

Geraldo Alves da Silva

**COGERAÇÃO À PARTIR DE ENERGIA CINÉTICA DE
TRANSPORTADORES INDUSTRIAIS E DE PESSOAS**

Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado em Engenharia Ambiental da
Universidade Federal de Santa Catarina para a
obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Roberto
Soares

Santa Catarina
2016

CESSÃO DE DIREITOS: Geraldo Alves da Silva

TÍTULO: Cogeração a partir de energia cinética de transportadores industriais e de pessoas.

GRAU: Mestre

ANO: 2016

Ficha de Cartográfica

SILVA, Geraldo Alves da. COGERAÇÃO A PARTIR DE ENERGIA CINÉTICA DE TRANSPORTADORES INDUSTRIAIS E DE PESSOAS / Geraldo Alves da. SILVA ; Orientador, Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares - Florianópolis, SC, 2016. 91 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Eficiência Energética e cogeração de energia.
2. Tipos de energia e impactos ambientais.
3. Geradores de energia
4. Energia cinética de transportadores industriais e de pessoas.

Geraldo Alves da Silva

**COGERAÇÃO A PARTIR DE ENERGIA CINÉTICA DE
TRANSPORTADORES INDUSTRIAIS E DE PESSOAS**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de “Mestre em Engenharia Ambiental”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental.

Banca Examinadora:

Santa Catarina, ____ de _____ de 2016.

Prof. Dr. Mauricio Luiz Sens
Coordenador do Curso

Prof. ^a Dr. Maria Eliza Nagel Hassemer
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. ^a Dr. Claudia Lavina Martins
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família
e amigos.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, por ter dado força para vencer mais essa jornada e chegar até aqui;

À paciência e apoio da família e amigos de forma especial as minhas filhas Cleysilene e Crislayne e minha digníssima esposa Cleudilene;

Em particular meus colegas de trabalho Cledson, Alexandre Alex e Rodrigo Luiz pelo apoio no desenvolvimento desse trabalho;

A meus amigos e mestres Alexandre José de Souza e Angela pelo apoio metodológico e incentivo sempre prestado.

A Mônica Rocha por ter me mostrado essa oportunidade de buscar novos ramos do saber.

Ao orientador Sebastião Roberto Soares pelo acompanhamento durante a elaboração deste trabalho.

Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa.

Albert Einstein, físico alemão um dos maiores gênios do século XX(1879 –1955)

RESUMO

Este estudo foi elaborado com o objetivo de determinar a força de tração dos transportadores e apresentar uma possibilidade de cogeração de energia elétrica a partir de energia cinética rotacional, considerando um gerador de fluxo axial de ímãs permanentes de baixa potência a ser acoplado em um sistema de transporte. É uma pesquisa de caráter inovador até então não abordado em estudos acadêmicos em uma época que os recursos naturais estão cada vez mais escassos, e já existe tecnologia comercial no mercado.

A metodologia adotada foi de pesquisa descritiva, visando demonstrar qualitativamente a relação entre o campo ambiental, climático e energético, para avaliação de impactos que são minimizados com a adoção de sistemas de cogeração. Para isto foram utilizadas fórmulas de cálculo de força de tração da energia cinética considerando dados dos manuais técnicos de fabricantes dos componentes, bem como pesquisa de tecnologias de geração de energia com baixa rotação que possam ser acopladas em sistemas transportadores industriais e de pessoas, possibilitando transformar números em informações.

A proposta se baseia em cálculos que demonstram um sistema de transporte industrial com sua capacidade para o qual foi projetado considerando todos os fatores de segurança recomendado pela engenharia, e o dimensionamento de uma máquina de fluxo axial para reaproveitamento da energia cinética rotacional

Esse propósito visa garantir inúmeras vantagens ao meio ambiente, tendo em vista a correlação de emissão de CO₂ que deixará de ser emitidas por KW gerados pela cogeração de energia.

Palavras-chave: Cogeração, Eficiência energética. Impactos ambientais, energia cinética, transportadores industriais e de pessoas, força de tração, Máquina de fluxo axial.

ABSTRACT

This study was prepared to determine the tensile strength of carries and present the possibility of electrical energy cogeneration from rotational kinetic energy, considering an axial flow generator of permanent low power magnets to be coupled in a transport system.

This innovative research was not addressed in any academic studies, at a time when natural resources are even scarcer and there is already commercial technology available on market.

The methodology used was descriptive research, aimed to demonstrate qualitatively the relation among the environmental, climate and energy field to evaluate the impacts that are minimized with the adoption of cogeneration systems. For this, it was used calculation formulas of kinetic energy tensile strength, considering data from technical manuals of component manufacturers as well as research of technologies of energy generation with low rotation that can be coupled in industrial and people transportation systems that can transform numbers into information.

The proposition was based on calculations that demonstrate an industrial transportation system with its capacity that was projected considering every safety factors recommended by engineering, and the design of an axial flow machine to reuse rotational energy.

This project targets to ensure numerous benefits to the environment, given the correlation of CO₂ that will no longer be emitted due to the KW generated by energy cogeneration.

Keywords: Cogeneration, Energy efficiency. Environmental impacts, kinetic energy, industrial and people transportation systems, tensile strength, axial flow machines.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- MATRIZ DE CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL.....	18
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO EÓLICA.....	23
FIGURA 3 - ILUSTRAÇÃO DE REPRESENTAÇÃO DE FORÇA	30
FIGURA 4 - DETALHAMENTO DE TRANSPORTADOR DE ARRASTE	31
FIGURA 5 - SISTEMA DE TRANSMISSÃO	39
FIGURA 6 - RODA DENTADA Z24	40
FIGURA 7 - RODA DENTADA Z35	40
FIGURA 8 - SISTEMA DE ENGENHAGEM	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DADOS DO MOTOR ELÉTRICO	38
TABELA 2 - DADOS DO REDUTOR.....	41
TABELA 3- DADOS OBTIDOS DA LEITURA NO VISOR DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA	42
TABELA 4 - DADOS TÉCNICOS DE UM GERADOR DE NEODÍMIO	45
TABELA 5 COGERAÇÃO X POTÊNCIA INSTALADA NO BRASIL.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BBI	Base em dados do Banco de Informação e Geração
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e níveis de Eficiência Energética
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
EE	Eficiência energética
EEA	<i>European Environment Agency</i>
ELETRORAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EPRI	<i>Electric Power Research Institute</i>
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
EUA	Estados Unidos da América
GD	Geração Distribuída
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)
PEE	Programa de Eficiência Energética
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PNMC	Política Nacional sobre a Mudança do Clima
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROESCO	Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	RELAÇÃO AMBIENTAL E ENERGÉTICA	16
2.1.1	<i>Tipos de energia e impactos ambientais</i>	<i>20</i>
2.1.1.1	Termoelétrica.....	20
2.1.1.2	Hidrelétricas.....	21
2.1.1.3	Eólica.....	22
2.1.1.4	Solar	24
2.1.2	<i>Geração centralizada e distribuída</i>	<i>24</i>
2.2	CONVERSÃO DE ENERGIA	28
2.3	TORQUE DE FORÇA DE TRACÇÃO	29
2.3.1	<i>Momento de uma força</i>	<i>29</i>
2.3.2	<i>Transportadores industriais.....</i>	<i>31</i>
2.4	TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA	32
2.4.1	<i>Máquina de Corrente Contínua</i>	<i>33</i>
2.4.2	<i>Máquina Síncrona.....</i>	<i>33</i>
2.4.3	<i>Máquina Assíncrona</i>	<i>34</i>
2.4.4	<i>Máquina de Fluxo Axial e Máquina de Fluxo</i>	
<i>Transversal</i>	<i>.....</i>	<i>34</i>
2.4.5	<i>Ímãs Permanentes</i>	<i>35</i>
3	METODOLOGIA	36
4	RESULTADOS	38
4.1	CÁLCULOS DA FORÇA DE TRACÇÃO.....	38
4.2	CÁLCULO DE POTÊNCIA NECESSÁRIA PARA O SISTEMA EM PLENA CARGA..	
	42
4.3	TECNOLOGIA UTILIZADA.....	46
4.4	CORRELAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS POR KW PRODUZIDOS	46
5	CONCLUSÃO	49
6	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

Os recursos naturais utilizados na geração de energia estão se extinguindo no ambiente em decorrência da exploração humana para atender a necessidades básicas na modernidade.

Segundo o MME, 2016, a matriz energética aponta as fontes renováveis como energia global nas próximas décadas, isto porque, as preocupações com as questões ambientais e o consenso mundial do desenvolvimento em bases sustentáveis vêm estimulando a realização de pesquisas de desenvolvimento tecnológico que vislumbram a incorporação dos efeitos da aprendizagem e a consequente redução dos custos de geração dessas tecnologias.

Neste contexto, leis e diretrizes ambientais, socioeconômicas e energéticas são formuladas para estabilização e resolução do quadro atual, assim como pesquisas, projetos e programas de organizações que regulamentam o equilíbrio entre necessidades, impactos e ações de reabilitação no campo ambiental, econômico e socioeconômico.

O desenvolvimento dessas fontes ingressa em uma nova etapa no país com a implantação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que apoia investimentos em projetos de geração de energia através de fontes alternativas, em cumprimento à Lei nº 10.438/02 alterada pela Lei nº 10.762/03, de 26 de abril de 2002 e de 11 de novembro de 2003, respectivamente.

Tal iniciativa visa alavancar os ganhos de escala, a diversificação da matriz energética brasileira, aumentando a segurança no abastecimento, valorização das características e potencialidades regionais e locais, com criação de empregos, a aprendizagem tecnológica, a competitividade industrial nos mercados, interno e externo e, sobretudo, a identificação e a apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos na definição da competitividade econômico-energética de projetos de geração que utilizem fontes limpas e sustentáveis considerando a redução de emissão de gases de efeito estufa (MME, 2016)

Dentre as tecnologias inseridas no PROINFA estão as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), que são usinas com potência instalada superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW que atendem aos requisitos das resoluções específicas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); a Biomassa, matéria orgânica de origem animal ou

vegetal que pode ser utilizada na produção de energia, e energia eólica, também denominada energia dos ventos pode ser explicada, em termos físicos, como a energia cinética formada nas massas de ar em movimento. (MME, 2016).

Dados do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro apontam que o potencial eólico brasileiro indicativo é de 143.000 MW, sendo que 7.694,05 MW já foram autorizados. Atualmente, as usinas em operação tem capacidade instalada para gerar apenas 26,8 MW - o Ceará participa com quase 65% desta capacidade. As áreas com maior potencial eólico encontram-se nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste. (MME, 2016)

Estima-se que o potencial eólico bruto mundial seja da ordem de 500.000 TWh/ano, o que significa mais de 30 vezes o atual consumo mundial de eletricidade. Desse potencial, no mínimo 10% é tecnicamente aproveitável, o que corresponde a cerca de quatro vezes o consumo mundial de eletricidade.

