 4.8 – 2º ensaio utilizando um cinturão com neodímio com espaçamento menor.

O 3º ensaio foi realizado juntando todos os neodímios, Figura 4.9.

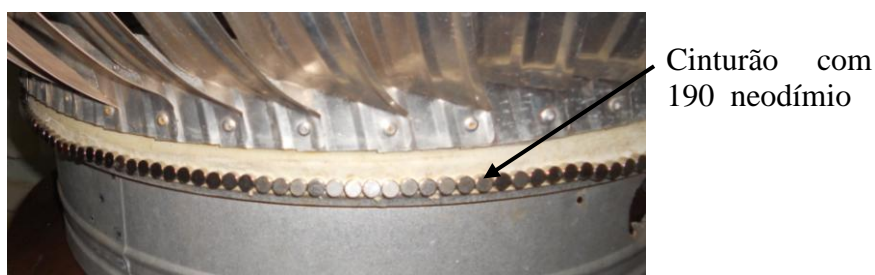


Figura 4.9 – 3º ensaio utilizando 190 neodímios.

Com este ensaio foram percebidos os picos máximos da capacidade da bobina, exatamente no momento em que o cinturão de neodímios passa pela bobina, e os *leds* ficam com a intensidade forte e não se percebe, a olho nu, eles piscarem.

Foi realizada uma comparação, entre a rotação do exaustor e a velocidade do vento com a

corrente gerada, conforme demonstrado na Tabela 4.3:

Tabela 4.3 – Comparação rotação, velocidade e corrente.

Ensaio	Rotação	Velocidade Vento em m/s	Corrente media - Volts	Observações
1	53,0	3,60	3,10	Os <i>leds</i> ficam piscando com intensidade fraca.
2	67,5	4,70	5,80	Os <i>leds</i> ficam mais forte.
3	77,5	5,80	6,50	Os <i>leds</i> ficam bem fortes, mas percebe-se pouco o pisca dos <i>leds</i> .

Conforme se observa, com a bobina e os neodímios utilizados, quanto maior a velocidade do vento, maior é a corrente adquirida.

O Exaustor está com os 190 neodímios de 10mmx5mm acende uma lâmpada de emergência com 36 *leds*, constante Figura 4.10.

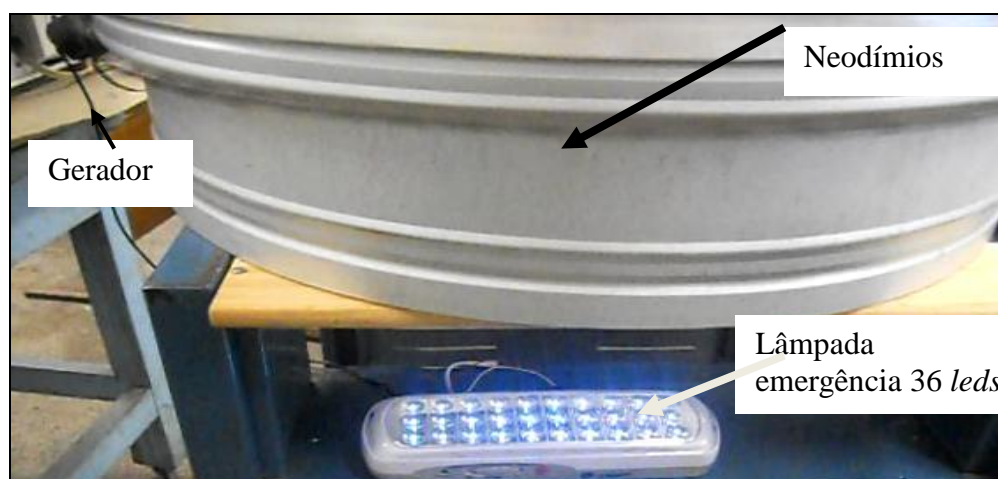


Figura 4.10 - Exaustor girando com os 190 neodímio com uma lâmpada de emergência com 36 *leds*.

4.5.3 Com polia acoplada ao eixo

Pesquisa realizada no SENAI/SESI PR (2011), o resultado em laboratório foi satisfatório,

conseguindo gerar energia para acender uma luminária de emergência com 36 *leds* e uma luminária com 36 *leds*.

Este projeto poderá ser adaptado e utilizado nos exaustores de um dos galpões, acoplado em um conjunto de baterias. A polia acoplada ao eixo na parte de baixo do exaustor, da mesma forma como foram realizados os testes, ou parte superior externa com um adaptador para o motor. Esse método gera energia por 24 horas, lançando-a a um banco de baterias, onde será armazenada e poderá fornecer energia elétrica para ser consumida em momentos críticos, utilizando para as lâmpadas de emergência ou painéis de propagandas, conforme detalhes na Figura 4.11.

