

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**RAONI STEFANO DE LIMA CECI**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO  
DE UMA FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL EM UMA UNIDADE  
CONSUMIDORA DE GRANDE PORTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2016

**RAONI STEFANO DE LIMA CECI**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO  
DE UMA FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL EM UMA UNIDADE  
CONSUMIDORA DE GRANDE PORTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Amilcar Flamarion Querubini Gonçalves

MEDIANEIRA

2016



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Medianeira  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA DE GRANDE PORTE**

por

**Raoni Stefano de Lima Ceci**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 7:30 do dia 15 de abril de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Amilcar Flamarion Querubini Golçalves  
Orientador

---

Prof. Dr. Cleverson Gonçalves dos Santos  
Membro Titular

---

Prof. Me. Neron Alípio Cortes Berghauser  
Membro Titular

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa**

## **AGRADECIMENTOS**

Aproveito o espaço para sinceros agradecimentos, em especial aos pilares da minha educação e formação pessoal, meus pais Lino Ceci e Doraci Maia de Lima Ceci. A minha irmã Maíra, que sempre foi um importante ponto de apoio a todo momento.

Agradeço a todos amigos que me acompanharam nesse período muito especial e de muito crescimento que é a vida universitária, infelizmente não disponível a todos. A família da Rep. Zion, que não se resume somente aos seus moradores mas a todos agregados e amigos que de alguma forma contribuíram para tantas histórias, e que, sem dúvida, são a maior herança de todos os anos vividos longe de casa.

As amigas Bruna Cunha e Angela Andriolli, pelas conversas produtivas e por estarem sempre na torcida pelo meu êxito profissional.

Ao meu orientador Amilcar, pela paciência e contribuição ao longo do desenvolvimento do trabalho.

## RESUMO

CECI, Raoni Stefano de Lima. **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONOMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA DE GRANDE PORTE**. 2016. 67 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

A geração distribuída de energia elétrica tem como conceito a produção de energia junto ou próxima ao seu consumidor. Dessa forma, a geração distribuída minimiza o uso de redes de transmissão de energia elétrica (necessárias para grandes centrais geradoras) e traz melhorias para as redes de distribuição de energia, tais como, a diminuição de perdas econômicas. Para que a geração distribuída seja possível, faz-se necessário o uso de fontes alternativas de energia com capacidade de instalação em locais próximos aos consumidores como por exemplo, a geração de energia através dos aerogeradores ou painéis fotovoltaicos. A partir do ano 2012 o governo brasileiro lançou a resolução nº 482/2012 com normas específicas para que consumidores de energia elétrica possam gerar a própria energia, ou entregá-la para a rede de distribuição, através do uso da micro ou minigeração. Neste contexto, o presente trabalho visa desenvolver um estudo de viabilidade econômico financeira para a instalação de uma fonte alternativa de energia renovável em uma unidade consumidora de grande porte, como forma de geração distribuída de energia elétrica. Para atingir tal objetivo foram realizados estudos da unidade consumidora (análise de consumo e levantamento de carga), avaliação da capacidade de produção energética da fonte utilizada, seguido de uma análise de custos para o investimento. A partir das informações necessárias adquiridas, pode-se calcular o tempo para o retorno do investimento e, conseqüentemente, a sua viabilidade econômica através do cálculo do custo de cada kWh produzido. Enfim, como contribuição, o presente trabalho apresenta as etapas dos procedimentos necessários para que um consumidor desenvolva uma análise de investimento para implantação de uma usina geradora de energia elétrica aplicada na geração distribuída.

**Palavras-chaves:** Fontes de energia renovável. Análise financeira. Geração Distribuída de Energia Elétrica. Viabilidade Econômica.

## ABSTRACT

CECI, Raoni Stefano de Lima. **ECONOMIC FEASIBILITY STUDY FOR THE ESTABLISHMENT OF A RENEWABLE ENERGY SOURCE ON A UNIT OF LARGE CONSUMING**. 2016. 69 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado Engenharia Ambiental – Federal Technology University - Paraná. Medianeira, 2016.

Distributed generation of electrical energy has an energy generation concept along or next to the consumer. Thus, distributed generation minimizes the use of electric power transmission networks (required for large generating stations) and brings improvements to the power distribution networks, such as the reduction of ohmic losses. To make distributed generation is possible, it is necessary to use of alternative energy sources with installation capacity close to consumers, such as the generation and energy through wind turbines or photovoltaic panels. Since the year 2012, the Brazilian Government launched the resolution 482/2012 with specific standards so that consumers of electricity can generate their own energy, or deliver it to the distribution network, using mini or micro generation. In this context, the present study aims to develop a financial economic feasibility study for the installation of an alternative source of renewable energy in a large consumer, as a form of distributed generation of electricity. To achieve this goal, first are studies of consumer (consumer analysis and load-lifting), evaluation of energy production capacity of the fonts used, followed by a cost analysis for investment from the necessary information acquired, you can calculate the time to return on investment and, consequently, its economic viability through the calculation of the cost of each kWh produced. In conclusion, Academic contribution, the present work of conclusion of course presents the steps of the procedures necessary for a consumer to develop an analysis of investment for implementation of an electric power generating plant applied in distributed generation.

**Keywords:** Fountain of renewable energy. Financial analysis. Generation Distribution of Electric Energy. Economic viability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de Compensação de Energia Elétrica .....	21
Figura 2 - Exemplo Simplificado do Cálculo das Perdas de Energia Elétrica .....	23
Figura 4 - Componentes de um Turbina Eólica.....	25
Figura 5 - Gráfico de Desempenho de Uma Turbina Eólica.....	26
Figura 6 - Potencial Eólico Nordeste.....	28
Figura 7 - Potencial Eólico Para Vento Médio Anual Não Inferior à Velocidade de 7,0 m/s ..	29
Figura 8 – Esquema Representativo de um Fluxo de Caixa.....	32
Figura 9 - Gráfico Genérico para <i>Payback</i> .....	33
Figura 11 - Gráfico Taxa Interna de Retorno - TIR.....	37
Figura 12 - Fluxograma Para a Análise de Retorno do Investimento .....	38
Figura 13 – Gráfico <i>Payback</i> Simples.....	44
Figura 14 – Gráfico <i>Payback</i> Descontado.....	45
Figura 15 – Esquema Representativo de uma Análise de VPL.....	46
Figura 16 - Gráfico Para o Cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR) Para o Projeto.....	48
Figura 17– Aerogerador Modelo WTG ATB 750.54.....	51
Figura 18 – Representação de Produção de Energia x Velocidade do Vento.....	51
Figura 19 - Fluxo de Caixa Descontado do Projeto .....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Variáveis da FER Instalada .....	40
Quadro 2 - Dados Gerais do Projeto.....	41
Quadro 3 - Variáveis Envolvidas Com o Cálculo Dos Custos de Produção Anual.....	42



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Empreendimentos para Geração de Energia Elétrica em Operação – 29/02/2016 .....	14
Tabela 2 – Empreendimentos para Geração de Energia Elétrica em Construção – 29/02/2016.....	15
Tabela 3 – Empreendimentos com Construção Não Iniciada– 29/02/2016.....	15
Tabela 4 - Evolução da Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica no Período 2005 - 2015 (GW).....	17
Tabela 5 - Expansão da Oferta de Energia Elétrica no Brasil, Por Fonte de Geração (MW)	17
Tabela 6 - Expansão da Oferta de Energia Elétrica no Período 2015-2030, por região Geográfica (MW). .....	18
Tabela 7 - Agentes de Geração de Energia Elétrica .....	20
Tabela 8 - Produção de Energia Eólica no Brasil Distribuída por Estado .....	29
Tabela 9 - Dados Exemplo 1 .....	43
Tabela 10 - Dados Fluxo de Caixa Simples e Descontado .....	45
Tabela 11 - Características de Funcionamento da FER .....	52
Tabela 12 - Investimento Necessário Para Instalação da FER .....	52
Tabela 13 - Dados Gerais Utilizados Para a Realização da Pesquisa.....	53
Tabela 16 – Valores Calculados no Projeto da Análise Financeira .....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS (SIGLAS)