Todas estas iniciativas mostram a urgência da utilização inteligente dos recursos naturais no que diz respeito às fontes energéticas, sendo essencial a adoção de alternativas sustentáveis para preservação ambiental e da geração das espécies, considerando que os impactos ambientais afetam toda a qualidade de vida, assim como a existência de todos os seres que habitam o planeta.

Neste contexto, uma das principais estratégias seria a substituição de fontes energéticas não renováveis por fontes renováveis na geração distribuída/cogeração de energia. A geração distribuída considerada como a produção de energia com geradores elétricos situados junto ou nas proximidades do(s) consumidor(es), resultando a diminuição dos impactos ambientais da produção de energia com a utilização de combustíveis menos poluentes, do melhor uso dos combustíveis tradicionais que permite, com a utilização da co-geração, a eliminação de resíduos industriais poluidores (SANTOS, 2008).

Este estudo visa a exploração do potencial energético da energia cinética rotacional advinda dos movimentos de esteiras e transportadores industriais ou de pessoas para a cogeração de energia elétrica, sendo uma pesquisa inovadora de relevância acadêmica em diversas áreas da engenharia, tais como: mecânica, elétrica e a ambiental.

Não se encontra na literatura a exploração deste potencial energético. Toda pesquisa realizada até o momento, no âmbito da energia cinética, focam nas energias dos ventos, energia eólica,

produzida a partir da força dos ventos e gerada por meio de aerogeradores ou pelas energias marítimas.

Espera-se que este trabalho seja o início de uma pesquisa e com possibilidades futura de desenvolvimento e implantação de uma solução que contribua para minimização de impactos ambientais e maior eficiência energética, a partir da energia cinética de transportadores em ritmo contínuo para cogeração de energia elétrica renovável.

1.2 Objetivos

Este trabalho visa analisar a possibilidade de cogeração de energia elétrica a partir do aproveitamento de energia cinética rotacional dos transportadores industriais e de pessoas.

Como objetivos específicos propõem-se:

- a) Avaliar a capacidade potencial de tração dos transportadores.
- b) Demonstrar a potência disponível para cogeração de energia.
- c) Apresentar a tecnologia a ser utilizada para geração de energia elétrica a partir de energia cinética rotacional
- d) Correlacionar os impactos ambientais que serão minimizados através da cogeração.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Relação ambiental e energética

A taxa populacional é crescente, assim como a demanda energética para sustentação da vida moderna. Nesse milênio, a poluição, proveniente da queima de combustíveis fósseis – incluindo o petróleo, o carvão e o gás natural – para geração de energia elétrica tem sido a principal causa das alterações climáticas (BORBA, 2002).

O principal impacto ambiental devido à prática de queima de combustíveis está relacionado aos níveis de emissão de CO₂ e outros gases que, popularmente, estão associados ao efeito estufa na atmosfera. Outro impacto é a escassez de recursos energéticos, que levou órgãos e instituições distribuidoras de energia à busca de soluções para melhorar a eficiência e a conservação energética. Neste contexto, constitui de forma perceptível a relação ambiental e climática ligada à questão energética (SANTIN e ALVIM, 2007).

Segundo Uczai (2012); as atividades humanas e emissões de gases possuem uma relação comprovada por estudos de causa e efeito. Essa relação provoca danos abruptos e irreversíveis que podem perdurar por séculos, dependendo da velocidade e magnitude da mudança do clima global, passando por aumento da temperatura média da terra, ar e oceanos, derretimento de gelo e elevação dos níveis de oceanos que podem alterar:

- O ecossistema e a biodiversidade com a extinção de várias espécies de plantas e animais.
- Os padrões do vento, tornando-o cada vez mais forte e causando mais precipitações, podendo, provocar ciclones, tufões e furacões.
- A condição de saúde de milhões de pessoas.
- As propriedades físicas, químicas e biológicas nos rios de água doce, modificando a qualidade e disponibilidade da água, da agricultura e da geração de energia.
- O nível de salinização de água subterrânea.
- Acidificação dos oceanos.
- Distúrbios externos como erosão e inundações em áreas baixas.
- Secas, incêndios florestais.
- Aparecimento de insetos.

Com base em dados do banco de informação da ANEEL (2016), o Brasil possui 4.491 empreendimentos de geração de energia em operação, 189 em fase de construção e 622 projetos ainda não iniciados.

Totalizando 142.422.945 KW de potência instalada e, com previsão de instalação de 37.531.102 KW na capacidade de geração do país.

O MME publicou o Plano Nacional de Energia, que define como meta para 2030 a economia de 10% no consumo final de energia elétrica e a necessidade de elaboração de planos específicos para responder a este desafio. O incentivo à utilização de energias alternativas constitui-se como um dos desafios e as iniciativas são norteadas pelo Plano Nacional de Eficiência Energética (MME, 2014).

Neste contexto, a Lei 10.295/2001, considerada a “lei da eficiência energética”, dispõe sobre o uso racional e conservação de energia. Surge, ainda, o decreto 4.059/2001, que regulamenta a lei de eficiência energética através do Comitê Gestor de Indicadores e níveis de Eficiência Energética (CGIEE) (MME, 2014).

Segundo Mariano e Cruz (2014) e o MME (2014), o Brasil é referência em Eficiência energética (EE), por lidar regularmente com o tema em busca de melhoria de qualidade dos serviços de energia e redução dos impactos ambientais.

As ações são baseadas em duas vertentes: a vertente humana, de conscientização, mudança de hábitos, atitudes e comportamentos; e a vertente tecnológica, que diz respeito à modernização de equipamentos, processos e tecnologias e investimentos. Tais ações são realizadas pelas instituições citadas pelo MME (2014):

- O Ministério de Minas e Energia – MME.
- A ELETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)
- A PETROBRÁS, responsável pela CONPET Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural, vinculado ao MME, que foi instituído por decreto em 1991.
- A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que possui como uma de suas obrigações a aplicação de no mínimo 0,5% de sua receita operacional líquida em ações de combate ao desperdício de energia elétrica.
- O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro, responsável pela execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

As fontes de energia exploradas neste contexto compreendem: central geradora termoeletrica, hidrelétricas, eólica, solar, fotovoltaica e termonuclear. Porém nos projetos em andamento, iniciados ou não, contemplam as energia hidrelétrica, termoeletrica e fotovoltaica, além de outras duas que demonstram o potencial da energia cinética: energia

eólica (cinética dos ventos), e, de forma inovadora no país, uma construção utilizando cinética das ondas do mar (ANEEL (2016)).

Visando incentivar investimentos em energias renováveis, algumas ações regulatórias foram efetuadas por parte da ANEEL, a fim de diferenciar e, estabelecer valores teto dos tipos de energia para limitar o repasse dos preços na aquisição de energia elétrica. Assim, se estabelece um valor único para todas as fontes (RODRIGUES, 2002).

De acordo como o MME, (2015), no mês de janeiro de 2015 a capacidade instalada total de geração de energia elétrica do Brasil atingiu 134.008 MW. Em comparação com o mesmo mês em 2014, houve expansão de 3.277 MW de geração de fonte hidráulica, de 1.429 MW de fontes térmicas e de 2.729 MW de geração eólica, considerando os Ambientes de Contratação Regulada e Livre (ACR e ACL), resultados mostrados na figura 1.

Figura 1- Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil

Fonte	Jan/14	Jan/15			Evolução da Capacidade Instalada (Jan/15 / Jan/14)
	Capacidade Instalada (MW)	Nº Usinas	Capacidade Instalada (MW)	% Capacidade Instalada	
Hidráulica	85.950	1.158	89.227	66,6%	3,8%
Térmica	38.357	1.891	39.786	29,7%	3,7%
Gás Natural	13.896	122	12.776	9,5%	-8,1%
Biomassa	11.410	504	12.341	9,2%	8,2%
Petróleo *	7.672	1.241	9.085	6,8%	18,4%
Carvão	3.389	22	3.593	2,7%	6,0%
Nuclear	1.990	2	1.990	1,5%	0,0%
Eólica	2.252	232	4.981	3,7%	121,2%
Solar Fotovoltaica	5	317	15	0,01%	206,9%
Capacidade Total - Brasil	126.563	3.598	134.008	100,0%	5,9%

* Inclui outras fontes fósseis (0,149 MW).

** Os valores de capacidade instalada referem-se à capacidade instalada fiscalizada pela ANEEL, que passou por reequilíbrio de fontes em setembro de 2014. Além dos montantes apresentados, existe uma importação contratada de 5.650 MW com o Paraguai e de 200 MW com a Venezuela.

Fonte dos dados: ANEEL (BIG 30/01/2015)

Fonte: MME, 2015

A ANEEL (2016), ao especificar a matriz energética do país por fontes de energia, destaca os tipos de geração energética da termoeétrica e da hidrelétrica como as fontes de energia mais exploradas no Brasil, apontando 61% da potência hidrelétrica responsável pela geração em capacidade instalada.

Para alteração dessa realidade, priorizando o desenvolvimento sustentável, Uczai (2012) indica 3 eixos de ação que combinam com a utilização de recursos renováveis, apontado como principal instrumento de combate às mudanças climáticas.

- Desenvolvimento econômico: o custo de combustíveis pode ser inferior ao de combustíveis fósseis. Há redução da importação de combustíveis. Estímulo para investimentos e pesquisas. Incentivo de novas cadeias produtivas com geração de emprego e renda em lugares onde pequenos ganhos produzem grandes resultados.
- Equidade social: pode facilitar a busca de soluções e o acesso à energia elétrica. Redução do valor cobrado pela distribuição de energia (quadro competitivo).
- Proteção ambiental: incentivo à diversificação da matriz energética utilizando recursos de desenvolvimento verde. Redução do impacto ambiental.

Uczai (2012), afirma que a partir desses conceitos, para a obtenção do desenvolvimento sustentável, torna-se essencial a utilização de fontes renováveis de energia, uma vez que as fontes fósseis não possuem os requisitos necessários para se enquadrarem nessa definição.

Segundo Feitosa, 2016,

“O imenso potencial brasileiro para energias renováveis complementares pode ser constatado através dos excelentes níveis de irradiação solar, no caso da energia elétrica fotovoltaica – centralizada ou distribuída -, nas características predominantes dos nossos ventos – constantes e unidirecionais – ao quais proporcionam elevados fatores de produtividade, superiores as médias globais, além da geração de energia associada a biomassa de cana de açúcar, reflorestamentos e resíduos de madeira, bem como dos vários empreendimentos de geração de energia hidráulica de pequeno porte – pequenas centrais hidrelétricas -, distribuídos pelo território brasileiro”.

Todas estas energias, sem exceção, não dispõem em tempo integral do seu recurso energético, ocorrendo uma oscilação na potência e energia fornecida, não garantindo o fornecimento de energia para o sistema elétrico, criando com isto a necessidade de planejamento para o suprimento através de outras fontes de geração (FEITOSA, 2016).