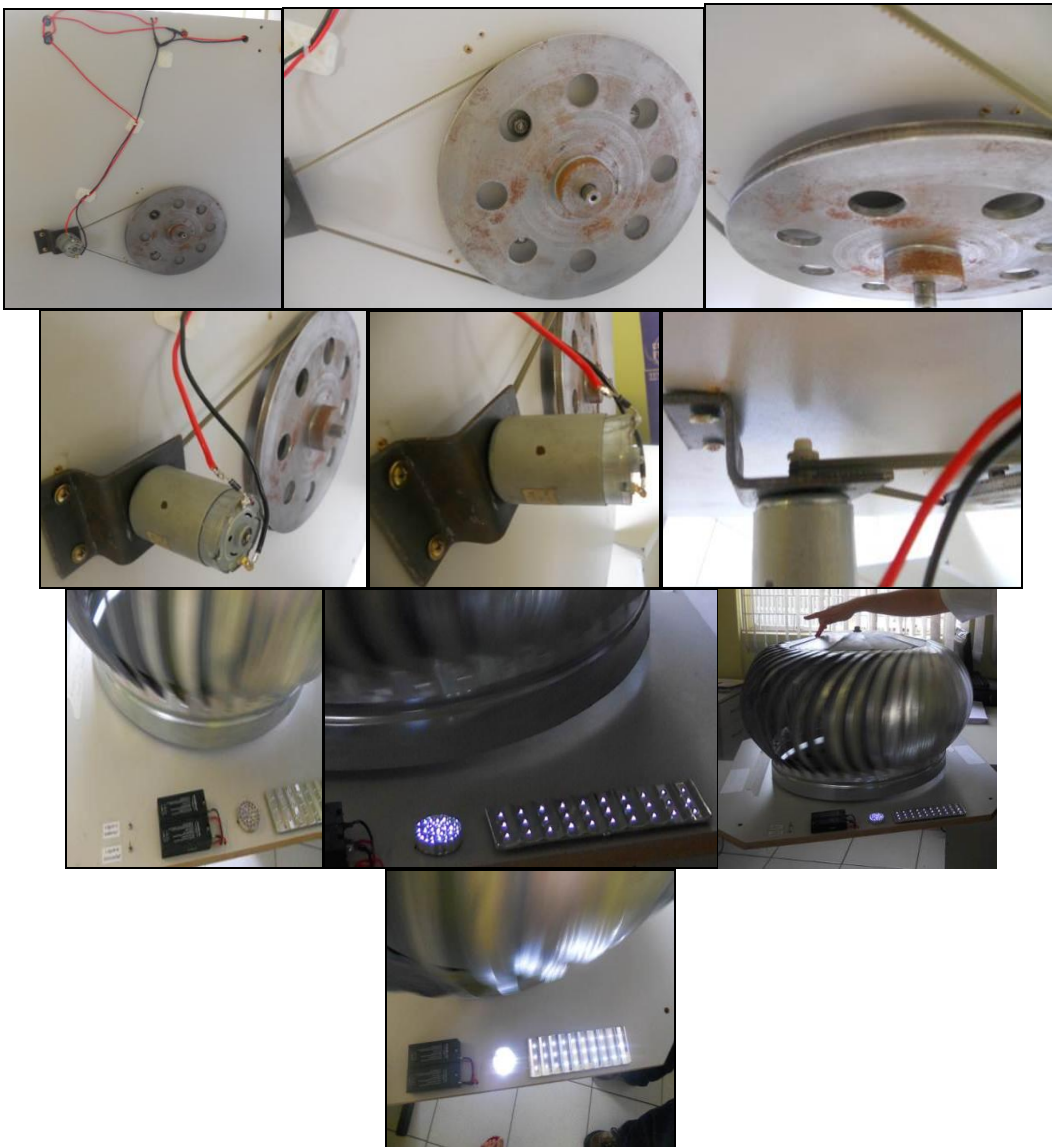


Figura 4.11 – *Processo com geração de energia utilizando a polia.*

4.5.4 Processo com motor acoplado ao eixo

Este Processo foi aplicado para várias voltagens para avaliar a rotação necessária para gerar a energia adequada, conforme demonstra a Tabela 4.4.

Tabela .4.4 – Aplicação da voltagem com rotação do exaustor.

Teste com o motor			
Voltagem aplicada (V)	Rotação (rpm)	Potencia (w)	Voltagem Gerada (V)
2,2	158,2	0,5	6,5
1,9	148,4	0,4	6,1
1,8	132,2	0,4	5,5
1,7	122,9	0,4	5,0
1,6	109,2	0,4	4,5
1,5	103,0	0,4	4,3
1,4	98,6	0,4	4,0
1,3	84,5	0,4	3,5
1,2	71,5	0,4	3,0
1,1	69,9	0,4	2,5

Relação velocidade de ventos da região de Cuiabá com a rotação do gerador, e com auxílio de um tacômetro, anemômetro e um ventilador adaptado, conseguiu-se identificar a rotação do exaustor sobre o seu eixo com relação a velocidade do vento, conforme demonstra na Tabela 4.5.