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APE	Autoprodutor de Energia Elétrica
FER	Fontes de Energia Renovável
GD	Geração Distribuída
GW	Gigawatt ( $10^9$ W)
MW	Megawatts ( $10^6$ W)
kW	Quilowatts ( $10^3$ W)
OAPEC	Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo
PIE	Produtor Independente de Energia Elétrica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	14
2.2 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AUTOPRODUÇÃO E PRODUÇÃO INDEPENDENTE.....	19
2.2.1 Aerogeradores ou Turbinas Eólicas.....	24
2.3 ANÁLISE FINANCEIRA .....	30
2.3.1 Fluxo de Caixa.....	31
2.3.2 <i>Payback</i> .....	32
2.3.3 Valor Presente Líquido (VPL).....	34
2.3.4 Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	36
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>38</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE ENERGÉTICA .....	39
3.2 PERFIL DO CONSUMIDOR .....	39
3.3 CUSTOS ENVOLVIDOS COM A INSTALAÇÃO DO AEROGERADOR.....	40
3.4 DADOS GERAIS UTILIZADOS .....	41
3.5 CÁLCULO DO PREÇO DO KWH PRODUZIDO PELO AEROGERADOR.....	41
3.6 ECONOMIA ANUAL COM O AEROGERADOR .....	42
3.7 ANÁLISE DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	42
3.7.1 <i>Payback</i> simples .....	43
3.7.2 <i>Payback</i> descontado .....	45
3.7.3 Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	46
3.7.4 Valor Presente Líquido (VPL).....	46
3.7.5 Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	47
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>50</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMIDOR.....	50
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE ENERGÉTICA .....	50
4.3 ANÁLISE DO INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA INSTALAÇÃO DO AEROGERADOR .....	52
4.4 DADOS GERAIS .....	53
4.5 CUSTO DO KWH PRODUZIDO COM AEROGERADOR .....	53
4.6 ECONOMIA ANUAL GERADA COM O PROJETO .....	54
4.7 ANÁLISE DE INVESTIMENTO .....	54
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas têm demandado cada vez mais energia para se desenvolverem, tanto pelo aumento populacional quanto pela mudança das características dessas atividades, que estão tecnologicamente mais avançadas (ANEEL,2008).

Em 2014, a oferta interna de energia elétrica registrou uma taxa de crescimento de 3,1%, sendo que o gás natural, petróleo e seus derivados responderam por 80% desse incremento, evidenciando a dependência dos combustíveis fósseis (EPE, 2015).

Desde o século passado, o petróleo tem sido a principal fonte de energia do mundo. Entretanto, a crise energética ocorrida na década de 1970, gerada pela interrupção no fornecimento de petróleo, fez muitos países reduzirem a dependência internacional de suas economias às oscilações drásticas de preço desta commodity. O embargo do petróleo, decretado pelos membros da Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo (OPAEP) levou à uma busca por processos mais eficientes de conversão da energia e à substituição do uso de óleo combustível (STRAPASSON, 2004).

Os danos ambientais gerados pela produção de energia por fontes primárias, exigiu que a sociedade e as empresas pensassem de forma mais intensiva sobre questões relacionadas à sustentabilidade, conforme definido pela *Brundtland Comission* (BLACKBURN, 2007).

Bermann (2008) destaca a importância em se debater os impactos derivados da utilização excessiva dos combustíveis fósseis, buscando soluções sustentáveis para geração de energia através de fontes limpas e renováveis.

Associada à busca por fontes de energia renovável (FER) surge o conceito de Geração Distribuída (GD) de energia. A GD, também conhecida como geração *in locu* ou *in situ* é o nome dado para a produção e armazenamento de energia no mesmo local ou próxima do seu consumo. (BARBOSA FILHO e AZEVEDO, 2013)

A energia produzida a partir de recursos renováveis como a solar e eólica são exemplos de GD que se tornaram muito atraentes por não gerarem poluentes como produtos da geração de energia e, por isso, passaram a diversificar a matriz energética brasileira (OLIVEIRA, 2015).

Alguns incentivos andam de acordo com esse pensamento, como podemos verificar na Resolução nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Essa Resolução Normativa objetiva trazer um grande avanço para a regulamentação da micro e minigeração distribuída de energia elétrica que possibilita a cada consumidor suprir ou complementar a sua necessidade energética, podendo ainda armazenar na rede (através de um sistema de créditos) o excedente de energia produzida, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais. Nessa resolução, a geração é classificada em relação à potência instalada, sendo que,

para a ANEEL, a microgeração distribuída é aquela que possui potência instalada de até 75 kW e a minigeração se refere a potência instalada com capacidade de geração maior que 75 kW chegando até 5 MW.

As fontes que mais se destacam em aplicações de GD para mini e micro geração em áreas urbanas são as usinas fotovoltaicas e as eólicas.

As usinas fotovoltaicas funcionam de acordo com o nível de radiação solar que incide sobre as placas fotovoltaicas, convertendo essa radiação em energia elétrica de corrente contínua e posteriormente é conectada na rede com a utilização de uma interface eletrônica. Uma das vantagens da usina fotovoltaica é que os módulos ou placas podem ser instalados sobre telhados, aproveitando-se a área destas construções. Por outro lado, como desvantagens pode-se citar que as usinas fotovoltaicas só operam durante os horários de luz solar e necessitam de grandes áreas de cobertura para produzirem potências na ordem de dezenas de quilowatts, como se pode verificar na maior usina fotovoltaica do país, localizada no município de Tauá-CE, que tem capacidade de geração de 1MW através dos 4.680 painéis solares instalados em uma área de 12 mil m<sup>2</sup> (L&D RENOVÁVEL, 2015).

As usinas eólicas funcionam por meio da energia cinética fornecida pelos ventos que giram as pás do rotor e transformam em energia elétrica usando um gerador elétrico, como é ressaltado a seguir:

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão de energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas de aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos (e moinhos) para trabalhos mecânicos como bombeamento de água (ANEEL, 2003, p. 01).

Como vantagem, pode-se citar a possibilidade de extração de potências na ordem de MW. A GE por exemplo, constrói turbinas com capacidade nominais entre 1,5 a 4MW. A Siemens por sua vez, produz turbinas de 5MW. Em contrapartida, para a instalação de usinas eólicas deve-se evitar, por exemplo, rotas migratórias de aves ou a poluição visual e sonora.

Dentre as fontes alternativas de uso comercial, a eólica surge como uma promissora opção para o mercado de micro e mini geração a partir das fontes de energia renovável (FER), com reduzido impacto ambiental, se destacando pela sua produção, segurança e sustentabilidade (EWEA, 2010).

A produção de energia elétrica no Brasil a partir da fonte eólica aumentou 85,6% entre 2013 e 2014 (EPE, 2015).

Considerando a importância em se utilizar as FER apresenta-se um estudo de viabilidade econômica para implantação de uma mini geração eólica em um empreendimento na cidade de Fortaleza - CE. O empreendimento utilizado como fonte de estudo se caracteriza como uma unidade consumidora de alta tensão, ou seja, abastecida por energia em tensão igual ou superior a 2,3 quilovolts (kV) (ANEEL, 2010) e com consumo de aproximadamente 1.500MWh/mês.

Como resultado esperado desse trabalho de conclusão de curso, pretende-se que o estudo de viabilidade econômica desenvolvido sirva como ferramenta de suporte para futuros projetos de estudos de viabilidade econômica de implementação de usinas eólicas em GD.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo de viabilidade econômica para aplicação de mini geração de energia através de uma fonte renovável em uma instalação consumidora de alta tensão, de acordo com os dados comerciais fornecidos em parceria com a empresa italiana Friendly Power, grupo que desenvolve projetos para produção de energia renovável.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) analisar os dados de consumo da unidade consumidora;
- b) estudar a capacidade de produção da fonte energética.
- c) estudar e analisar o custo de implementação da fonte energética.
- d) realizar uma análise de investimento.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A geração de energia elétrica é algo que varia muito entre os países, devido a particularidade de cada um quanto a sua geografia e recursos naturais disponíveis.

O Brasil, como explicam Doroche e Anschau (2015), está entre os países com maior potencial hidroelétrico do mundo, sendo a sua matriz energética composta principalmente por esta fonte. Essa característica coloca o Brasil no seletor grupo que não necessita ter os combustíveis fósseis como principal fonte de geração de energia elétrica.