De acordo com Feitosa, 2016, acredita-se que uma intensa reestruturação do setor elétrico mundial ocorrerá em função do aparecimento de novas tecnologias, que conseqüentemente reduzirão os custos de implantação.

2.1.2 Tipos de energia e impactos ambientais

2.1.2.1 *Termoelétrica*

As usinas termoelétricas geralmente são instaladas próximo de um rio ou mar. No processo de geração da energia, ocorre queima de combustíveis fósseis como o carvão, óleo combustível ou gás natural (fonte ou recurso energético) (INATOMI e UDAETA, 2007).

Além destas, outras fontes menos utilizadas são: biomassa ou energia térmica de reações nucleares (ANEEL, 2016).

A fonte energética passa por tubulações sendo transformada em vapor d'água, movimentando turbinas ligadas a um gerador produzindo energia elétrica. O vapor d'água é condensado e volta aos tubos da caldeira reiniciando o ciclo, sendo devolvida à natureza a água aquecida (INATOMI e UDAETA, 2007).

No caso da utilização do carvão, a mineração é perigosa, insalubre e polui a atmosfera; seu transporte é caro, assim como a contenção da poluição provocada durante o processo de geração de energia (PANZERA, GOMES e MOURA, 2010).

Principalmente, como no caso do petróleo, se há derramamento no mar, conhecido como “maré negra”. O risco no transporte pode provocar danos em navios, trens, caminhões ou tubulações e sérios riscos de incêndio e explosão. Contamina os solos, a água e pode provocar a morte de seres vivos (CEMIG, 2012).

A abertura de poços afeta os recursos hídricos, o solo e o relevo das áreas circunvizinhas. No processo de drenagem ocorre a redução de pH no local, nas minas as águas sulfuradas chegam ao ambiente com elevação das concentrações de sulfatos e de ferro (ANEEL, 2002).

Diversos autores como Rodrigues (2002); Borba (2002); ANEEL, (2002); Barja (2006); Santin e Alvin (2007); Inatomi e Udaeta, (2007); (PANZERA, GOMES e MOURA, 2010) e CEMIG (2012) citam a queima de combustíveis como principal responsável por emissão de gases poluentes, dentre eles o dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) e particulados (inclusive o chumbo Pb) e óxidos de nitrogênio (NO_x, NO e NO₂), óxidos de enxofre (SO_x, SO₂), metano (CH₄).

A quantidade de emissão é determinada pelas características do combustível, localização e forma de extração do petróleo, eficiência de conversão da queima em energia elétrica e emissões relacionadas ao suprimento de combustível (CEMIG, 2012).

Segundo a ANEEL (2002); esses gases tóxicos potencializam o efeito estufa, alterando o clima mundial e aumentando a temperatura. Após o processo de produção, ocorre a devolução da água quente que sai da usina sendo descartada nos rios, o que também aquece a temperatura média do planeta e podendo comprometer a fauna e a flora. São responsáveis por provocar chuvas ácidas e a acidificação das águas e do solo.

O fenômeno também provoca derretimento de geleiras, e, conseqüentemente, o aumento do nível do mar, podendo causar alagamentos, atingindo pessoas, animais e alterando a biodiversidade (ANEEL, 2002). Além dos sérios impactos ambientais citados, que não podem ser impedidos, a exploração, transporte e utilização do petróleo trazem ainda questões à saúde ocupacional, ligadas a danos na pele e trato respiratório (CEMIG, 2012)

2.1.2.2 Hidrelétricas

As usinas hidrelétricas geralmente são construídas no meio ambiente com barragens que impactam o fluxo do rio, com elevação do nível do lençol freático, mudança de lótico para lântico e geração de pântanos com inundações em imensas áreas (INATOMI e UDAETA, 2007).

Segundo a ANEEL (2002), São instaladas em locais que necessitam de ações degradantes de desmatamento, destruindo florestas e/ou habitações humanas, áreas que eras consideradas produtivas. Esse processo altera a paisagem com a destruição da flora, por alterar a biodiversidade com deslocamento de pessoas e algumas espécies nativas.

Para (Inatomi e Udaeta, 2007). Há ainda a liberação de gás sulfídrico e metano, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa e pela rarefação da camada de ozônio; exala odores e aumenta o nível de carbono na atmosfera e eutrofização das águas.

Interfere no clima com a alteração da temperatura, umidade relativa e evaporação (aumento em regiões mais secas), precipitação e ventos (formação de rampa extensa). Provoca: assoreamento, que requer dragagens; a diminuição da vida útil do reservatório comprometimento de locais de desova de peixes; pequenos tremores de terra com a acomodação de placas

Segundo (Panzera, Gomes e Moura, 2010), ocorre descida de sedimentos pela correnteza para nascentes e rios no entorno,

prejudicando a fertilização de terras, diminuindo a população de peixes em decorrência da migração.

No Brasil, a ANEEL (2002) aponta que há casos de rompimento da barragem e acidentes correlatos. Portanto, há necessidade de uma série de exigências legais e estudos (geológicos, hidrológicos e socioambientais) no caso de implantação de um processo deste tipo.

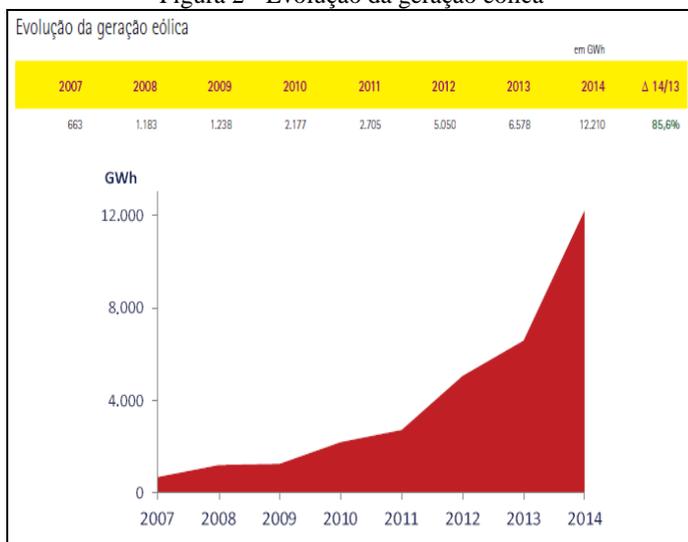
2.1.2.3 *Eólica*

Historicamente, esse tipo de energia era utilizado para bombeamento de água e moagem de grãos. Houve pouco investimento em geração eólica até a década de 70, coincidindo seu desenvolvimento com a época de escassez do petróleo (INATOMI e UDAETA, 2007).

A energia eólica, caracteristicamente, é gerada em um equipamento que possui aproximadamente 40 metros de altura, e hélices de 20 metros. Necessita constantemente de vento, o que torna necessário um estudo geográfico sobre o local mais economicamente viável para implantação, e ainda um sistema de reserva para quando não há fonte de energia suficiente (PANZERA, GOMES e MOURA, 2010).

Considerada alternativa energética cuja utilização se encontra em constante crescimento (Figura 02). A tecnologia utilizada para as turbinas eólicas está sempre em constante busca de eficiência, economia e sustentabilidade, principalmente devido ao incentivo financeiro para pesquisas e projetos no setor (MAIA, 2011).

Figura 2 - Evolução da geração eólica



Fonte: MME, 2015

Segundo Rosa, (2007), este crescimento é reflexo da necessidade de busca de recursos menos impactantes e renováveis, e devido à sequência de acontecimentos no país denominado como “apagões” em 2006 e 2007.

Segundo Inatomi e Udaeta, 2007, o impacto ambiental constitui-se principalmente da poluição sonora, explicável em decorrência do nível do ruído aerodinâmico, consequência do tamanho das turbinas e rotores, podendo interferir no sistema de comunicação da região, transmissão de sinais em celulares, aparelhos de televisão e micro-ondas, em decorrência de possíveis ondas eletromagnéticas. Acrescenta ainda, que o movimento circulatório pode modificar o clima, criando microclimas locais, a poluição visual na paisagem e os impactos sobre a fauna ou interferências na proliferação de pássaros

Para Panzera, Gomes e Moura, (2010), apesar destes impactos e alteração da paisagem, os locais de instalações tendem a atrair turistas. Esse tipo de energia é economicamente viável, sua manutenção é de baixo custo e pode ser implantada longe de regiões habitadas, evitando o incômodo com o ruído, a paisagem e as ondas eletromagnéticas

2.1.2.4 Solar

Assim como a energia eólica, a energia solar não gera impactos graves. Nela se inclui a tecnologia fotovoltaica, que converte fótons da luz solar em energia elétrica (ANEEL, 2002).

Segundo Inatomi e Udaeta, 2007, a tecnologia utilizada para captação de calor é composta por material semicondutor conhecido como células, sua estrutura converte luz solar em energia elétrica. Impactos são provocados no processo de fabricação de seu equipamento, no processo de manutenção e remoção. Ainda, há risco de incêndio e/ou questões relacionadas à sua estética.

A ANEEL (2002) aponta como impacto socioambiental / restrições técnicas a necessidade de grandes áreas para captação de energia em quantidade suficiente e pouca eficiência nos sistemas de conversão.

2.1.3 Geração centralizada e distribuída

Historicamente, a utilização de sistemas de cogeração de energia era algo habitual, porém, os sistemas de cogeração foram reduzindo com o desenvolvimento de grandes centrais distribuidoras, projetadas segundo a premissa de que a geração deve ser centralizada a um tipo de fonte energética, como a hidrelétrica ou a termoeletrica.

Embora o suprimento energético mundial esteja assegurado pelos próximos 50 anos, o atual sistema energético não é sustentável por motivos de equidade ambiental, política e geopolítica. Com o provável esgotamento das reservas mundiais de petróleo, a alteração da matriz energética para utilização de fontes renováveis representa o grande desafio mundial do século (RODRIGUES, 2002); (CEMIG, 2012).

Para Lopes e Fernandes (2015), A geração de energia feita de forma centralizada, não significa que a geração é realizada em somente um ponto ela é feita em grandes usinas distantes e dispostas em várias regiões, tendo então que ser transmitida por longas distâncias, gerando muitas perdas e com custo elevado.

Com isso, essa forma de geração de energia por meios tradicionais não consegue mais acompanhar o crescimento da demanda. Afirma ainda que é esse um campo a explorar e desenvolver novas tecnologias que podem ser implementadas com a finalidade de

consumo, venda, reserva de energia (*stand by*), utilização em áreas isoladas (*stand alone*), ou para economizar energia em horários de pico, em que a tarifa é mais cara.

Uczai (2012) e Cemig (2012) salientam a importância de atentar aos limites da produção hidrelétrica, que se tornará mais evidente com o passar dos anos, motivo que leva os estudiosos do assunto a um consenso sobre a necessidade de diversificar a matriz energética, ampliando as opções que tenham menor impacto ambiental.