Tabela .4.5 – Relação da velocidade do vento com a rotação do exaustor.

Velocidade m/s	Rotação RPM
3,0	37,3
3,2	40,2
3,9	52,5
4,7	59,2
5,8	73,0
6,0	76,0

A temperatura na cozinha industrial em comparação ao vento de Cuiabá no dia 29/05/2012, conforme demonstra a Figura 4.12.

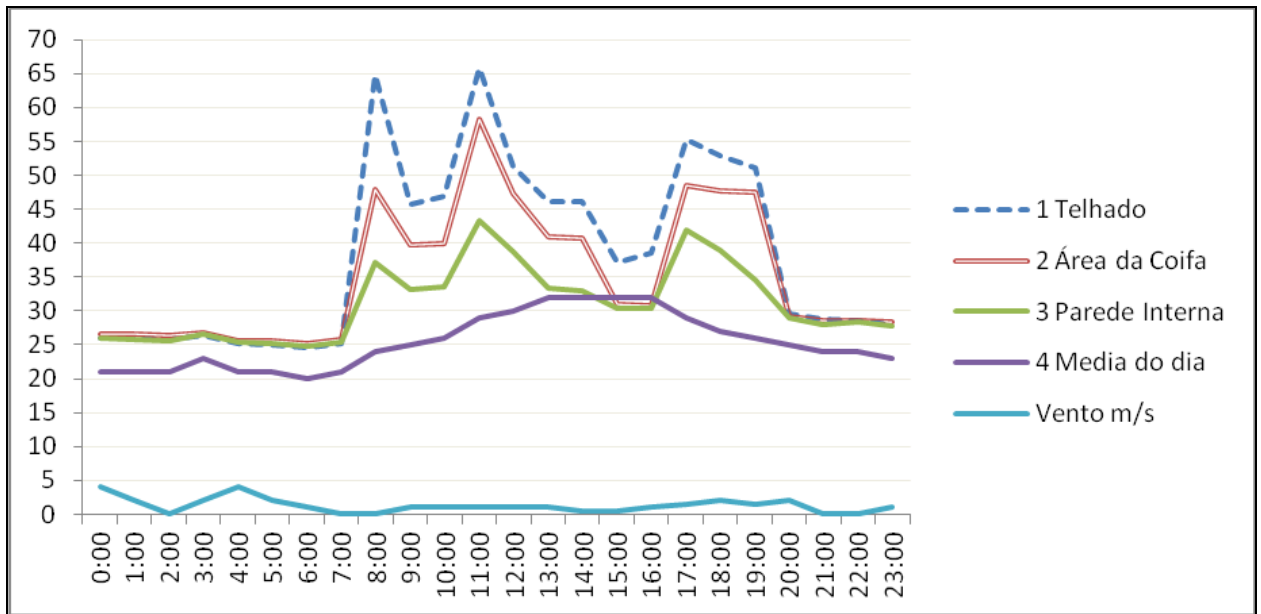


Figura 4.12 - Temperatura e vento em Cuiabá dia 29/05/2012.

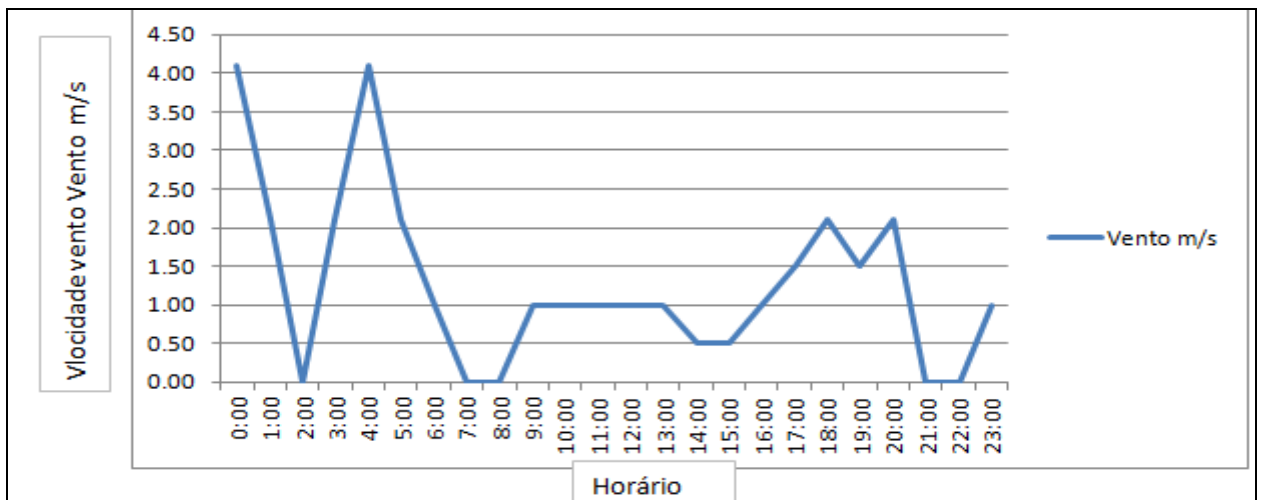


Figura 4.13 - Velocidade do vento no dia 29/05/2012, em m/s.