[...] o Brasil é rico em rios com excelentes potenciais hidrelétricos, ou seja, diferente da grande maioria dos países desenvolvidos ou em desenvolvimento, o Brasil não sustenta a base da geração de sua energia elétrica na utilização de fontes primárias não renováveis como derivados do petróleo (óleo e carvão), combustíveis radioativos (urânio, plutônio) e gás natural (DOROCHÉ e ANSCHAU, 2015, p.03).

Isso fica evidente na Tabela 1, Tabela 2 e

Tabela 3 que apontam as principais fontes de geração de energia elétrica no Brasil além do crescimento previsto por elas.

**Tabela 1 – Empreendimentos para Geração de Energia Elétrica em Operação – 29/02/2016**

Fontes de Geração de Energia Elétrica	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Potência Fiscalizada (kW) (%)
Central Geradora Hidrelétrica	550	412.961	414.865	0,29
Central Geradora Eólica	342	8.342.718	8.293.862	5,58
Pequena Central Hidrelétrica	457	4.827.247	4.805.487	3,39
Central Geradora Solar Fotovoltaica	37	26.916	22.916	0,02
Usina Hidrelétrica	203	89.490.541	86.841.578	61,24
Usina Termelétrica	2.876	41.189.872	39.433.352	27,81
Usina Termonuclear	2	1.990.000	1.990.000	1,4
Total	<b>4.467</b>	<b>146.280.255</b>	<b>141.802.060</b>	<b>99,73</b>

Fonte: Banco de Informação de Geração, BIG – [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) (2016).

Para as tabelas descritas, os valores de porcentagem são referentes a Potência Fiscalizada. A Potência Outorgada é igual a considerada no Ato de Outorga. A Potência Fiscalizada é igual a considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

**Tabela 2 – Empreendimentos para Geração de Energia Elétrica em Construção – 29/02/2016.**

Fontes de Geração de Energia Elétrica	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
Central Geradora Hidrelétrica	1	848	0
Central Geradora Eólica	140	3.308.604	16,55
Pequena Central Hidrelétrica	38	504.381	2,52
Central Geradora Solar Fotovoltaica	0	0	0
Usina Hidrelétrica	10	13.456.242	67,31
Usina Termelétrica	13	1.370.039	6,85
Usina Termonuclear	1	1.350.000	6,75
<b>Total</b>	<b>203</b>	<b>19.990.114</b>	<b>99,98</b>

Fonte: Banco de Informação de Geração, BIG – [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) (2016) [Modificado].

**Tabela 3 – Empreendimentos com Construção Não Iniciada– 29/02/2016.**

Fontes de Geração de Energia Elétrica	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
Central Geradora Hidrelétrica	41	30.279	0,16
Central Geradora Eólica	1	50	0
Pequena Central Hidrelétrica	247	5.794.250	31,44
Central Geradora Solar Fotovoltaica	125	1.778.708	9,65
Usina Hidrelétrica	40	1.142.975	6,2
Usina Termelétrica	6	629.000	3,41
Usina Termonuclear	150	9.052.032	49,12
<b>Total</b>	<b>610</b>	<b>18.427.294</b>	<b>100</b>

Fonte: Banco de Informação de Geração, BIG – [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) (2016).

A adoção de medidas para gerar energia deve levar em consideração aspectos que possam, de alguma forma, contribuir para um mundo mais justo sem prejudicar o meio ambiente.

Uma em cada cinco pessoas no planeta – ao todo 1,3 bilhão de pessoas - ainda não tem acesso à eletricidade. Cerca de 2,7 bilhões dependem de madeira, carvão, carvão vegetal ou resíduo animal para cozinhar e aquecer. Na economia globalizada, isso é injusto, sendo uma grande barreira para a erradicação da pobreza. Nos países industrializados, o problema de energia está relacionado ao desperdício e à poluição e não ligado diretamente ao abastecimento energético (Rio +20, 2012).



Bermann (2001) reforça esse discurso apontando que a distribuição do consumo energético entre os países dos hemisférios norte e sul são muito desiguais, bem como o nível da qualidade de vida. Ressalta ainda que esses extremos ocorrem também no interior de cada país, devido a maneira com que a riqueza é distribuída.

Diante desse cenário, surge a necessidade de se produzir energia de forma sustentável, democratizando o seu acesso, protegendo o meio ambiente da excessiva extração dos recursos naturais e que seja economicamente viável.

Bermann (2001, p.15) coloca que:

[...] as energias alternativas (biomassa, eólica, solar, etc...) são a saída para o problema energético do mundo e se elas não são economicamente viáveis, isto se deve ao fato de que no custo do petróleo não estão embutidos os custos devastadores que seu consumo impõe a sociedade.

Oliveira (2002) destaca que Alemanha, Espanha, Japão, Estados Unidos, entre outros países notam que em diferentes níveis a energia elétrica proveniente de fontes renováveis de pequena escala é vista como opção.

No Brasil e em grande parte do mundo o principal recurso renovável utilizado para fornecer energia elétrica é a água. A água é o recurso natural mais abundante da Terra, porém o uso indiscriminado e as mudanças climáticas ameaçam a abundância deste recurso (ANEEL, 2008).

A construção das hidrelétricas cresceu mesmo nos anos 1970, entretanto, a exploração deste recurso tende a diminuir devido à crise hídrica, o que indica a fragilidade da produção de energia por esta via (EPE, 2015). Portanto, um modelo de desenvolvimento baseado no investimento em outras fontes de energia renovável se torna imprescindível.

O segundo recurso renovável mais utilizado no Brasil para produzir energia elétrica é a biomassa, sendo o bagaço de cana-de-açúcar o principal, o mesmo é aproveitado para gerar eletricidade por transformação térmica nas usinas de processamento de cana-de-açúcar. Isso ocorre, principalmente, devido ao grande volume de bagaço gerado na fabricação de álcool, tornando a biomassa a segunda fonte de energia renovável, perdendo apenas para a água.

Na Tabela 4 pode-se verificar a evolução da capacidade instalada no período de 2005 – 2015 das principais fontes para geração de energia elétrica, trazendo o acréscimo ocorrido no período de estudo além do seu acréscimo médio anual. Para esta Tabela, tem-se em azul as fontes geradoras de energia elétrica e em preto os

itens que se referem a essa fonte.

**Tabela 4 - Evolução da Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica no Período 2005 - 2015 (GW)**

FONTE	2005	2015	NO PERÍODO	MÉDIO ANUAL
<b>Hidrelétricas</b>	<b>68,6</b>	<b>99,0</b>	<b>30,4</b>	<b>3,04</b>
Grande porte <sup>1</sup>	68,6	99,0	30,4	3,04
<b>Térmicas</b>	<b>16,9</b>	<b>24,3</b>	<b>7,4</b>	<b>0,74</b>
Gás natural	8,7	13,0	4,3	0,43
Nuclear	2,0	3,3	1,3	0,13
Carvão	1,4	2,5	1,1	0,11
Outras	4,8	5,5	0,7	0,07
<b>Alternativas</b>	<b>1,4</b>	<b>5,5</b>	<b>4,1</b>	<b>0,41</b>
PCH	1,3	2,3	1,0	0,10
Centrais eólicas	-	1,4	1,4	0,14
Biomassa da cana	0,1	1,8	1,7	0,17
Resíduos Urbanos	0,0	-	-	-
<b>Outras gerações</b>	<b>5,8</b>	<b>2,6</b>	<b>-2,9</b>	<b>-0,29</b>
<b>Importação</b>	<b>7,8</b>	<b>8,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,06</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100,5</b>	<b>139,8</b>	<b>39,0</b>	<b>3,90</b>

Fonte: EPE, 2007.

<sup>1</sup> Exclui a parte paraguaia da Itaipu binacional e auto-produção; Valor inferior a 199MW; Inclui autoprodução e sistemas isolados

É esperado que cada vez mais aumente a diversificação da matriz energética brasileira, por meio de incentivos par ao uso de fontes renováveis.

A Tabela 5 apresenta a expectativa de expansão para a oferta de energia elétrica no período de 2015 a 2030 com as principais fontes utilizadas.