Neste contexto, o setor elétrico passou e ainda está passando por reformas institucionais, proporcionando mais espaço para geração descentralizada, Geração Distribuída - GD e para cogeração de energia.

De acordo com Santos, (2008), a GD, é uma solução alternativa à geração centralizada de energia, que os homens de negócio e as companhias do setor energético devem considerar para chegar a boa soluções dos problemas de produção e fornecimento de energia.

A GD é uma boa eficiência energética que consiste na produção combinada de energia elétrica e calor, vulgarmente conhecida por *Combined Heat and Power* (Cogeração), o que contrasta, frequentemente, com a geração centralizada, onde o calor libertado é um fator negativo, pois vai diretamente para a biosfera (SANTOS, 2008).

A GD oferece inúmeras vantagens ao setor elétrico sendo empregada como forma de atender ao conceito de sustentabilidade, pensando nos impactos e problemas ambientais, aumentando a utilização de recursos limpos (ANEEL, 2002); (UCZAI, 2012); (ANEEL, 2016).

Segundo Cemig (2012) e Rodrigues, (2002), A GD aproveita a energia gerada de fontes primárias (não renováveis) no local de ocorrência através de grandes unidades de geração interconectadas por extensas linhas de transmissão e distribuição, que têm proporcionado os subsídios necessários para o atendimento de consumo de forma econômica e confiável.

Para Barbosa e Azevedo (2014), A GD diminui as perdas associadas ao transporte de energia elétrica e permite a interação com a rede através do consumo ou venda de energia, possibilitando o emprego de diversas tecnologias que são escolhidas em função de requerimentos específicos da carga ou da disponibilidade dos suprimentos locais

Segundo Lopes e Fernandes (2015), a GD possui, ainda, a vantagem de poder armazená-las em um estágio intermediário, entre a produção de energia e seu consumo, através de um desvio da energia para um dispositivo de armazenamento – como baterias – quando

produzidas em excesso, para utilização quando o fornecimento não for suficiente.

A GD oferece inúmeras vantagens ao setor elétrico, uma vez que a disposição da unidade de geração próxima a carga permite a diminuição das perdas associadas ao transporte de energia elétrica, além de uma maior diversificação das tecnologias empregadas para produção de energia, e assim sua escolha pode ser realizada em função dos requerimentos específicos da carga ou da disponibilidade dos recursos energéticos locais

Um estudo desenvolvido pelo Electric Power Research Institute (EPRI) identificou um mercado em expansão para a GD. Os Estados Unidos da América (EUA) e alguns países europeus têm incentivado políticas públicas específicas para a inserção e participação de novas tecnologias energéticas, renováveis em particular, proporcionando um mix energético mais diversificado e contribuindo para a diminuição dos gases de efeito estufa (RODRIGUES, 2002).

Por outro lado, particularidades importantes destas tecnologias, como o suprimento intermitente e custos de implementação ainda elevados, constituem barreiras para sua inserção definitiva na matriz energética mundial. No entanto, considerando os benefícios ambientais e sociais, governos de vários países desenvolvidos elaboram políticas energéticas visando uma maior participação dessas fontes (RODRIGUES, 2002).

Em relação ao sistema distribuído de energia, cujo recurso energético se encontra nos conjuntos residenciais, edifícios comerciais, fábricas e indústrias, o armazenamento de energia constitui em fator de quebra de paradigma no setor elétrico. Neste caso, a energia solar fotovoltaica apresenta um relevante potencial para se tornar viável como uma opção para geração distribuída, reduzindo os respectivos custos de transmissão de energia (FEITOSA, 2016a).

Neste contexto, vale ressaltar as pesquisas de Lopes e Fernandes (2015 e ANEEL (2015), que apontam que, na GD, o consumidor também pode ser o produtor de energia elétrica, com a aprovação da resolução 482/2012, que estabelece condições para microgeração, minigeração, distribuição de geração e sistemas de compensação de energia elétrica. Tal resolução atualiza as leis 9.427 de 1996, o decreto 2.335 de 1997, a Lei 9.478 de 1997, a Lei 10.848 de 2004 e o decreto 5.163 de 2004. Em resumo, considera gerador com potência nos valores estabelecidos abaixo, conectada a rede de distribuição ou de consumo:

- Microgeração: Potência instalada menor ou igual 75kw que utilize cogeração qualificada limpa.
- Minigeração: Potência instalada maior que 75kw, menor ou igual 3MW hídrica, ou 5MW cogeração qualificada.
- Sistema de compensação, a energia gerada por micro geração ou mini geração distribuída cedida ou emprestada gratuitamente através de distribuidora local.

No âmbito de incentivo à pesquisa, desenvolvimento de projetos e programas de eficiência energética, a Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000 dispõe sobre o valor mínimo de investimento de empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia:

Neste contexto, o PROESCO programa destinado a financiar projetos de eficiência energética que comprovadamente contribuam para economia de energia, com foco em ar comprimido, ar-condicionado e ventilação, otimização de processos, iluminação, motores, bombeamento, refrigeração e resfriamento, produção e distribuição de energia e gerenciamento energético. Executado nos mesmos padrões e na linha de defesa ambiental (MME, 2014, pág. 45).

No seminário “Conhecimento, Sustentabilidade e Integração” (2011), foi discutida a temática: Energia Limpa. Nele, representantes importantes no contexto ambiental afirmam que o Brasil possui condições extremamente favoráveis para explorar as diversas opções de energia e aponta o país como carente de grandes projetos em geração descentralizada. Neste contexto, este trabalho foi realizado com a preocupação ambiental de suprir esta lacuna.

A geração de energia distribuída está interligada, também, a termos como geração *in situ* (no lugar), autogeração, cogeração e geração exclusiva. A terminologia “cogeração” é utilizada, como processo que consiste na implementação de duas formas de energias combinadas. É apresentada como melhor solução economicamente viável a autoprodução de energia, principalmente quando verificamos a necessidade crescente de consumo energético das indústrias. (BARBOSA e AZEVEDO, 2014)

Barja (2006) salienta que os combustíveis fósseis atingem eficiência energética entre 37% a 45%, enquanto a cogeração recebe destaque por atingir entre 85% a 90%. Apesar dessa vantagem, a

aplicação de sistemas cogeração ainda é restrita ou tem aplicações específicas de maneira demonstrativa. Entretanto, é crescente o interesse por esta tecnologia, que demonstram a relação entre sustentabilidade e lucratividade com resultados como a redução de custo etc.

Finalmente se vislumbra independente do cenário atual macroeconômico e político, a continuidade da viabilização de novos projetos de geração de energia elétrica - renovável ou convencional - em maior ou menor velocidade, seja pelas virtudes já constatadas, através do potencial existente no país, ou pelas deficiências que acompanham o setor elétrico brasileiro, ao longo do tempo, aliado ao longo prazo de maturação ou viabilização deste tipo de empreendimento (FEITOSA, 2016a).

2.2 Conversão de energia

Independente da energia que será convertida existe duas leis da física aplicáveis de forma básica e essencial à ciência energética, segundo VIANA et al (2012):

- A primeira é a Lei de conservação da energia, “primeira lei da termodinâmica”. Através de sua aplicação, com balanços energéticos, é possível quantificar perdas, fluxos, eficiência/desempenho energético.
- A segunda é a Lei da dissipação de energia, que pode ser transformada, mas não criada, nem se destruída, com exceção de casos de reações nucleares ou atômicas. Demonstra-se que, no processo de conversão, ocorrem perdas inevitáveis, devido a limitações tecnológicas e econômicas como imperfeições no transporte, uso, cuidados, isolamento e guarda de cargas.

Considera-se a energia proveniente do movimento como energia cinética: o vento é o movimento da massa de ar. O vento, há séculos, foi utilizado sem conversão com o uso de barcos à vela. Com a evolução da engenhosidade e criatividade humana, foram desenvolvendo-se os métodos de conversão; logo, a energia cinética foi convertida de maneira mecânica em moinhos e sistemas de bombeamento. Já no início da era industrial, com o avanço tecnológico em todos os setores, a conversão mecânico-elétrica e vice-versa possibilitou a criação de energia elétrica com base em energia cinética dos ventos (SILVA, 2012).

Rodrigues (2002) contribui com a informação de que as fontes renováveis nem sempre atendem integralmente a todas as cargas e

demandas de um determinado sistema, devido à sua baixa densidade energética. Entretanto, as fontes renováveis surgem como candidatas potenciais como fonte de suprimento complementar, para atenderem nichos de mercado que, por suas características particulares de operação e disponibilidade de suprimento local, podem proporcionar os subsídios necessários para conservação de energia e sustentabilidade energética a estas atividades.

2.1.4 Torque de força de tração

Um dos capítulos mais importantes desta pesquisa tem finalidade de determinar a força de tração e torque de um transportador.

O torque de força é uma composição vetorial do fluxo magnético e corrente no rotor. O motor elétrico fornece um ajuste contínuo de velocidade, e conjugado com relação à carga mecânica. As perdas podem ser minimizadas de acordo com as condições de carga, mantendo-se constante o escorregamento da máquina em qualquer velocidade, para a mesma carga (Pires, 2006).

Para o motor trifásico de corrente alternada, a corrente (I) pode ser determinada pela seguinte expressão:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}.V.\cos \theta.\eta}$$

Denotado pela:

P = potência (kW);

V = tensão (V);

$\cos \theta$ = fator de potência nominal;

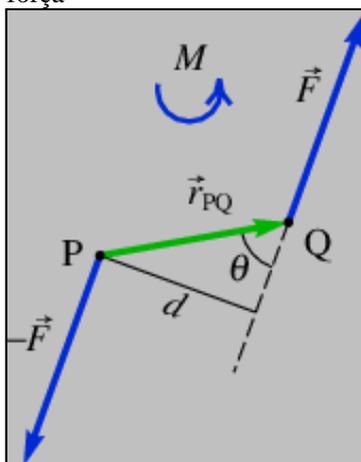
η =Rendimento.

2.1.5 Momento de uma força

O torque é o momento que tende a torcer o membro em torno do seu eixo longitudinal. Seu efeito é de interesse principal no projeto de eixos ou eixos de acionamento usados em maquinários e veículos (PINHO *et al* 2013).

É a relação entre a força aplicada a um ponto, com o produto dessa mesma força por uma distância, considerando a intensidade da força e sua linha de ação. Pode-se descrever como: a regra da alavanca, onde se define o valor do momento de uma força em relação a um

ponto, como o produto do módulo da força pela distância do ponto, até a linha de ação da força (braço), conforme Figura 03. Figura 3 - Ilustração de representação de força



Fonte: http://def.fe.up.pt/dinamica/corpos_rigidos.html

Representação algébrica do Torque (M):

$$M = F_r \cdot r$$

F_r	Força Radial (N)
r	Raio (m)

Rotação de saída do redutor (rpm) relaciona-se:

$$n_s = \frac{n_e}{I}$$

Denotado por:

n_s	Rotação de saída do redutor (rpm)
n_e	Rotação de entrada do redutor (rpm)
I	Corrente (A).