Observa-se, na Figura 4.13, o gráfico de velocidade do vento na cidade de Cuiabá, a baixa velocidade do vento, não havendo força suficiente para impulsionar o exaustor eólico para obter energia elétrica com o motor acoplado em seu próprio eixo. Para essa situação, foi testada a utilização de uma placa fotovoltaica Figura 4.14, que impulsiona o exaustor a girar em dias sem vento. Desta forma, faz a sucção do ar no ambiente, mesmo sem a velocidade do vento e o exaustor gira em alta velocidade fazendo o papel de retirada do ar quente com rapidez, proporcionando uma ventilação no interior da cozinha industrial.

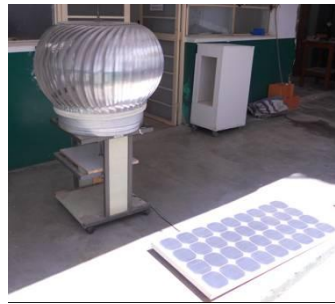


Figura 4.14 – Teste com o exaustor utilizando uma placa solar.

O teste realizado com o motor de passos ligado no eixo do exaustor Figura 4.15, não foi bem sucedido, pois, o motor utilizado não consegue gerar energia elétrica com baixa rotação, conforme demonstram as medições Figura 4.16. E ainda, as peças que foram adaptadas no exaustor de ferro fundido, deixou o eixo muito pesado, prejudicando ainda mais a rotação do exaustor.

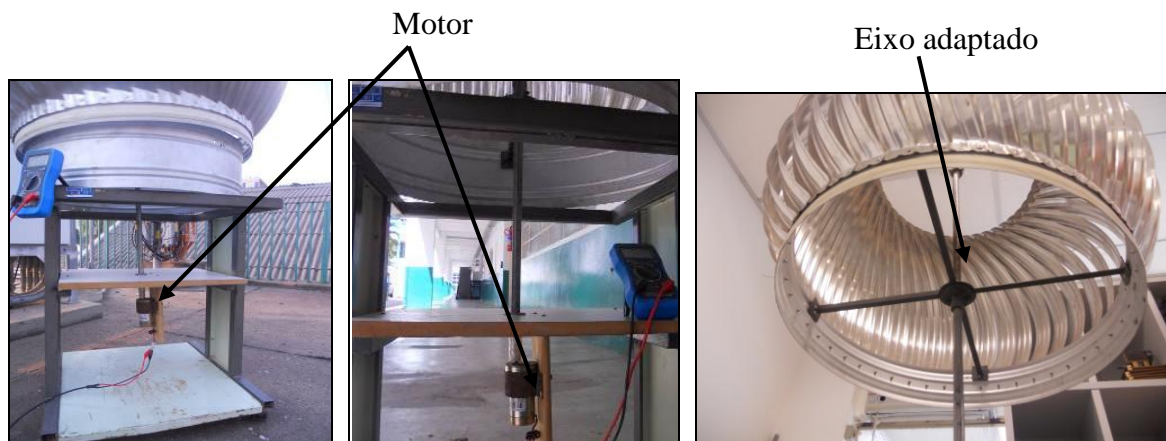


Figura 4.15 – Exaustor com eixo central adaptado para girar.



Figura 4.16 – Processo eixo central e suas medições.

4.5.5 Vantagens técnica dos protótipos

Comparando os 4 processos, foram descritas as vantagens técnicas de cada um deles, conforme detalhado na Tabela 4.6.

Tabela. 4.6 – Vantagens técnica dos protótipos utilizados.

Protótipo	Vantagens	Potencial	Dificuldades encontradas
Dínamo bicicleta	Fácil aquisição e montagem	O Potencial é para acender 3 leds de 1,5 V	Prejudica a rotação. A fricção provoca o atrito dificultando a rotação natural do exaustor.
Gerador com bobinas e Neodímios - Relling	Fácil montagem	Com uma bobinas 12 V, acendeu uma luminária com 36 leds Mas tem o potencial para incluir mas 4 bobinas, e mais 4 luminária de 36 leds	Bobina tem que ser desenvolvida, e os neodímios não são encontrados no mercado local. Encomenda-se de outro estado
Polia acoplado ao eixo	Fácil desenvolvimento	Com apoio de uma bateria, foi capaz de suportar 2 luminária de 36 leds cada.	É instalada embaixo do exaustor, prejudicando a entrada do ar; se colocado acima do exaustor fica exposto ao tempo. No entanto, poderá ser adaptada a polia no próprio aro, como uma roda de bicicletas.
Motor acoplado ao eixo	Fácil montagem	Este processo, necessita de melhorias, possui o potencial para atender uma luminária de 36 leds.	Difícil adequar e encontrar o gerador para baixa rotação.