**Tabela 5 - Expansão da Oferta de Energia Elétrica no Brasil, Por Fonte de Geração (MW)**

FONTE	CAPACIDADE INSTALADA		EM ACRÉSCIMO	
	2020	2030	2005 - 2030	2015 - 2030
<b>Hidrelétricas</b>	<b>116.100</b>	<b>156.300</b>	<b>87.700</b>	<b>57.300</b>
Grande porte <sup>1</sup>	116.100	156.300	87.700	57.300
<b>Térmicas</b>	<b>26.897</b>	<b>39.897</b>	<b>22.945</b>	<b>15.500</b>
Gás natural	14.035	21.035	12.300	8.000
Nuclear	4.397	7.347	5.345	4.000
Carvão	3.015	6.015	4.600	3.500
Outras	5.500	5.500	700	-
<b>Alternativas</b>	<b>8.783</b>	<b>20.322</b>	<b>19.468</b>	<b>15.350</b>
PCH	3.330	7.769	7.000	6.000
Centrais eólicas	2.282	4.682	4.653	3.300
Biomassa da cana	2.971	6.571	6.515	4.750
Resíduos Urbanos	200	1.300	1.300	1.300
<b>Importação</b>	<b>8.400</b>	<b>8.400</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>160.180</b>	<b>224.919</b>	<b>130,113</b>	<b>88.150</b>

Fonte: EPE, 2007.

<sup>1</sup>Inclui usinas binacionais; Refere-se somente ao carvão nacional: não houve expansão com carvão importado; A expansão após 2015 é, numericamente, pouco significativa, por referir-se aos sistemas isolados remanecentes (0,2% do consumo nacional).

Para análise das fontes alternativas de energia, segundo EPE, 2007 alguns pontos foram levados em consideração.

Com relação às fontes alternativas há aspectos específicos a considerar. Do ponto de vista geográfico, levou-se em conta a distribuição do potencial de cada fonte, conforme definido pelas condições naturais (centrais eólicas e PCH) ou pelas condições de produção e disponibilização do recurso energético (biomassa da cana e resíduos urbanos).

Destaca-se o crescimento da oferta de energia eólica na Região Nordeste, onde as condições bioclimáticas são mais favoráveis, como apresentado na Tabela 6.

**Tabela 6 - Expansão da Oferta de Energia Elétrica no Período 2015-2030, por região Geográfica (MW).**

<b>FONTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>NORDESTE</b>	<b>SUDESTE<sup>1</sup></b>	<b>SUL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Hidrelétricas</b>	<b>43.720</b>	<b>580</b>	<b>8.860</b>	<b>4.140</b>	<b>57.300</b>
Grande porte <sup>2</sup>	43.720	580	8.860	4.140	57.300
<b>Térmicas</b>	<b>0</b>	<b>5.500</b>	<b>6.000</b>	<b>4.000</b>	<b>15.500</b>
Gás natural	0	3.500	4.000	500	8.000
Nuclear	0	2.000	2.000	0	4.000
Carvão	0	0	0	3.500	9.000
Outras	-	0	0	0	-
<b>Alternativas</b>	<b>0</b>	<b>3.950</b>	<b>8.000</b>	<b>3.400</b>	<b>15.350</b>
PCH	0	500	4.000	1.500	6.000
Centrais eólicas	0	2.200	0	1.100	3.300
Biomassa da cana	0	950	3.300	500	4.750
Resíduos Urbanos	0	300	700	300	1.300
<b>TOTAL</b>	<b>43.720</b>	<b>10.000</b>	<b>22.860</b>	<b>11.540</b>	<b>88.150</b>

**Fonte: EPE (2007).**

<sup>1</sup>Inclui Centro-Oeste; <sup>2</sup>Inclui hidrelétricas binacionais; Valores numericamente pouco significativos, correspondentes à expansão da carga do sistemas isolados remanescente ( 0,2% do consumo nacional)

As fontes de energias renováveis vêm ganhando espaço no cenário energético brasileiro, contribuindo para diversificação da matriz energética de forma mais sustentável.

## 2.2 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AUTOPRODUÇÃO E PRODUÇÃO INDEPENDENTE

As energias renováveis podem ser representadas por tecnologias que proporcionam eletricidade de forma limpa. As fontes de energias renováveis devem ser consideradas de forma independente, permitindo assim a diversificação da matriz energética, o combate às alterações climáticas e a busca pelo desenvolvimento sustentável. (CASTRO, 2011)

Segundo Rodrigues (2002) compara a geração de energia elétrica convencional com o modelo de geração distribuída, destacando algumas vantagens.

A geração de energia elétrica convencional é centralizada e distante do ponto de consumo, isso faz com que o sistema gere perdas na distribuição, aumentando os custos da produção da energia e causando danos às concessionárias e ao meio ambiente. No entanto, a geração distribuída oferece inúmeras vantagens ao setor elétrico, uma vez que a disposição da unidade de geração é próxima da carga, além disso, permite uma maior diversificação das tecnologias empregadas para a produção de energia.

Alguns aspectos dificultam o desenvolvimento do modelo de geração distribuída por fontes renováveis no país. A alta carga tributária, altos preços dos equipamentos, a falta de mão de obra especializada e as condicionantes ambientais, são fatores que dificultam os micro e pequenos produtores de energia a se estabelecerem no mercado de energia brasileiro. (Plano Nacional De Energia, 2007).

De acordo com a ANEEL (2012), Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE) é a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco. E o autoprodutor de Energia Elétrica (APE) é a pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo.

Atualmente possuem concessão 254 agente de APE e 1.624 PIE no país, como retrata a Tabela 7 do Banco de Informação de Geração – BIG.

**Tabela 7 - Agentes de Geração de Energia Elétrica**

<b>Especificação dos regimes jurídicos de geração de energia elétrica</b>	
<b>Regime Jurídico</b>	<b>Quantidade de Agentes</b>
APE	254
PIE	1.624
REGISTROS	1.545
SERVIÇO PÚBLICO	72

**Fonte: Banco de Informação de Geração, BIG – [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) (2016).**

A prestação de serviço de agentes privados com utilidade pública é regulada através de um marco regulatório formado por uma série de normas, leis e diretrizes.

O autoprodutor de energia elétrica foi instituído no governo militar de João Figueiredo (1979 a 1985), e definido por meio do decreto-Lei nº 1.872, de 21 de maio de 1981, como sendo quem possui o título de concessão ou autorização federal para produção de energia. A lei também autoriza as concessionárias de energia a comprarem o excedente de energia elétrica produzida, desde que a fonte de geração não seja proveniente de combustíveis fósseis.

Esse decreto foi válido por quase duas décadas, sendo revogado pela lei nº 9.648/98, que determina que a comercialização do excedente da energia elétrica pelos autoprodutores dependeria da autorização da ANEEL.

A legislação atual que regula a atuação dos APE e PIE no mercado de energia elétrica é regido pela Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995 e o Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996.

Nos anos de 2010 e 2011 foram promovidos pela ANEEL, a Consulta Pública nº 15/2010 e a Audiência Pública nº 42/2011 para promover um debate sobre os dispositivos legais para conexão de geração distribuída na rede de distribuição.

Com o resultado do processo de consulta e participação pública, a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente (ANEEL, 2014).

Essa resolução normativa 482 visa regulamentar a micro e minigeração distribuída de energia elétrica que possibilita a cada consumidor suprir a sua necessidade energética podendo ainda armazenar na rede o excedente produzido, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade (ANEEL, 2012).

O sistema de compensação, conhecido em inglês como *net metering*, foi criado possibilitando ao consumidor armazenar o excedente da sua autoprodução, gerada por exemplo através de painéis fotovoltaicos ou turbinas eólicas, na rede de distribuição podendo utiliza-la para abater um futuro consumo de energia.

A ANEEL (2014) ressalta.

Esse sistema permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora, a qual funcionará como uma bateria, armazenando esse excedente até o momento em que a unidade consumidora necessite de energia proveniente da distribuidora. Dessa forma, a energia elétrica gerada por essas unidades consumidoras é cedida à distribuidora local, sendo posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica dessa mesma unidade consumidora (ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade).

A Figura 1 ilustra o funcionamento do sistema de compensação de energia para um consumidor residencial. Observa-se que as setas em kWh (kilowatts hora) mostram os sentidos dos fluxos de energia



Figura 1 - Sistema de Compensação de Energia Elétrica  
Fonte: ANEEL (2004).