Segundo Pires, 2006 o catálogo WEG -2007, o torque de saída pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$Ma = P \cdot \eta \cdot \frac{9550}{n_s}$$

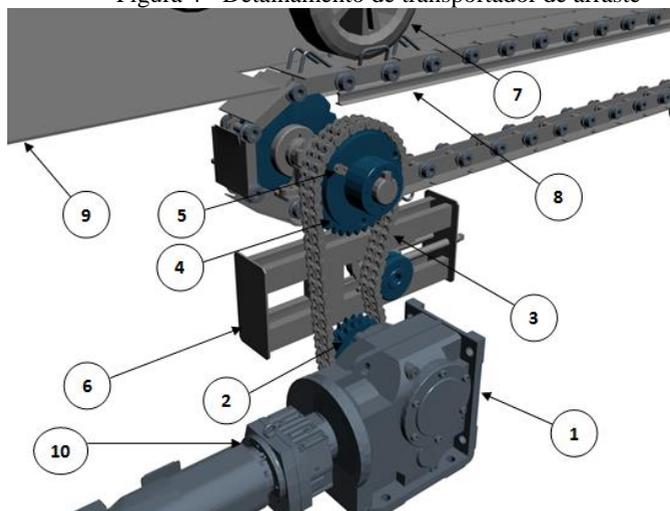
Denotado por:

P	Potência (kW)
η	Rendimento
n_s	Rotação de saída do redutor (rpm)

2.1.6 Transportadores industriais

O motoredutor de velocidade é o elemento responsável por alterar a velocidade e aumentar o torque, dependendo da relação de transmissão configurada. Seus principais componentes mecânicos estão detalhados na figura 4: eixos de entrada e saída, rolamentos, engrenagens, chavetas, retentor e carcaça. Geralmente, é utilizado para a adequação da rotação do acionador e para a rotação requerida no dispositivo a ser acionado.

Figura 4 - Detalhamento de transportador de arraste



Fonte: Do autor - Equipamento da pesquisa

Legenda:

1. Motoredutor de velocidade;

2. Roda dentada montada no eixo do motoredutor;
3. Corrente dupla;
4. Roda dentada acoplada no eixo principal do sistema;
5. Pino de segurança;
6. Conjunto de esticamento da corrente;
7. Roda do veículo transportado;
8. Trilho de apoio das rodas do transportador de arraste;
9. Plataforma de apoio das rodas do veículo.
10. Motor Elétrico

A construção de qualquer sistema de transportes industrial – sendo ele transportador de arraste, *power free* ou escadas rolantes – são projetados com certa robustez. Geralmente são equipamentos que podem ser usados para serviços de transportes leves ou pesados dependendo de sua aplicação, com produções seriadas (PINHO *et al*, 2013).

O sistema mecânico mencionado acima requer um acionamento elétrico e os inversores de frequência são comumente utilizados em diversos processos.

Os inversores de frequência são dispositivos elétricos que transformam a tensão da rede, de amplitude e frequência constantes, em uma tensão de amplitude e frequência variáveis. Variando-se a frequência da tensão de alimentação, varia-se também a velocidade do campo girante e, conseqüentemente, a velocidade mecânica de rotação da máquina, podendo proporcionar total flexibilidade de controle de velocidade sem grande perda de torque do motor, com excelente precisão de movimentos (Pires, 2006).

2.1.7 Tecnologias de geração de energia

A implantação de sistemas de geração distribuída envolve o uso de tecnologias comprovadas e comercialmente disponíveis como motores de combustão interna; turbinas a gás e sistemas de cogeração, e também de tecnologias emergentes, como os módulos fotovoltaicos, aerogeradores e células a combustível. (RODRIGUES, 2002).

Máquinas elétricas convencionais são bastante conhecidas e utilizadas regularmente na produção de energia elétrica. Topologias como a máquina síncrona e a máquina assíncrona/indução já foram alvo de inúmeros estudos. Para os propósitos desta dissertação, descreve-se brevemente as tecnologias de geração distribuída como principais

topologias que podem ser utilizadas de forma reversível: elétrico-mecânica (motor) ou mecânico-elétrica (gerador) (SILVA, 2012).

Uma máquina ou gerador pode constituir-se de qualquer um destes três tipos básicos:

1. Máquina de corrente contínua (CC);
2. Máquina de corrente alternada síncrona (máquina síncrona);
3. Máquina de corrente alternada assíncrona (máquina de indução).

2.1.8 Máquina de Corrente Contínua

As máquinas CC são as mais utilizadas em indústrias, devido à sua capacidade de fornecer torque em uma ampla faixa de velocidades. Entretanto, elas estão perdendo espaço para as máquinas de indução e as síncronas alimentadas por conversores estáticos, que permitem mesma variação de velocidade e eficiência (PEREIRA, S/D).

2.1.9 Máquina Síncrona

A máquina síncrona convencional adota vários tamanhos e formas, desde o minimotor síncrono de magnetos permanentes em relógios de parede até geradores acionados por turbinas a vapor com potências que chegam aos 1500 MVA. Esse tipo de máquina é utilizada, sobretudo, como gerador em centrais termoeletricas e hidrelétricas (LIMA, 2010).

A denominação de síncrona deve-se ao fato desta máquina operar com uma velocidade de rotação constante, sincronizada com a frequência da tensão elétrica alternada aplicada aos terminais da mesma, também denominada por velocidade de sincronismo (GARCIA *et al*, 2013).

Apesar da manipulação da corrente de excitação permitir um controle relativo sobre a tensão de saída do gerador, a necessidade de existir contato físico entre o rotor e a fonte de tensão de excitação resulta no desgaste de componentes, o que exige manutenção regular das escovas da máquina. Como alternativa, o enrolamento do rotor pode ser substituído por ímãs permanentes (FREITAS, 2014).

Esta alternativa, segundo a Escola Superior de Tecnologia e Gestão - ESTG-IPL (2000/2001), na redução do tamanho da máquina e na eliminação de pontos de falha que requer manutenção, entretanto, tem custo total bastante superior e sem possibilidade de regular a tensão

de saída através de uma fonte de excitação. Na topologia convencional da máquina síncrona, o rotor pode apresentar-se sob duas formas possíveis, originando duas famílias de máquinas:

- Máquinas de rotor cilíndrico: conhecida como turbo-alternadores ou turbo-motores. O enrolamento retórico é distribuído.
- Máquinas de polos salientes: o enrolamento é constituído por bobinas concentradas em torno das cabeças polares.

2.1.10 Máquina Assíncrona

A máquina assíncrona convencional, utilizada em gerador de baixa rotação para aproveitamento de energia das ondas, geralmente possui máquinas de rotor cilíndrico, não costumam ter mais que quatro polos e são projetadas para rodarem a elevadas velocidades. Estão associadas a turbinas de vapor ou combustão (LIMA, 2010).

Um gerador assíncrono convencional é um gerador que opera sem necessitar de uma fonte de corrente para o enrolamento de campo, que poderá ser através de indução eletromagnética a partir da corrente que circula no enrolamento do induzido, gerando correntes no enrolamento do rotor (MARQUES *et al*, 2013).

Este comportamento pode ser alcançado utilizando enrolamentos normais, ou seja, um rotor bobinado, ou utilizando uma estrutura bastante simples, de barras paralelas ao veio, feitas em metal condutor, ligadas com anéis nas extremidades, conhecida como gaiola de esquilo (UNICAMP, S/D).

2.1.11 Máquina de Fluxo Axial e Máquina de Fluxo Transversal

Esse tipo de máquina foi criado devido à necessidade de aumentar a potência de saída energética entre as máquinas elétricas convencionais. Desenvolve, portanto, um novo conceito de máquinas. A sua construção, no entanto, é bastante diferente da máquina síncrona convencional. Como no caso de máquinas rotativas, as linhas de fluxo deverão estar orientadas radial ou axialmente, de forma a serem perpendiculares à direção do movimento de rotação e da corrente, a fim de produzir uma força na direção tangencial (Lima, 2010). Resumidamente:

- Máquina de Fluxo Axial de Magnetos Permanentes (AFPM): Pode operar como gerador de pequena ou média potência. Ideal a baixa velocidade. Não possui cavas. Com magnetos permanentes na superfície; vários polos e subtopologias. À medida que a potência de saída da máquina aumenta, a superfície de contato entre o rotor e o veio, em relação à potência gerada, torna-se mais reduzida.
- Máquina de Fluxo Transversal de Magnetos Permanentes (TFPM): Pode operar em modo motor ou gerador. Utiliza velocidade de sincronismo. Mais útil com peso e dimensão reduzida. Manutenção da potência de saída com magnetos permanentes e densidade de fluxo remanescente cada vez mais elevadas. Mais atenção ao binário de saída por unidade de volume da máquina.

2.1.12 Ímãs Permanentes

Maia (2011) e Silva (2012) apontam o uso de ímãs permanentes como alternativa, geralmente, compostos por terra rara, neodímio-ferro-boro (NdFeB) ou samário-cobalto (SmCo). Os ímãs são potenciais geradores de energia. Durante determinada época não era favorável sua utilização, sendo necessário grande volume de ímãs para atingir nível razoável de potência em máquinas elétricas. Entretanto, o material evoluiu com aparecimento de reservas (Neodímio-Ferro-Boro, NdFeB), o que melhorou o quadro, tendo ainda, entretanto, custo elevado de utilização. Recentemente, a fabricação dos ímãs passou a reduzir seu custo, estimulando sua produção.

Ímãs de neodímio-ferro-boro (NdFeB) são produzidos em quantidades cada vez maiores, têm melhores propriedades magnéticas do que os ímãs de samário-cobalto (SmCo), mas infelizmente não resistem às altas temperaturas. A curva de desmagnetização, especialmente a força coerciva, é fortemente dependente da temperatura. O coeficiente de temperatura de Bromo (Br) é de 0,095 a 0,15%/°C e o coeficiente de temperatura de (Hc) é de 0,40 para 0,70%/°C. A máxima temperatura de serviço é de 80 a 200°C e temperatura de Curie é 310 °C. O NdFeB, em geral, é suscetível à corrosão (ALMEIDA, 2010).

Segundo Silva (2007) e Weschenfelder *et al* (2012), O ímã de Neodímio (NdFeB) é constituído por materiais como o Neodímio, Ferro e Boro, e caracterizado por um elevado produto energético (ate 400 kJ/m³) e por um elevado campo coercivo (ate 1 kA/m), sendo o seu preço relativamente acessível. Com uma fraca resistência a corrosão, este tipo de magneto é, normalmente, revestido por uma camada de

níquel ou epóxi. Os magnetos de Neodímio funcionam até temperaturas máximas de 200°C. Os magnetos eficientes em temperaturas superiores a 120°C terão um preço superior.