4.5.6 - Custo de cada processo.

Valores gastos com cada processo, conforme de detalhe a seguir:

- 1) O primeiro processo com Dínamo Bicicleta, utilizou-se, apenas, o dínamo. Então, o valor foi somente o de R\$ 40,00 (quarenta reais);
- 2) O segundo processo, com a utilização do Gerador – bobinas e ímãs neodímios - *Relling* e simples de elaborar, mas, tem-se que produzir a bobina com um custo entre fios e mão de obra, ficando em torno de R\$ 6,50 (seis reais, e cinquenta centavos), e o cinturão de neodímio de 10mmx5mm, custa R\$ 1,00 cada, para os 190 neodímios necessário no cinturão, custará , no total, R\$ 196,5 (cento e noventa seis reais e cinquenta centavos);

- 3) O terceiro processo, com Polia acoplada ao eixo, o custo de uma polia de alumínio é de R\$ 30,00 (trinta reais). O valor de um mini gerador de 12 V é de R\$ 25,00 (vinte cinco reais), totalizando R\$ 55,00 (cinquenta cinco reais).
- 4) O quarto processo , o motor acoplado ao eixo, o custo foi do mini gerador de 12 V no valor de R\$ 25,00 (vinte e cinco reais) e a adequação do eixo do exaustor R\$ 50,00 (cinquenta reais), totalizando o valor de R\$ 75,00 (setenta cinco reais).

Tabela. 4.7 – Resumos dos custos.

Processos	Custo
1º Dínamo bicicleta	R\$ 40,00
2º Bobina com neodímio	R\$ 196,50
3º Polia acoplado ao eixo	R\$ 55,00
4º Motor acoplado ao eixo	R\$ 75,00

Conforme resumo na Tabela 4.7, apesar de o 1º processo obter um custo menor, não é o mais viável tecnicamente, devido promover um atrito na borda do exaustor, dificultando e inviabilizando o processo.

O 4º não foi viável tecnicamente, pois o motor não conseguiu gerar energia com baixa rotação.

O mais viável economicamente foi o 3º processo, utilizando com a polia no eixo, como também, a polia pode ser adaptada na base ou no topo do exaustor, no entanto, a manutenção é mais complexa.

O 2º processo, o custo está em torno de 4 vezes superior ao 3º processo, no entanto, ele possui probabilidade de gerar energia elétrica com maior facilidade e quantidade. Cada exaustor poderá ser uma micro usina geradora de energia limpa, alcançando um potencial desejado, necessitando apenas melhorar a relação bobinas e neodímios com a energia desejada, sem alterar a função primária do exaustor eólico.

4.6 Considerações finais

O objetivo final desta dissertação, foi a de avaliar os processos de geração de energia utilizando o exaustor eólico na intenção de aproveitar a energia mecânica gerada pelo exaustor e transpô-la em energia elétrica, de forma simples e prática.

Este capítulo descreveu os resultados, indicado na metodologia apresentada no capítulo anterior, de onde se extraíram as conclusões.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO

5.1 Aspectos Gerais

Com o objetivo de atender esse item a pesquisa, procura-se demonstrar que com pequenas práticas pode-se contribuir com a sustentabilidade na construção civil, sendo que foi avaliada a capacidade de geração de energia elétrica produzida por exaustores eólicos como fonte alternativa e limpa em uma cozinha industrial.

O exaustor eólico utiliza como força motriz a energia eólica, para combater problemas com o calor, fumaça, mau cheiro, gases tóxicos e partículas suspensas (poeiras finas).

5.2 Principais Conclusões e Contribuições

O resultado esperado foi alcançado, pois se comprovou que a instalação de apenas um exaustor eólico na cozinha industrial, contribuiu para minimizar o calor no ambiente laboral das cozinheiras, onde se observou a redução em horário de pico, em até 4 C° a temperatura do ar, contribuindo para um ambiente mais salubre.

No estudo em laboratório, utilizou-se o exaustor eólico com 4 tipos de protótipos com processos diferentes, chegando à conclusão que os 4 protótipos são capazes de gerar energia alternativa, necessitando apenas definir o fim desejado e as adequações necessárias para cada processo.