A partir do dia 1 de março de 2016 entraram em vigor os aprimoramentos feitos na Resolução Normativa nº 482/2012, em que fica determinado que:

será permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2016).

Ainda de acordo com as novas regras, o consumidor passou a ter 60 meses para aproveitar a energia armazenada na rede, no lugar dos 36 meses previstos na antiga legislação. Mas o prazo para a distribuidora conectar empreendimentos de microgeração a rede diminuiu, passando de 82 para 34 dias.

Os condomínios também foram beneficiados, uma vez que a energia gerada poderá ser compartilhada entre os condôminos, a uma porcentagem definida por eles.

Com as novas atualizações da resolução foi implementada a chamada “geração compartilhada” dando oportunidade para formação de consórcios ou cooperativas para instalação de uma micro ou minigeração distribuída, gerando energia para os cooperados.

A expectativa da Agência foi grande com relação ao aumento de instalações e “prevê que até 2024 cerca de 1,2 milhão de unidades consumidoras passem a produzir sua própria energia, totalizando 4,5 GW de potência instalada (ANEEL, 2016)”.

As vantagens resultantes em se utilizar a geração distribuída de energia elétrica, por fontes renováveis, são elencadas a seguir:

a) Como a energia é consumida no local de sua geração as chamadas perdas técnicas, por transmissão e distribuição, que podem alcançar aproximadamente 7,5%, são reduzidas.

b) As perdas consideradas não técnicas estão associadas à gestão comercial da distribuidora, devido a problemas como furtos de energia, erros de medição ou faturamento, e podem chegar a 6%. [ANEEL]

c) O combustível para geração é provido de uma fonte inesgotável (desde que respeitado seu ciclo de reposição) e limpa;

d) Atende lugares de difícil acesso sem necessidade de grandes investimentos em linhas de transmissão, no caso do modelo de geração *off-grid* (isolada da rede de distribuição de energia elétrica).

Na Figura 2 é possível verificar como são calculadas as perdas de energia elétrica através dos processos de transmissão e distribuição, partindo-se da geração até chegar ao consumidor.

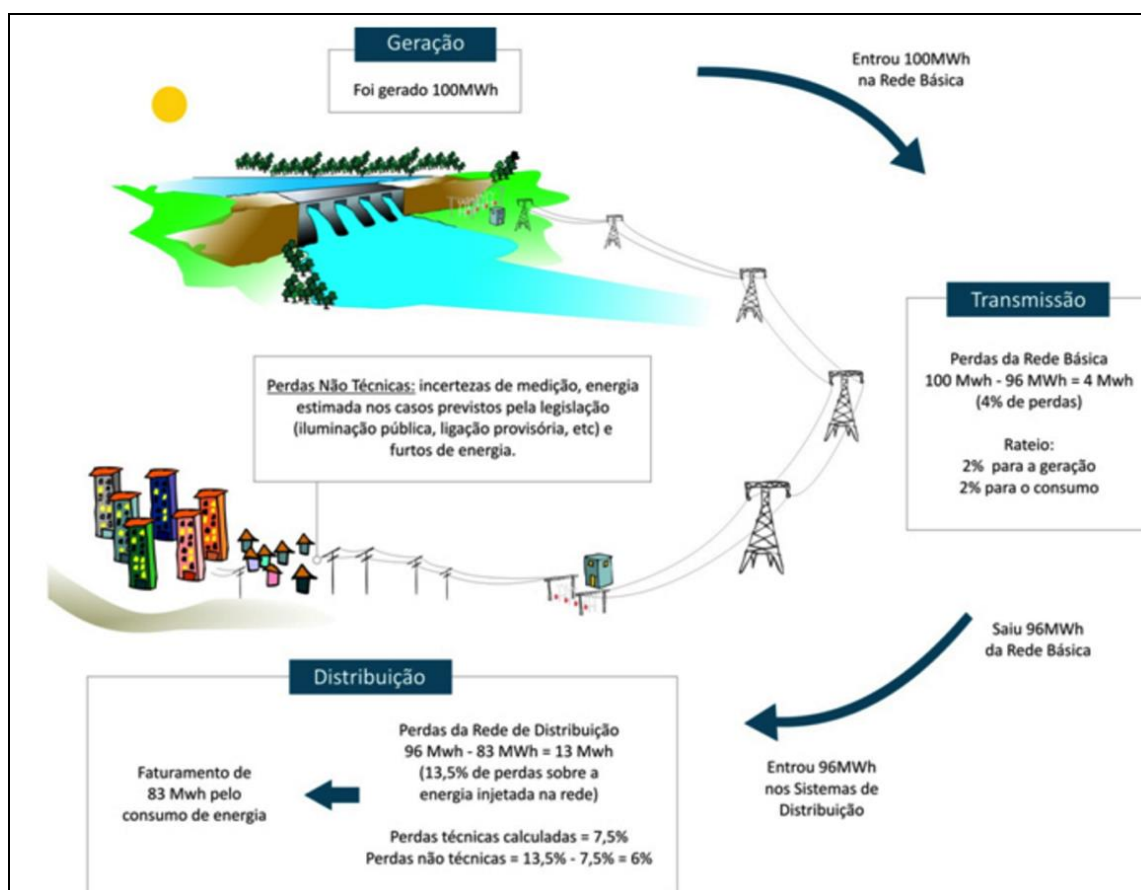


Figura 2 - Exemplo Simplificado do Cálculo das Perdas de Energia Elétrica

Fonte: ANEEL (2004).

Atualmente existe 1066 registros de Micro e Minigeradores distribuídos efetivados na ANEEL, regidos pela Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2016).

As turbinas eólicas aparecem como uma boa alternativa para o modelo de geração distribuída em algumas regiões do país, que possuem características climáticas favoráveis, isto é, regiões com ventos anuais de médias constantes.



### 2.2.1 Aerogeradores ou Turbinas Eólicas

Os aerogeradores são compostos em duas principais classes, os de eixo vertical e os de eixo horizontal. A Figura 3 mostra dois exemplos de aerogeradores, sendo um de eixo vertical e o outro de eixo horizontal.



Figura 3 - Aerogeradores: Eixo Vertical e Eixo Horizontal  
Fonte: Rossi e Oliveira (2012).

As turbinas de eixo vertical possuem a vantagem de poder receber ventos de qualquer direção, necessitam de um mecanismo que as ajustem para alinhar a turbina de acordo com a direção do vento. Entretanto, as turbinas de eixo horizontal possuem maior capacidade de geração de energia elétrica que as de eixo vertical, por isso é o modelo mais utilizado atualmente.

Na Figura 4 pode-se observar como é a composição dos principais componentes de um aerogerador. A função dos principais componentes é:

a) **Rotor:** É onde são fixadas as pás, sendo o responsável por transformar a energia cinética contida nos ventos em energia mecânica.