As últimas séries dos ímãs de NdFeB têm melhor estabilidade térmica e oferecem melhor resistência à corrosão. A resina ou revestimento metálico também são empregados para ajudar a proteção dos ímãs em ambientes agressivos (ALMEIDA, 2010).

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada para o desenvolvimento desse trabalho é definida em:

1º. Determinar a força total projetada de tração de um transportador industrial de uma linha de produção em movimento contínuo, com a finalidade de utilizar a energia cinética rotacional como fonte de cogeração de energia elétrica. Realizado através de cálculos e especificações técnicas dos fabricantes contidas nas placas de identificação dos componentes do sistema de transmissão, motoredutor, do motor elétrico, inversor de frequência.

a. O cálculo do torque de força de tração será utilizado o motor trifásico de corrente alternada usado a seguinte expressão:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta \cdot \eta}$$

b. Para o fabricante de motoredutores WEG (2007), a força radial pode ser calculada por:

$$F_r = \frac{M}{r}$$

2º. Calcular a potência necessária de tração deste transportador para o sistema em pleno funcionamento com intuito de avaliar a possibilidade de aproveitar a energia cinética não utilizada na cogeração de energia elétrica;

a. A potencia necessária para deslocar o sistema em funcionamento em plena carga para o regime produtivo pode ser obtida da seguinte forma:

$$P = \sqrt{3}.V.I.\cos \theta.\eta$$

b. O torque necessário pode ser calculado conforme segue:

$$M = F_r.xr$$

- 3°. A tecnologia escolhida como objeto demonstrativo de viabilidades para implementação de cogeração de energia elétrica será a máquina de fluxo axial que tem a capacidade de geração com baixa rotação e baixo torque.
- 4°. Relação ambiental e energética: Correlacionar os impactos ambientais provocados pela ação humana e industrial na geração de energia por KW gerados.
 - a. Regime produtivo 17 hs, cogeração 5 kh/h, dias produzidos mês 24 durante um ano. Gramas de CO₂ emitido em média 32,2 gramas por KW de energia produzido.

4 RESULTADOS

O Ministério de Minas e Energia utiliza o termo “eficiência” para descrever a capacidade de equipamentos de produzirem resultados esperados, relacionando a quantidade de energia final a ser utilizada para produção, transmissão, distribuição, comercialização e uso de um bem ou serviço. O emprego da terminologia “eficiência energética” (EE) é aplicada a ações de redução do consumo de energia, atendendo às necessidades e demandas da sociedade de forma econômica e provocando menor impacto na natureza.

De forma complementar à “eficiência”, a terminologia “conservação de energia” foi adotada neste estudo com intuito de descrever a redução do desperdício e do uso ineficiente de energia cinética rotacional, analisando a possibilidade de cogeração de energia elétrica do sistema.

4.1.1 Cálculos da força de tração

Os transportadores foram criados para realizar trabalhos de forma contínua que permitam maior produtividade nas indústrias e mobilidade para as pessoas.

Na elaboração dos projetos de engenharia industrial, levam-se em consideração fatores de segurança para trabalhar com carga plena, sendo assim, torna-se possível um estudo que permita utilizar potencial cinético rotacional que viabilize a cogeração de energia elétrica a partir do potencial que sobra sem comprometer sua função principal.

Inicialmente, para elaboração dos cálculos e determinação da força de tração dos transportadores para cogeração de energia elétrica, foram utilizadas as informações contidas nas placas de identificação do motoredutor, conforme Tabela 01.

Tabela 1 - Dados do motor elétrico

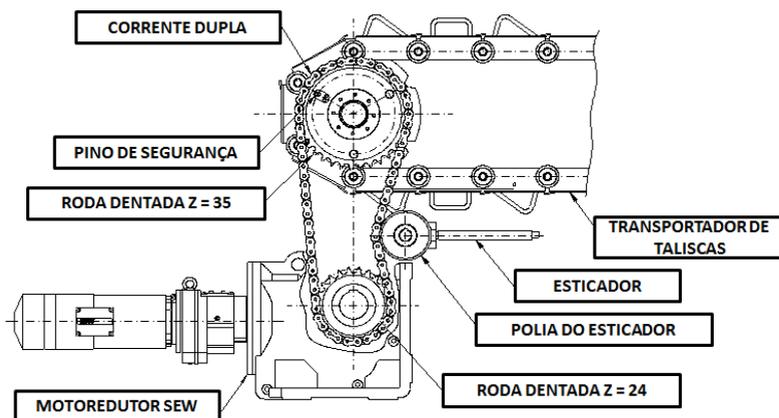
Modelo	DRE132M4BE11HRTHV
Rotação	1745
Fator de serviço	1,6
Potência (KW)	7,5
Tensão (V)	440
Corrente (A)	12,9
Frequência (Hz)	60
Ip	55

Temperatura (°C)	40
Cós	0,85

Fonte: Componente estudado - Placa de informações

Para melhor visualização do equipamento e de seus componentes, a Figura 05 mostra detalhados os componentes.

Figura 5 - Sistema de transmissão



Fonte: Do autor

Para o fabricante de motorredutores WEG (2007), a força radial pode ser calculada por:

$$F_r = \frac{M}{r}$$

Denotado por:

F_r = força radial (N)

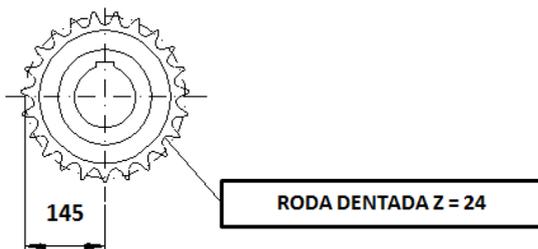
M = torque de saída (Nm)

r = raio(m)

A partir das informações de placa do motoredutor em estudo, é possível determinar a força radial aplicada no sistema de engrenagem, localizada no eixo do motoredutor.

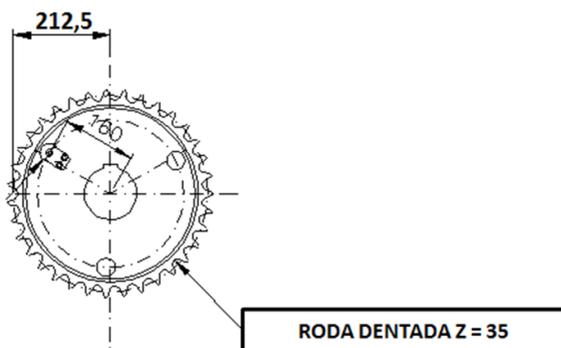
Nas Figuras 06 e 07: um dos componentes do sistema de transmissão (Roda dentada).

Figura 6 - Roda dentada z24



Fonte: Do autor

Figura 7 - Roda dentada z35



Fonte: Do autor

Dados:

$$M = 8040 \times 0,94(\text{Nm}) \Rightarrow M = 7557,6 \text{ Nm}$$

Rendimento do motoredutor = 0,94

$$r = 0,145 \text{ (m)}$$

Logo, tem-se:

$$Fr = \frac{M}{r} \Rightarrow Fr = \frac{7557,6Nm}{0,145m} \Rightarrow Fr = 52121,38N$$

Em seguida, se faz necessário calcular o sistema de transmissão e definir o torque de saída (M) no sistema de engrenagens, capaz de movimentar o transportador em estudo, lembrando sempre que a lógica será utilizada para todos os modelos de transportadores que utilizam sistema de transmissão com motoredutores.

$$M = F_r \cdot xr$$

Dados:

$$F_r = 52121,38N$$

$$r = 0,2125 \text{ m}$$

Logo, tem-se:

$$M = Fxr \Rightarrow M = 52121,38 \times 0,2125 \Rightarrow M = 11075,79Nm$$

Para validação da teoria, desenvolvem-se cálculos com informações reais do motoredutor. Os dados reais do equipamento foram coletados através do inversor de frequência, de acordo com as Tabelas 02 e 03.

Tabela 2 -Dados do redutor

Modelo	MDX61B0110-5A3-4-0T
Relação de transmissão	213
U	3x380.....500v +/- 10%
F	5060 HZ
I	21,6v
T	040°C
P	16,0 Kva
I	24 A

Fonte: Placa de informações do equipamento.

4.1.2 Cálculo de potência necessária para o sistema em plena carga

Tabela 3- Dados obtidos da leitura no visor do inversor de frequência

Modelo	DRE132M4BE11HRTHV
F	47,7 HZ
Ne	1395 Rpm
I	6,5 A

Fonte: Placa de informações do equipamento.

Conforme o catálogo SEW (2013), o rendimento do motoredutor estudado é igual a 0,9. Sendo assim, a potência real do motoredutor pode ser encontrada da seguinte forma:

$$P = \sqrt{3}.V.I.\cos\theta.\eta$$

Dados, ver Tabela 02:

V	440 V
$\cos\theta$	0,85
η	0,9

Logo, tem-se:

$$P = \sqrt{3}.440.6,5.0,85.0,9$$

$$P = 3789,55W$$

$$P = 3,78955kW$$

De acordo com o catálogo WEG (2007), o torque de saída pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$Ma = P.\eta.\frac{9550}{n_s}$$

Denotado pela:

P	Potência (kW)
η	Rendimento
n_s	Rotação de saída do redutor (rpm)

Rotação de saída do redutor (rpm), relaciona-se:

$$n_s = \frac{n_e}{I}$$

Denotado pela:

n_s	Rotação de saída do redutor (rpm)
n_e	Rotação de entrada do redutor (rpm)
I	Relação de transmissão

Com base na Tabela 02, a rotação real de saída do redutor é calculada por:

Dados:

$$n_e = 1395rpm$$

$$I = 213$$

Logo, tem-se:

$$n_s = \frac{1395}{213}$$

$$n_s = 6,55rpm$$

Posteriormente, calcula-se o torque de saída real (M) no motoredutor:

Dados:

$$P = 3,78955KW$$

$$\eta = 0,9$$

$$n_s = 6,55rpm$$

Logo, tem-se:

$$Ma = 3,79.09 \cdot \frac{9550}{6,55}$$

$$Ma = 4973,29Nm$$

Determina-se a força real radial (F_r), aplicada no sistema de engrenagem, localizada no eixo do motoredutor, ver Figura 08.