No primeiro processo foi utilizado um pequeno gerador, dínamo de bicicleta, o qual é fácil de se adquirir e instalar, com custo baixo, mas a desvantagem é a de provocar um atrito na borda do exaustor eólico diminuindo a rotação natural do exaustor. No entanto, dependendo do fim desejado, poderá gerar energia. Para isso, é necessário instalar uma placa fotovoltaica, acoplada em um motor para punccionar o exaustor a girar em momentos com pouca ventilação. Desta forma, o pequeno gerador poderá contribuir com geração de energia e armazená-la, em um conjunto de baterias, para ser utilizada em luminárias de emergência.

No segundo processo, em um estudo preliminar, concluiu-se que o sistema de bobinas e imãs é o mais viável tecnicamente e economicamente, com pequena bobina com um

cinturão de imãs, utilizando o método semelhante ao de turbinas eólicas de eixo vertical (VAWT), de pequenas dimensões e baixo custo. Este processo de construção alcançou o objetivo do protótipo: ser flexível, custo acessível, fácil montagem, baixa manutenção, fácil transporte. Para implantar em escala industrial, há necessidade de aprimoramento no desenvolvimento do produto.

O terceiro processo, com a polia acoplada, possui um custo baixo, fácil produção, mas, a manutenção é mais complexa. A polia deverá ser fabricada com o diâmetro de acordo com a rotação desejada, deve-se utilizar material leve, mas é de fácil montagem. O método utilizado gerou a energia desejada para acender 72 leds em período contínuo. Este processo poderá ser também aproveitado, ao se inverter a instalação da polia para o topo do exaustor eólico, liberando espaço interno para o fluxo de ar, melhorando a exaustão. No entanto, tanto a polia como o gerador e a correia ficarão expostos ao tempo.

O quarto processo, com o motor acoplado ao eixo principal, identificou-se a possibilidade de geração de energia. No entanto, o motor fica exposto ao calor, fumaça e gordura e o motor utilizado na pesquisa necessita de uma rotação maior do que as demais propostas. Para este objetivo é necessário pesquisar outros geradores que possam funcionar com baixa rotação.

O exaustor eólico, além de ser utilizado para a geração de energia, oferece ao ambiente o conforto térmico, que é um conceito subjetivo, pois, depende da sensibilidade das pessoas, dos grupos étnicos, da situação geográfica e dos aspectos climáticos.

Atualmente, as pessoas tornam-se exigentes quanto à qualidade de vida e respeito aos seus direitos, principalmente no ambiente de trabalho, onde passam muitas horas da vida. Portanto, não há como desvincular dessas exigências, o conforto térmico e a qualidade do ar.

Quanto ao conforto térmico, está comprovado, através de estudos e na prática do dia-a-dia, que pessoas, sentindo-se confortáveis, produzem mais, sentem-se mais dispostas, pois, preferem conviver num ambiente agradável. Não é sem razão que empresas, escolas, restaurantes, *shopping centers* e outros investem em instalações de ar condicionado, sabendo que o retorno do investimento é garantido.

O exaustor eólico, além de não consumir energia elétrica, oferece outros benefícios e vantagens, tais como: totalmente silencioso, baixo custo de instalação e manutenção, amortização imediata, não produz fagulhas e/ou centelhas, elimina riscos de incêndio, possibilita reduções na apólice de seguro contra incêndio, funciona de forma ininterrupta; reduz odores, gases tóxicos e partículas em suspensão; remove o ar quente no verão e a umidade no inverno; aproxima a temperatura interna da externa à sombra, e adéqua a empresa às exigências da Norma NR-9 “Riscos Ambientais”, do Ministério do Trabalho. Sua manutenção consiste em trocar esporadicamente os dois rolamentos que compõem sua parte móvel. Nos Exaustores Eólicos os rolamentos duram, em média, 05 anos, em Exaustores Eólicos 100% em alumínio (à prova de corrosão) foi constatada vida útil de 06 anos.

Quanto aos exaustores eólicos também é sugerida a instalação em ambientes que apresentem as seguintes características: não possuem forros, com máquinas que produzem calor, quando acionadas, com fluxo relativo de pessoas, em locais de criação de animais, pois, os animais são os que mais sofrem com o calor, principalmente estando em confinamento, onde o calor pode ocasionar até mesmo mortandade. O Exaustor Eólico, nestes casos, ameniza a temperatura e renova o ar, tornando-o mais fresco e saudável. O Exaustor Eólico retira os vapores evitando a condensação. É indicado, principalmente, para locais para armazenagem, que abrigam produtos que acumulam umidade.

Diante do resultado da pesquisa, a sugestão para a cozinha industrial do IFMT é implantar 1(um) exaustor eólico no teto da área de cozimento, com objetivo de melhorar o fluxo de ar, deixando o ambiente muito mais arejado e salubre, e principalmente gerando energia limpa, adaptando ao mesmo um cinturão de neodímio, e uma pequena bobina, ligado diretamente a uma lâmpada de emergência de 36 *leds*. O cinturão do exaustor pesquisado possui 1.90m, para esse comprimento ser totalmente preenchido pelos neodímios será necessário 190 peças de 10mm e 5mm, e no mínimo, uma bobinas gerando em média 12 *volts*. Desta forma, a lâmpada de emergência de 36 *leds* ficará ligada permanentemente.