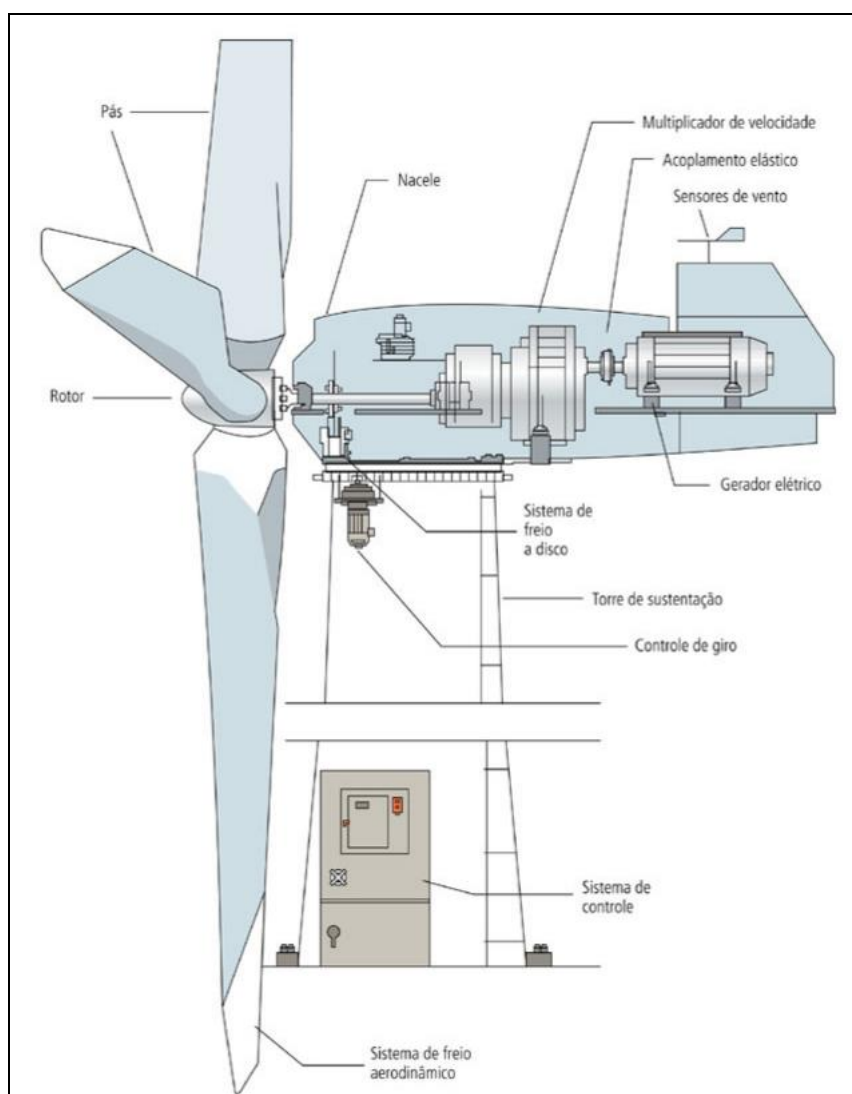
b) **Torre:** São fundamentais para o sustento de todo sistema sendo importante também para posicionar o rotor a uma altura necessária para seu bom funcionamento.

c) **Nacele:** É o compartimento no alto da torre que abriga os principais componentes da turbina eólica, como: o sistema hidráulico, medição do vento, sistema de controle e os freios.

d) **Pás:** São responsáveis por captar o vento e converter a sua potência ao centro do rotor.

e) **Gerador elétrico:** Transforma a energia mecânica de rotação em energia elétrica.

f) **Anemômetro:** Mede a velocidade do vento. Geralmente o faz a cada 10 minutos.



**Figura 4 - Componentes de um Turbina Eólica**  
Fonte: ANEEL (2013).

Castro (2013) ressalta que “as turbinas eólicas são projetadas para gerarem a máxima potência a uma determinada velocidade do vento. Esta potência é conhecida como nominal e a velocidade do vento alcançada nessa condição é designada velocidade nominal do vento”.

Mas para que se possa utilizar parte da energia contida no vento é necessário a existência de um fluxo permanente em um intervalo de velocidade.

Por meio da Figura 5 é possível ver uma curva que relaciona a velocidade do vento com a potência elétrica produzida por um aerogerador, este começa a produzir energia a partir da velocidade (4 m/s) e atinge sua potência máxima de geração em torno de 10 m/s. Por questão de segurança o aerogerador é desligado a partir de uma certa velocidade.

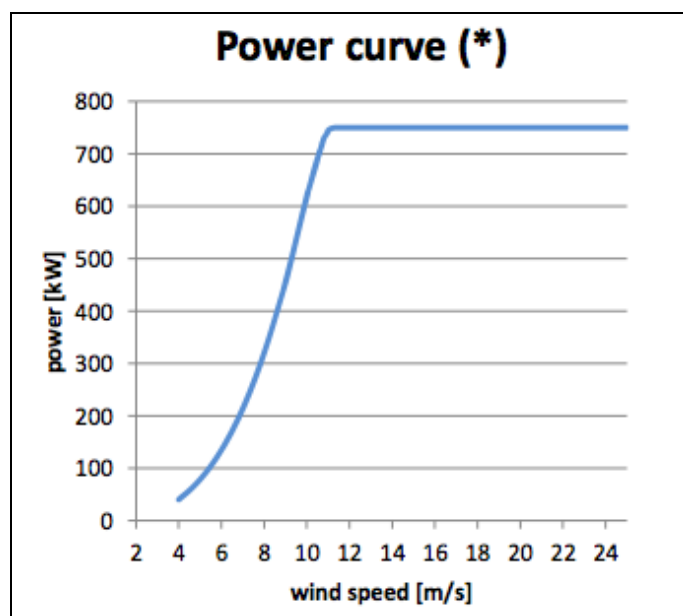


Figura 5 - Gráfico de Desempenho de Uma Turbina Eólica  
Fonte: Anexo do Presente Trabalho

A potência elétrica produzida pelo aerogerador depende da velocidade do vento e de suas características construtivas. No manual de especificação de cada máquina podem ser encontradas as características de funcionamento do aerogerador, onde se observa também que a estimativa de desempenho para cada velocidade do vento.

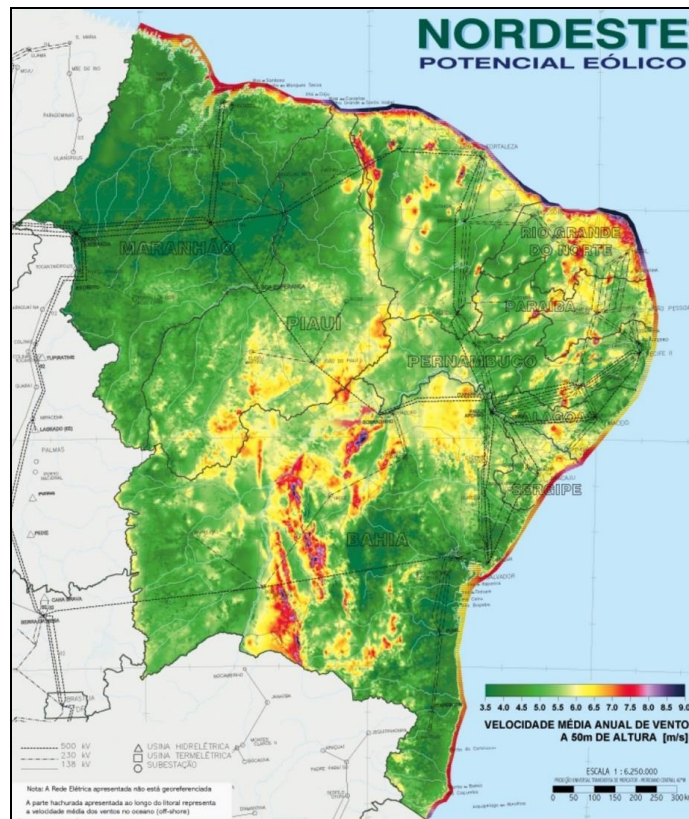
O tipo de aerogerador a ser utilizado depende, do regime de ventos no local de instalação, fazendo-se necessário um estudo das características do local que irá ser instalada a turbina eólica.

A avaliação técnica do potencial eólico exige um conhecimento detalhado do comportamento dos ventos. Os dados relativos a esse comportamento - que auxiliam na determinação do potencial eólico de uma região - são relativos à intensidade da velocidade e à direção do vento. Para obter esses dados, é necessário também analisar os fatores que influenciam o regime dos ventos na localidade do empreendimento. Entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos distribuídos ao longo da região (ANEEL – 2003).