Dados:

$$Ma = 4973,29Nm$$

$$r = 0,145 \text{ (m)}$$

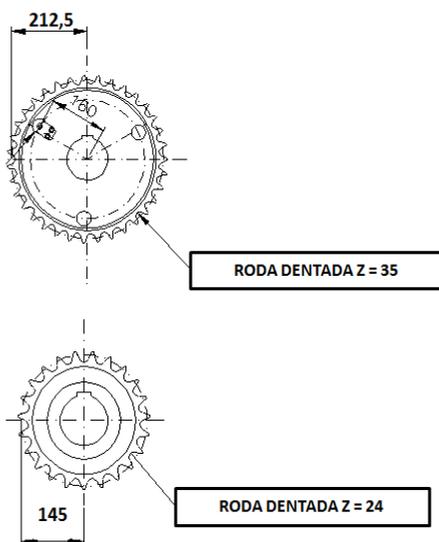
Logo, tem-se:

$$F_r = \frac{4973,29}{0,145}$$

$$F_r = 34298,55 \text{ N}$$

Através das equações e ilustração da Figura 08 constata-se que a tração e torque em ritmo contínuo requer a capacidade de 34.298,55 N e 4973 Nm respectivamente para atender o processo em plena carga. O sistema instalado é capaz de fornecer e de 52121 N e um torque de 7557,6Nm. Mediante os cálculos observa-se que a capacidade de tração do equipamento em estudo está superior ao que é necessário em 65% da sua capacidade de torque

Figura 8 - Sistema de engrenagem



Fonte: Do autor

Baseado na tabela 4 o fornecedor Xines Xnaier observa-se que a máquina de fluxo axial possui a capacidade de geração de 5kW sendo

necessário 159,2 Nm e uma rotação baixa de 300 RPM característica de máquina de fluxo axial a baixa rotação.

Analisando essas características e utilizando como base a capacidade instalada do sistema de transmissão para o transportador em estudo percebe-se a possibilidade de acoplamento da máquina de fluxo axial ao sistema e afirmar baseado em cálculos que o sistema de cogeração proposto que trabalha em regime contínuo de 17 hs diariamente é capaz de gerar 85 kW/h de energia elétrica com um potencial de produzir 24.480 kW/h ano com apenas um transportador estudado.

Percebe-se, contudo que se uma fábrica possui inúmeros transportadores, os mesmos poderiam ser conceitualmente ligados em cascata utilizando energia da concessionária para ligar apenas o primeiro. O cálculo que demonstra a possibilidade de acoplamento da máquina de fluxo axial foi feito da seguinte forma:

$$Ma = 7,5.0,9. \frac{9550}{300}$$

$Ma = 214,87\text{Nm}$, conforme descrito acima para a cogeração é necessário um torque de 159,2Nm equivalente a 2% da capacidade total do torque fornecido pelo sistema por tanto não afeta a margem de segurança que foi considerada no projeto em estudo.

Neste trabalho, através de equações e de conhecimentos sobre o comportamento do sistema real de processo produtivo, foi demonstrado a força de tração dos transportadores para cogeração de energia elétrica a partir da energia cinética rotacional convertida, configurando como um projeto de um minigerador segundo a resolução 482/2012 (Potência instalada maior que 75kw e menor que 3MW que utilize cogeração qualificada limpa).

Tabela 4 - Dados técnicos de um gerador de neodímio

MODELO	NEX 5GP
POTÊNCIA MÍNIMA	5000 W
POTENCIA MÁXIMA	7000 W
TENSÃO DE TRABALHO	96/120/220 VOLTS
ROTAÇÃO	300 RPM
PESO TOTAL	80 kg

CORRENTE DE SAIDA	AC
TORQUE INICIAL	1,1 Nm
TORQUE DE CARGA	159,2 Nm

Fonte: Adaptada de www.xnaier.com

4.1.3 Tecnologia utilizada

A máquina de fluxo axial possui como principal característica a baixa velocidade e baixo torque e tem sido explorada em estudos atuais devido a utilização de recursos tecnológicos modernos que é o (NdFeB). A energia cinética rotacional (movimento em transportadores) é transformada em energia elétrica com auxílio de um gerador de fluxo axial para conversão de energia. A energia cinética rotacional constitui-se como energia potencial, principalmente se considerarmos o movimento rotacional dos transportadores e que o potencial do sistema em estudo.

Através dos cálculos realizados conforme demonstrado acima e conhecimentos adquiridos, foi possível demonstrar a possibilidade de construção de um protótipo funcional aplicado a um transportador. O microgerador proposto possui potencial energético que pode ser integrado às edificações urbanas e industriais com a finalidade de aproveitar a energia cinética rotacional de transportadores industriais e a ociosidade eventual existente em sistemas de transportes de pessoas sem carga. O estudo demonstra que pode-se facilmente instalar um sistema automático que acople ou desacople a máquina de fluxo axial para geração de energia elétrica.

4.1.4 Correlação de impactos ambientais e KW produzidos

Implantar sistema de GD, portanto, é agir em prol da eficiência e conservação energética atendendo às necessidades e demandas da sociedade e provocando redução dos impactos ambientais :

- Economia de recursos energéticos;
- Redução das emissões de dióxido de carbono;
- Redução de emissões de poluentes decorrentes da queima de combustíveis;
- Diminuição dos gases de efeito estufa.

O efeito estufa gera impactos na fauna e na flora, provoca o derretimento de geleira, aumenta o nível do mar, causando alagamentos que atingem pessoas e animais, alterando a biodiversidade. Portanto, a cogeração de energia contribui para a minimização de todos esses efeitos.

A geração de energia através da utilização de recurso energético como o petróleo e seus derivados podem ser substituídos, no futuro, por outras fontes que apresentem melhores condições econômicas, ambientais e sociais. Desenvolver e acompanhar novas tecnologias pode contribuir na detecção de fontes de energia mais sustentáveis.

Baseado no relatório do CBCS (conselho brasileiro de construção sustentável) foi possível correlacionar o valor de emissão de CO₂ por KW de energia cogerado que pode ser minimizado em apenas um transportador estudado, contudo podemos afirmar que a minimização seria grandiosa se estudarmos as diversidades e quantidades de transportadores existentes em todas as indústrias e em empreendimentos com o foco a atendimento a pessoas. A figura 08 mostra a relação de emissão por KW por emissão.

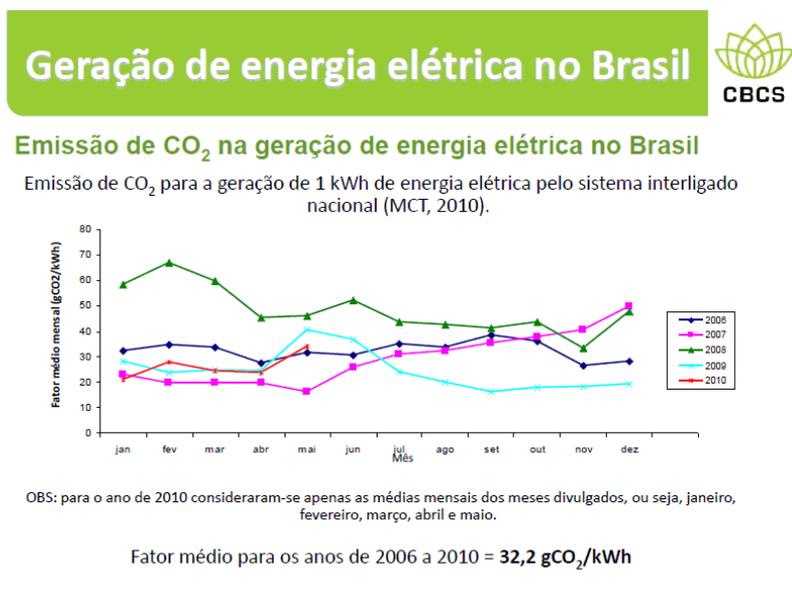


Figura 08: <http://www.cbcs.org.br/sbcs10>

A tabela 5 mostra a relação da potencia coggerada com esse estudo e potencia instalada no Brasil. Observa que MME define como meta para 2030 a economia de 10% no consumo final de energia elétrica e a necessidade de elaboração de planos específicos para responder a este desafio. O estudo em questão mostra que o transportador estudado equivale a 0,017% tomando como base a cogeração versus a potencia instalada no Brasil, o valor não é tão expressivo mas se faz necessário observar que o estudo foi em apenas um transportador.

Tabela 5 Cogeração x Potência instalada no Brasil

POTÊNCIA COGERADA EM KW NO TRANSPORTADOR ESTUDADO	24480 KW
EMIÇÃO DE CO ₂ CALCULADO A PARTIR DA COGERAÇÃO OBTIDA	788256 gramas
POTÊNCIA INSTALADA NO BRASIL EM KW	142.422.945 KW
EMIÇÃO DE CO ₂ CALCULADA PELA POTENCIA INSTALADA	458.601.882,9 gramas

5 CONCLUSÃO

O estudo de cogeração de energia elétrica a partir de cinética rotacional utilizando a tecnologia de máquina de fluxo axial demonstrou que o percentual de utilização para adaptar a máquina ao sistema estudado é muito baixo em relação a capacidade dos sistemas projetado e um enorme desafio em escala mundial, o ganho econômico e ambiental ainda é imensurável, porém, concreto.

Percebe-se que esse projeto pode contribuir muito para a minimização dos impactos ambientais com geração de energia elétrica e emissão de CO₂. O Resultado do calculo elaborado é 32,2 g em média por cada KW gerado, com a análise de apenas um transportador, percebendo que a capacidade de cogeração de energia elétrica a partir de energia cinética rotacional foi de 24.480KW deixando de emitir 788.256 gramas de CO₂ por ano.

Conclui-se portando que a cogeração de energia é viável no âmbito social, econômico e ambiental no Brasil e no exterior, pois transportadores são instalados em todo o mundo. A apresentação dessa iniciativa pode ser aprimorada com técnicas de automação e integração às redes de transmissão de energia, não se condicionando somente a geração local e sim como GD a ser explorada em trabalhos futuros.

Pode-se comprovar através dos cálculos que é um projeto inovador, no entanto, há eminente necessidade de financiamento e adesão de instituições para construção do projeto funcional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, José Leandro Casa Nova. **Proposta De Uma Metodologia Para Obtenção De Um Gerador Síncrono Com Rotor De Ímãs Permanentes Inclinados Axialmente Para Microcentrais Elétricas a partir De Motor De Indução**. Guaratinguetá/ SP. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010.

ANEEL, – Agência Nacional de Energia Elétrica, Banco de informação de geração. Capacidade de Geração do Brasil. 2016, Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>, acesso em 04/2016.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: 2002. 153 p. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf, Acesso em: 17 jun. 2016.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa**. N° 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012. Última atualização dia 24/11/2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

BARBOSA, W. P.; AZEVEDO, A. C. S. Geração Distribuída: Vantagens E Desvantagens. II Simposio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia. 2014. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2014/artigo_gd.pdf, acesso em 05/2016

BARJA, Gabriel De Jesus Azevedo. **A Cogeração E Sua Inserção Ao Sistema Elétrico**. Dissertação De Mestrado Em Ciências Mecânicas. f171. Aprovada em 2006. Brasília. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876412/Dissertacao_Gabriel_de_Jesus.pdf/832f9f92-ec37-4a91-ad25-a847fe3483ec; acesso em 05/2016

BEER, Ferdinand Pierre; JOHNSTON, Russell. **Resistência dos materiais**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1995. 1255p.

BORBA, Ricardo Alexandre Pereira. **Avaliação Térmica E Econômica De Sistemas De Cogeração Aplicados À Indústria De Cerâmica De Revestimento.** Dissertação Submetida À Universidade Federal De Santa Catarina Para A Obtenção Do Grau De Mestre Em Engenharia Mecânica. 138 f. Florianópolis, Santa Catarina. Julho de 2002.