Uma outra importante utilização seria a instalação de exaustor eólico em condomínios, nas áreas sociais, especialmente, nas churrasqueiras, que, além de promover maior nível de qualidade do ar e conforto dos usuários, reduz custos e aproveita-se a energia

acumulada, para funcionamento de lâmpadas de emergência instaladas nas escadas, atendendo, preventivamente, os condôminos, nos casos de apagões de energia elétrica.

5.3 Desenvolvimento Futuro

O desenvolvimento desta dissertação baseou-se inicialmente na proposta de estudar e desenvolver um protótipo capaz de gerar e fornecer energia utilizando o exaustor eólico, equipamento abundante nos galpões industriais espalhados no país, composto por um sistema simples e fácil de operar. Pretende-se estudar a viabilidade da integração de um sistema deste , ligado com lâmpadas de emergência, sem ligação à rede elétrica, em uma cozinha industrial.

1. Este trabalho permitiu uma maior sensibilidade para as questões inerentes ao desenvolvimento de protótipos, utilizando o exaustor eólico e imãs. Sendo um conceito relativamente pouco estudado com a utilização do exaustor eólico;
2. Propor novos modelos de bobinas e imãs, relacionado com o potencial de geração de energia, comparando com os modelos existentes de micro usinas.
3. Desenvolvimento de uma bancada de testes para esse novo protótipo, facilmente adaptável a diferentes configurações.
4. Aumentar os tamanhos dos neodímios, juntamente com a proporção das bobinas, com objetivo de melhorar o potencial da geração de energia.
5. Incluir no processo de pesquisa com uso de neodímio, o conversor de energia e realizar as análises.
6. Incluir nos processos a análise da qualidade de energia, utilizando os neodímios.
7. Pesquisar o processo com uso de neodímio, a fim de alimentar um banco de baterias para posterior utilização para carregar um aparelho elétrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

WNN - World Nuclear News -**Belgium Postpones Nuclear Phase-Out**. Disponível em: <<http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=28719>>. Acessado em: 29 de out. de 2010.

ABEE . Disponível em: < <http://www.abee.org.br/index.php/eficienciaenergetica>>. Acesso em: 27 de maio de 2012.

AMADORA C.M.. A21 - **Desenvolvimento Sustentável** - Disponível em: <<HTTP://www.cm-amadora.pt.htm>>. Acesso em 11 de nov. de 2011.

ANDERSON, Benite / Diretor da Unidade de Sustentabilidade do CTE, **Emissões de Carbono e a Construção Civil**, Artigo 27/02/2011.

BEM, BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2011, ano base 2010.

BRASIL, R.P.C. - **Utilização de exaustor eólico no controle de temperatura e ventilação de ambiente protegido**, Piracicaba 2004, UFMG, Minas Gerais.

BREIDTHARDT ,A., 2011 “**German Government Wants Nuclear Exit by 2022 at Latest,**” Reuters News Service (May 30, 2011), < <http://www.reuters.com/article/2011/05/30/us-germany-nuclear-idUSTRE74Q2P120110530>>. Acesso em: 30 de mai. de 2011.

BUSSOLOTI, F, 2007. "**How Stuff Works - Como funcionam as construções sustentáveis**". Publicado em 29 de novembro de 2007 (atualizado em 11 de julho de 2008) <http://ambiente.hsw.uol.com.br/construcoes-ecologicas.htm>. Acesso em: 20 de jun. de 2012.

CAMPELO, JR. J. H.; CASEIRO, F. T.; FILHO, N. P.; BELLO, G. A. C.; MAITELLI, G. T.; ZANPARONI, C. A. G. P. **Caracterização macroclimática de Cuiabá**. In. Encontro nacional de estudos sobre o meio ambiente, 7, 1991, Londrina, Anais. Londrina, v. 1.

COLE, R.J, 2005 **Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles**. Building Research and Information, v. 35, n. 5, p. 455.467, 2005.

E AQUA – Belo Horizonte, MG, 2011.

EBES. Disponível em : <<http://www.ebes.com.br/web/pag.php?secao=residencial&id=3>>. Acesso em: 30/07/2012.

ELETROBRÁS - PROCEL, 2004 COLE, R.J, 2005.

FEIST W., Schnieders J., Dorer V., Haas A.(2005) – “Re-inventing air heating: Convenient and comfortable within the frame of the Passive House concept”, Passive House Institute, Rheinstrasse 44/46, D-64283 Darmstadt, Germany.

FIEP. Disponível em : <<http://www.agenciafiep.com.br/noticia/sesi-e-senai-parana-premiam-vencedores-da-mostra-inova>> Acesso em 27 de maio 2012.