O Brasil é um país com grande potencial eólico a ser explorado. No Nordeste encontra-se regimes de vento que fazem dessa região o principal centro de desenvolvimento da tecnologia eólica no país., como destacado a seguir:

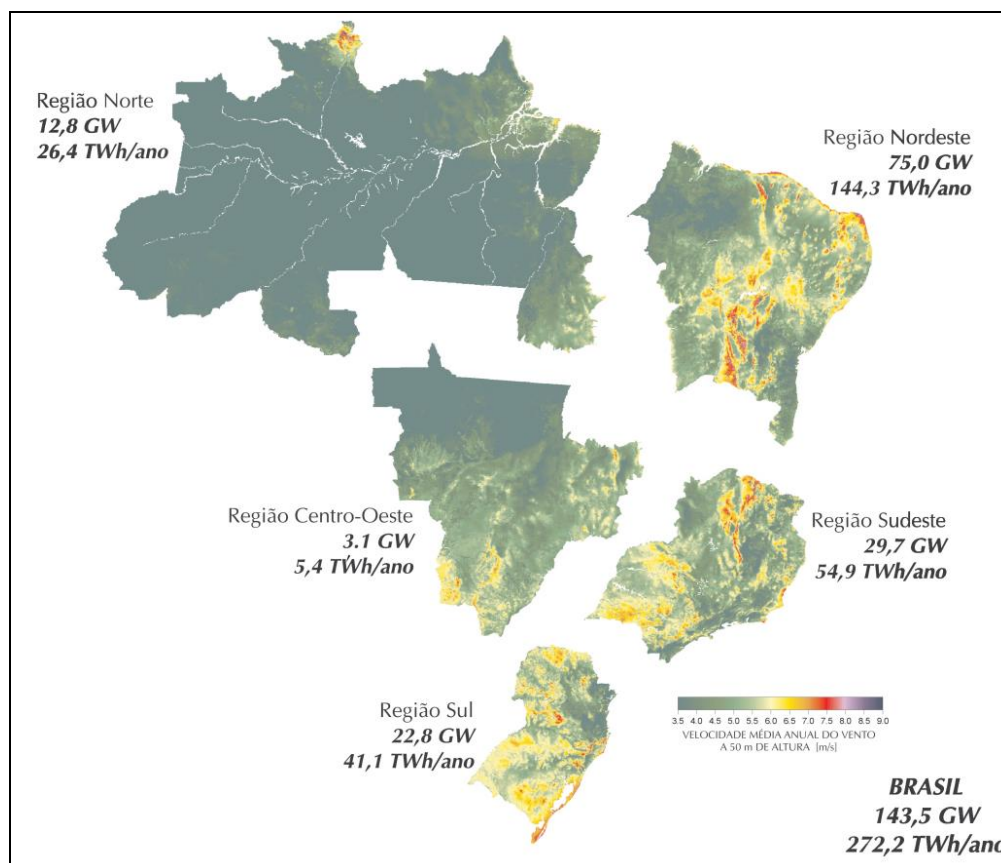
O potencial eólico é passível de aproveitamento em diferentes áreas do país, especialmente ao longo do litoral, com destaque para a região Nordeste. Trata-se de uma fonte de energia estratégica para essa região, que tem grande intensidade de ventos [...]. ( SOUZA, 2010, p.124)

Na Figura 6 é mostrado o mapa eólico da região nordeste do Brasil, no qual, as áreas com maiores velocidades de ventos estão marcadas em vermelho (cerca de 7,5 m/s). Observa-se que estas regiões são em grande maioria contempladas pelo litoral nordestino e algumas regiões interiores dos estados, com destaque, também, para as regiões centrais da Bahia. A partir do perfil climático de cada região, pode-se então estimar a sua capacidade de geração de energia com a utilização do vento.



**Figura 6 - Potencial Eólico Nordeste**  
**Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001.**

Na Figura 7 é possível ver o mapa eólico do Brasil, dividido pelas regiões do país, com suas respectivas capacidades de geração eólica. A capacidade total de produção do Brasil é de 143,5 GW, sendo que a maior produção está na região do nordeste (75 GW), seguido pelos estados da região Sudeste (29,7 GW) e Sul (22,8 GW).



**Figura 7 - Potencial Eólico Para Vento Médio Anual Não Inferior à 7,0 m/s**  
**Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001.**

Dentre os estados brasileiros, o Ceará desponta como um dos mais promissores do país para a produção de energia eólica, juntamente com Rio Grande do Norte, Bahia e Rio Grande do Sul.

A Tabela 8 retrata os principais produtores de energia eólica no país, ilustrando a capacidade de produção brasileira através, principalmente, das usinas eólicas.

Nota-se um grande potencial para o desenvolvimento da geração distribuída no Brasil, tanto pelas condições bioclimáticas na qual se encontra quanto pelos incentivos legislativos, através principalmente da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, que foram implementados.

**Tabela 8 - Produção de Energia Eólica no Brasil Distribuída por Estado**

Usinas Eólicas do Brasil – Valores acumulados em MW em 15/maio/2015				
Estado	Operando	Construção	A Iniciar	Até 2018
RN	2.030	734,80	1.990,70	4.756,04
CE	1.231,17	290,70	1.150,90	2.672,77
RS	1.174,38	405,00	523,70	2.103,08

<b>BA</b>	959,29	830,01	2.677,70	4.467,00
<b>SC</b>	242,50	0,00	3,00	245,50
<b>PE</b>	106,65	228,30	637,60	972,55
<b>PI</b>	88,00	510,00	811,80	1.409,80
<b>PB</b>	69,00	0,00	0,00	69,00
<b>SE</b>	34,50	0,00	0,00	34,50
<b>RJ</b>	28,05	0,00	0,00	28,05
<b>PR</b>	2,50	0,00	0,00	2,50
<b>MA</b>	0,03	0,00	432,50	432,53
<b>Brasil</b>	<b>5.966,60</b>	<b>2.998,81</b>	<b>8.227,90</b>	<b>17.193,31</b>
<b>Usinas</b>	<b>266</b>	<b>114</b>	<b>330</b>	<b>710</b>

Fonte: [www.energiamapeada.com.br](http://www.energiamapeada.com.br)

### 2.3 ANÁLISE FINANCEIRA

A análise de investimento surge com a ideia de verificar se um determinado projeto é viável economicamente, ou seja, se terá o retorno esperado.

Quintana e Barbosa (2011) alertam que:

as decisões de investimentos devem ser muito bem definidas pelo gestor, tendo em vista que uma decisão adequada proporcionará benefícios para a empresa por um longo período. Por outro lado, uma escolha equivocada poderá ocasionar sérios problemas financeiros.

Souza e Clemente (2008, p.66) destacam que “um investimento, para a empresa, é um desembolso feito visando gerar um fluxo de benefícios futuros, usualmente superior a um ano”.

As etapas para a escolha da implementação ou não, de um projeto de investimento de capital envolve um estudo de diversos fatores que, se analisados em conjunto ajudarão no processo de tomada de decisão, ponderando as vantagens e desvantagens presentes.

Segundo Brom e Balian (2007) parte do princípio que uma decisão adequada será aquela viável, realista e que conseqüentemente trará vantagens.

Marquezan e Brondani (2006) ressaltam que “para que haja a criação de valor ou riqueza os retornos destes investimentos deverão ser superiores ao custo dos

capitais neles empregados, fazendo com que os valores líquidos dos resultados sejam positivos, agregando riqueza para o investidor e para o próprio investimento. ”

Samanez (2002, p. 254) destaca que “o valor do projeto é baseado em sua capacidade de gerar fluxos de caixas futuros, ou seja, na capacidade de gerar renda econômica”.

Fassima *et al* (2006) consideram que os métodos mais utilizados para análise de investimentos são *Payback* (Tempo de Retorno do Capital), TIR (Taxa Interna de Retorno), VPL (Valor Presente Líquido) e Análise do Custo Benefício (ACB).

### 2.3.1 Fluxo de Caixa

Com o fluxo de caixa pode-se realizar uma análise financeira, tendo como objetivo projetar para períodos futuros, as entradas e as saídas dos recursos financeiros.

O fluxo de caixa é um instrumento de gestão financeira que projeta em longo prazo todas as entradas e as saídas de recursos financeiros da empresa, apontando como será o saldo de caixa para o período projetado (SEBRAE, 2011).

Segundo Gitman (1997, p. 586):

O fluxo de caixa é a espinha dorsal da empresa. Sem ele não se saberá quando haverá recursos suficientes para sustentar as operações ou quando haverá necessidade de financiamentos bancários. Empresas que necessitem continuamente de empréstimos de última hora poderão se deparar com dificuldades de encontrar bancos que as financiem.

Silva e Neiva afirmam que:

O fluxo de caixa pode ser considerado como um retrato fiel da composição da situação financeira da empresa. É imediato e pode ser atualizado diariamente, proporcionando ao gestor uma radiografia permanente das entradas e saídas de recursos financeiros da empresa, pois o fluxo de caixa evidencia tanto o passado como o futuro, o que permite projetar, dia a dia, a evolução do disponível, de forma que se possam tomar com a devida antecedência, as medidas cabíveis para enfrentar a escassez ou o excesso de recursos.

Por meio da Figura 8 pode-se entender, de forma genérica, o fluxo de caixa proposto por Sá (1998).