BORBA, Ricardo Alexandre Pereira. Avaliação térmica e econômica de sistemas de cogeração aplicados à indústria de cerâmica de revestimento. 138 f. Florianópolis, Santa Catarina. 2002. disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/82750/224313.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, acesso em 05/2016

CBSC – CONSELHO NACIONAL DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/sbcs10/website/userFiles/palestras_sbcs_10/emissao_co2_vb.pdf>. Acesso em 27/08/2016

CEMIG, Alternativas energéticas: uma visão Cemig. Belo Horizonte. 2012. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documentos/Alternativas%20Energ%C3%A9ticas%20-%20Uma%20Visao%20Cemig.pdf, Acesso em: 22 abr. 2016

COUTINHO, Anderson Renato; GOMES, Gabriel Coelho Wolker; DE LIMA, Thiago Barros; MORAIS, Wellington Barros; BEZERRA, Johelden; RODRIGUES, Josiane; SILVA, Edson. **Análise da Geração de Energia por um Moinho D'água.** Engenharia de computação em Revista. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia. Belém/PA. 2013.

DRIEMEIER, Luís Henrique. **Projeto de Diplomação Geração distribuída.** Porto alegre. 76f Monografia de Graduação em engenharia elétrica apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.

ESTG-IPL - Escola Superior de Tecnologia e Gestão – Instituto Politécnico. **Máquinas Síncronas. Máquinas Eléctricas.** Portugal. 2000/2001.

FEITOSA, Arnaldo. Energias Renováveis: potencial a ser explorado, 2016. Disponível em: <http://peritiaeconomica.com.br/energias-renovaveis-potencial-a-ser-explorado/>, Acesso em 17/04/2016

FEITOSA, Arnaldo. Energias Renováveis: O imenso potencial brasileiro. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética, 2016a. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/negocios/dino/noticias/energias-renovaveis-o-imenso-potencial-brasileiro.shtml>, Acesso em 17/03/2016

FREITAS, Pedro Alexandre Torres. **Gerador Eléctrico de Magnetos Permanentes de Baixa Velocidade**. 95f. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Lisboa. 2014.

GALDINO, M. A. E. et al. (2004) - **O Contexto das energias renováveis no Brasil**. Revista da Direng.

GARCIA, Larissa Mensch. LOPES, Lizyane Gonçalves. SILVA, Paola Mariani da. **Estudo de estabilidade transitória em sistemas multimáquinas**. 87f. Monografia apresentada como requisito para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba. 2013

GODOY, Arilda Schmidt. **Pesquisa Qualitativa Tipos Fundamentais**. 1995. Revista de Administração de Empresas / EAESP / FGV, São Paulo, Brasil.

INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia Dentro do Planejamento Integrado de Recursos, São Paulo. 2007. Disponível em: http://seeds.usp.br/portal/uploads/INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIENTAIS.pdf. Acesso em Fev 2016.

KAUARK, Fabiana. MANHÃES, Fernanda Castro e MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metodologia da pesquisa: guia prático**. Via Litterarum. Itabuna 2010.

LIMA, Jose Alberto Oliveira. **Gerador De Baixa Rotação Para Aproveitamento De Energia Das Ondas**. 110f. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Nova Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e computadores. Departamento de Engenharia Eletrotécnica. Lisboa 2010.

LOPES, Yona; FERNANDES, Natalia Castro; MUCHALUAT-SAADE, Débora Christina. Geração Distribuída de Energia: Desafios e Perspectivas em Redes de Comunicação. Livro de Minicursos do SBRC 2015. 1ed. Capítulo 2. Pag.55-109. 2015.

MAIA, T.A. C. Projeto e Construção de um Gerador a Ímãs Permanentes de Fluxo Axial para Turbina Eólica de Pequena Potência. Universidade Federal de Minas Gerais. p. 197. 2011. Disponível em: <http://www.ppgee.ufmg.br/defesas/187M.PDF>. Acesso em Fev/2016

MARIANO, Yasmin Santos Fraga; CRUZ, Antônia Ferreira dos Santos. Análise de eficiência energética em shopping center com foco em escadas rolantes. XIII SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica. UNIFACS. 2014.

MARQUES, Luiz Sérgio B; SAMBAQUI, Ana Barbara K; DUARTE, Janderson. **Apostila De Máquinas Elétricas**. Instituto Federal de Santa Catarina-Campus Joinville. Julho 2013.

MME - Ministério de Minas e Energia, Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, 2015 disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256627/--+Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+++Janeiro-2015_/b6795ba5-2d05-4a27-aafe-cd671b963761, acesso em 05/2016

MME - Ministério de Minas e Energia, Plano Nacional de Energia 2030. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília. 2007, disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>. Acesso em 05/2016

MME -. Ministério de Minas e Energia Plano Nacional de Eficiência Energética Premissas e Diretrizes Básicas. 2014. Disponível em:

<http://www.oremamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-dos-pes/Plano Nacional de Eficiencia Energetica.pdf>, acesso em 05/2016

MME - Ministério de Minas e Energia, programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica, 2016. Disponível em: http://www.mme.gov.br/programas/proinfra/menu/programa/Energias_Recnovaveis.html, acesso em 08/2016

MME, Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. _ Brasília. 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-energia-2050>, acesso em 08/2016.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Protocolo de Quioto**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>. Acesso em: 12 mar. 2016.

PANZERA, Arjuna C; Arthur E. Q. GOMES e Dácio G. MOURA. Módulo Didático: Impactos ambientais da produção de energia elétrica Educação Ambiental. **Centro de Referência Virtual do Professor - SEE-MG**. Setembro 2010.

PEREIRA, Luís Alberto. **Apostila Máquina CC**. PUCRS-DEE. Disponível em: http://www.cpdee.ufmg.br/~gbarbosa/Disciplina%20de%20M%E1quina%20E1E9tricas/Disciplina%20de%20M%C3%A1quinas%20E1%C3%A9tricas/Apostila_MaqqCC_PUCRS.pdf. Acesso em 08/2016.

PINHO, Jhonata de Souza. FERNANDES, Naiara Machado. OLIVEIRA, Rodrigo Luiz de. Análise de falha crônica do pino de segurança de um sistema de transmissão de movimento em transporte de arraste. 79f. Belo Horizonte. 2013.

PINGUELLI ROSA, Luiz. **Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear**. Revista Estudos Avançados vol.21 n.59. São Paulo. Jan./Apr. 2007.

PIRES, Waldiberto de Lima. **Guia técnico, WEG – Equipamentos Elétricos S.A – Motores.** Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento do Produto. Setembro de 2006.

RODRIGUES, C. R. C. (2002). Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: o caso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade da Engenharia Mecânica, Campinas- SP. 2002, disponível em http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/Tese_Carlos.pdf, acesso em 08/2016.

ROSA, Luiz Pinguelli. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. In: Estudos Avançados. São Paulo: v. 21, n. 59, p. 39-58, jan/abr 2007. ISSN 0103-4014

SANTIN, Maria Fernanda Cavaliere de Lima; ALVIM, Augusto Mussi. Os impactos do crescimento econômico sobre o aquecimento terrestre: a contribuição dos países em desenvolvimento. Revista do departamento de ciências econômicas, do departamento de ciências administrativas e do programa de pós-graduação em administração. Estudos do CEPE. UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul, 2007.

SANTOS, F. A. C. M.; SANTOS F. M. S. M. Geração distribuída versus centralizada. Revista do Instituto Politécnico de Viseu n° 35. Novembro, 2008. Disponível em <http://www.ipv.pt/millennium/Millennium35/11.pdf>, Acesso em: jun. 2016.

SILVA, Carlos Elmano de Alencar. **Estudo e desenvolvimento experimental de um sistema eólico interligado à rede elétrica.** Universidade Federal Do Ceará. 148f Fortaleza. 2012. Centro De Tecnologia. Pós-Graduação Em Engenharia Elétrica

SILVA, Edna Lúcia da. MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Revista Atual. 4ª edição. Florianópolis. 138p. 2005.

SILVA, Suelanny Carvalho da. **Estudo da influência da temperatura nas propriedades magnéticas e na microestrutura nos ímãs permanentes à base de Pr-Fe-B-Nb-Co obtidos com hidrogênio.** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. 112f Dissertação de mestrado Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais. Aprovada em 2007.

UCZAI, Pedro, relator; Tavares, Wagner Marques, (coord.); Queiroz Filho, Alberto Pinheiro de. **Energias renováveis: riqueza sustentável ao alcance da sociedade.** Publicado pela Câmara dos Deputados, Edições Câmara. Série cadernos de altos estudos ; n. 10. 2012, disponível em <http://www2.camara.leg.br/a-camara/altosestudos/pdf/energias-renovaveis-riqueza-sustentavel-ao-alcance-da-sociedade>, acesso em 08/2016.

UNICAMP. **Motor de Indução.** Aula 16, cap 12. Disponível em: <http://www.dt.fee.unicamp.br/~akebo/et017/motor_inducao.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2016.

VIANA, A. N. C et al. **Eficiência energética: fundamentos e aplicações**, 1a. Edição. Elektro/Universidade Federal de Itajubá/Excen/Fupai. Campinas – SP, 2012

WESCHENFELDER et al. **Situação Atual E Perspectivas Da Produção De Ímãs Permanentes E Reservas De Terras Raras: Brasil × Mundo.** Tecnologia. Metal. Mater. Miner., São Paulo, v. 9, n. 4, p. 309-315, out.-dez. 2012.

WEG. **Seleção de acionamentos volume 1;** 2007. Disponível em: <[http://www.weg.net/br/Media-Center/Central-de-Downloads/Resultado-da-Busca/\(group\)/4](http://www.weg.net/br/Media-Center/Central-de-Downloads/Resultado-da-Busca/(group)/4)>. Acesso em: 17 jun. 2016.

Banco de informação de geração. **Capacidade de Geração do Brasil.** Atualização do dia 05/04/2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 17 jun. 2016.

_____. Banco de informação de geração. **Fontes de Energia Exploradas no Brasil.** Atualização do dia 05/04/2016. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/FontesEnergia.asp?> Acesso em: 17 jun 2016.

Governo Federal. **Avaliação Da Eficiência Energética Na Indústria E Nas Residências No Horizonte Decenal (2010-2019)**. Série Estudos Da Demanda. Nota Técnica DEA 14/10. Rio De Janeiro. Julho De 2010.

Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Departamento de Desenvolvimento Energético. **Plano Nacional de Eficiência Energética Premissas e Diretrizes Básicas**. 2014.

Seminário Conhecimento, Sustentabilidade e Integração 2011. Disponível em: <http://www.jelare-project.eu/Downloads/JELARE_Report_Seminario-Energia-Limpa_es-pt.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2016.