GIBBERD, J., 2002 - **The Sustainable Building Assessment Tool assessing how buildings can support sustainability in developing countries**. In: BUILT ENVIRONMENT PROFESSIONS CONVENTION. Johannesburg, South Africa, 1 - 3 May 2002.

GUIA TÉCNICO, 2010 – Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica - IBAM.

IPCC. The IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation 24th September 2011, The New School for Social Research, New York Prof. Dr. Ottmar Edenhofer Co-Chair of the IPCC Working Group III “Mitigation of Climate Change”.

JORGE, A. M, 2008 – **Sustentabilidade e desenvolvimento local: estudo de projeto na forma de habitação da ecovila viver simples em Itamonte – MG**.

- KAHN M., 2011 “**Delay to Polish Nuclear Plant Not Critical**” “PGE,” Reuters News Service (January 27, 2011), website www.reuters.com/article/2011/01/27/nuclear-poland-idUSLDE70Q17220110127; <<http://www.energytribune.com/articles.cfm/5365/Turkey-Planning-Second-Nuclear-Power-Plant>>. Acessado em: 23 de set.2011.
- KANTER J, 2011, “**Switzerland Decides on Nuclear Phase-Out**,” New York Times (May 25, 2011), website <www.nytimes.com/2011/05/26/business/global/26nuclear.html>. Acesso em: em 26 mai. de 2011.
- KATS, G (2003). **Green Building Costs and Financial Benefits**. Massport: Massachusetts Technology Collaborative, Massachussttes, ESA.
- KIBERT, J, Charles (2012) “**The Emerging Future of Sustainable Construction: Net Zero**’ SHB2012 - 7th International Symposium on Sustainable Healthy Buildings, Seoul, Korea 18 May 2012, University of Florida, USA.
- LANHAN A., 2004 - **Arquitetura Bioclimática - Perspectivas de inovação e futuro** - Seminários de Inovação, publicado em 14 junho 2004.
- LAVILLE, A. **Ergonomia**. São Paulo: EPU, 1977.
- LEITE F. V., 2011. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2011**, ano base 2010.
- LI HAIYAN, Huang Yan, Li Xiaoxue, Mei Huirui, 2008, “**Reasonable Construction of Sustainable Water Environment in Green Building**”, Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, China.
- MARTINS, R, 2007, “**Sistemas de Exaustão e Ventilação Industrial**” - SBRT – Serviços Brasileiro de Respostas Técnicas.
- MEKHILEF , S., Saidur R, Safari A. (2011), “**A review on solar energy use in industries**” - Renewable and Sustainable Energy Reviews – Department of Electrical Engineering, university of Malaya, Malaysia.
- MOOMAW, W., Yamba F., Kamimoto M., Maurice L., Nyboer J, Urama K., Weir T., (

2011), **“Introduction. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation”**, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

National Resources Defense Council, Tuning in to Energy Efficiency: Prospects for Energy Savings in TV Set-top Boxes (2007), Disponível em : <www.efficientproducts.org/reports/stbs/NRDC_SetTopBoxes_Brochure_FINAL.pdf> Acesso em: 25 mai. de 2011.

NUNES R, 2008, **O que é Arquitetura Sustentável**, <<http://www.ecologiaurbana.com.br/residencia-sustentavel/arquitetura-sustentavel/>>. Acesso em: 30 de jun 2011.

OLIVEIRA, A. S. **Influência da vegetação no microclima e uso de praças públicas**. Cuiabá, 2011. 148f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

_____. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia em residências na cidade de Cuiabá**. Cuiabá, 2007. 107f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

PINHEIRO, M. D., 2006. **Ambiente e Construção Sustentável**. 1 ed. Portugal: Instituto do Ambiente, 2006, 243 p. Figura 21 - Sede da Amatur em Palmas – TO - Fotos retirada do site: <http://www.rce.org.br/Rce/novos_predios.html>. Acesso em: 01/11/2011.

RCE. Disponível em: <http://www.rce.org.br/rce/geracao_predios.html>. Acesso em: 06/05/2012.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**. In: BURSZTYN, M. Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 29-56.

SIMÃO, P. S. **Desenvolvimento com Sustentabilidade**. CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da construção, 2012.

SISTEMAS LEED CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2012

STAWITZ, C. C. - **Increasing Awareness of Residential Energy Consumption:** Analysis and Presentation for eco MOD, a Sustainable Housing Initiative - Proceedings of the 2008 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium, University of Virginia, Charlottesville, VA, USA, April 25, 2008.

STELLFOX, D., (2011) - **“Spain’s Political Parties Agree on Longer Nuclear Plant Life,”** Platts News Article & Story 15, February 2011, Platts, Barcelona.

VENTCENTER. Disponivel em: <<http://www.ventcenter.com.br/eolico.html>>. Acesso em: 27/06/2012.

WHO-World Health Organization - Housing setor, 2011.