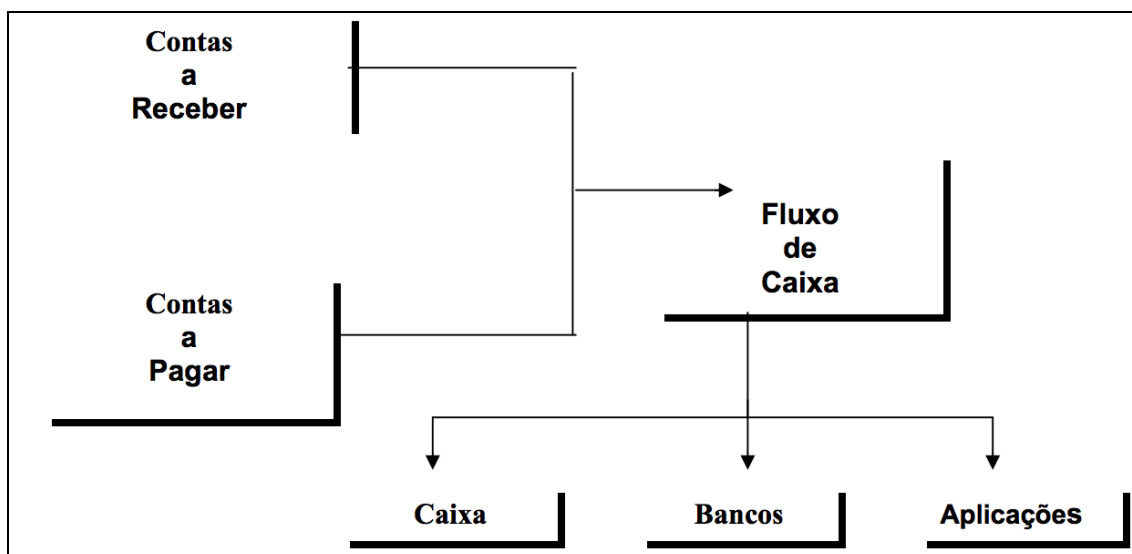


Figura 8 – Esquema Representativo de um Fluxo de Caixa.  
Fonte: SÁ (1998).

### 2.3.2 Payback

O *payback* representa o tempo de retorno do capital investido, ou seja, apontará o momento no qual o projeto gerou no caixa a mesma quantidade investida, sendo considerado, portanto, o tempo mínimo para recuperação do investimento. Nesse caso, o fluxo de caixa deixa de ser negativo e passar a ser positivo.

Hoji (2008, p.171) ressalta que o *payback* “consiste na apuração do tempo necessário para que a soma dos fluxos de caixa líquidos periódicos seja igual a do fluxo de caixa líquido do instante inicial”.

Marquezan e Brondani (2006, p.6) apontam que “o *payback* é um indicador que determina o prazo de recuperação de um investimento, também chamado de payout”. Os autores salientam que o *payback* pode ser calculado por meio da fórmula (1):

$$\text{Payback} = \$ \text{Retorno por Período} / \$ \text{Investimento} \quad (1)$$

É importante destacar que, no cálculo do *payback* é possível obter o valor simples e o descontado. A principal diferença é que para o cálculo do *payback*

descontado deve-se levar em conta o valor temporal do dinheiro, utilizando uma taxa de desconto para os fluxos de caixa de cada período.

Samanez (2002, p. 256) traz outra possível fórmula para se identificar o *payback* descontado, encontrando o valor de I na fórmula (2):

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (2)$$

Em que

$I$  = Investimento Inicial

$FC_t$  = Fluxo de caixa por período

$n$  = Tempo total do projeto (anos)

$K$  = Taxa Mínima de Atratividade (Custo do Capital)

Fonseca e Bruni (2003, p.11) alertam para a importância em se utilizar essa ferramenta de forma consciente, levando em consideração que se analisado unicamente o *payback* pode não indicar o projeto mais viável.

É imprudente considerar este método como decisão de investimento, pois não contempla os fluxos de caixa após o período de recuperação. Este método pode levar a escolha de um projeto que tenha um prazo de retorno muito baixo, desconsiderando outro com período mais longo, mas que possa gerar maior riqueza para o proprietário, ou seja, que apresente um VPL maior. Se um determinado investimento apresenta um fluxo anual maior no início implicará em um período mais curto de recuperação, mas pode ser apenas um *payback* ilusório se depois deste período apresentar fluxos negativos, por exemplo.

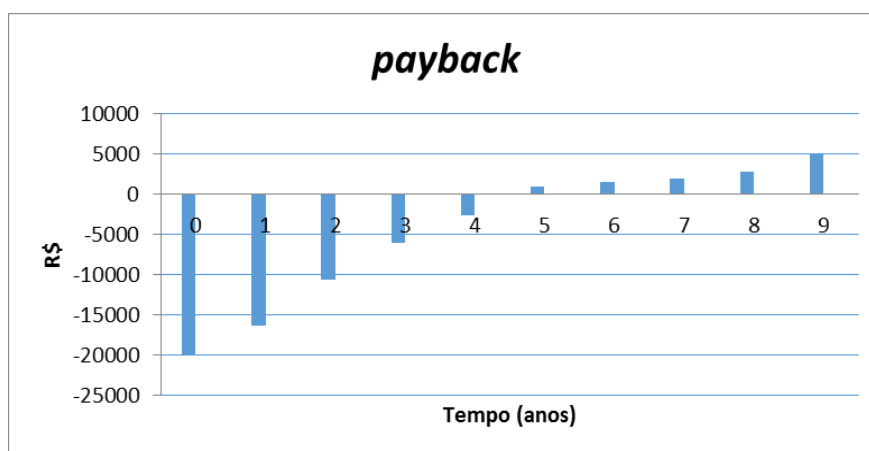


Figura 9 - Gráfico Genérico para *Payback*  
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 9 pode ser visto um gráfico comumente utilizado para representar o VPL de um projeto, apontando o período em que ele se torna positivo (no seu último ano negativo), alcançando assim o retorno do investimento realizado.

### 2.3.3 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL), ou Valor Atual Líquido (VAL), tem como objetivo trazer o investimento realizado e o rendimento para uma mesma data, levando em consideração o valor do dinheiro no tempo, podendo assim comparar os rendimentos com o investimento identificando se o projeto em questão gerou mais recurso financeiro do que foi investido. Essa característica de temporalizar o dinheiro faz com que o VPL seja o critério mais recomendado por especialistas para decisão de investimento.

Motta & Calôba (2002) definem o Valor Presente Líquido como a soma dos fluxos de caixa descontados para um momento presente, considerando uma taxa de juros  $i$ .

Segundo Gitman (2002), o VPL é originado pela diferença dos benefícios líquidos do caixa, estimados para o projeto, e o valor do investimento, sendo importante a definição da taxa de desconto.

Brealey e Myers (1992, p. 73) destacam alguns pontos que norteiam o gestor a decidir sobre um dado investimento, que funcionam como passos a serem seguidos. Primeiro é importante que o investidor consiga identificar qual será o seu fluxo de caixa futuro. Depois, deve-se definir qual o custo de oportunidade do capital investido para que se possa levar em consideração o valor do dinheiro no tempo e o risco envolvido no projeto. Com o custo de oportunidade pode-se atualizar o fluxo de caixa futuro. Após fazer a soma do referido fluxo de caixa, tem-se o valor presente do projeto. Por fim é calculado o Valor Presente Líquido, subtraindo do valor encontrado na soma do fluxo de caixa o investimento inicial realizado.

$$\text{VPL} = \text{Valor Presente do Investimento} - \text{Valor do Investimento Inicial.}$$

Se o resultado dessa equação for um valor positivo, significa dizer que o investimento vale mais do que custa, define-se como regra que um investimento vale

a pena se o VPL for positivo.

Samanez (2002) apresenta o método algébrico para o cálculo do VPL, conforme nos mostra a fórmula 3:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (3)$$

Em que:

$I$  = Investimento Inicial

$FC_t$  = Fluxo de caixa por período

$n$  = Tempo total do projeto (anos)

$K$  = Taxa Mínima de Atratividade (Custo do Capital)

A principal dificuldade da utilização deste método consiste na definição da taxa mínima de atratividade do mercado - custo de oportunidade do capital -, principalmente quando o fluxo é muito longo.

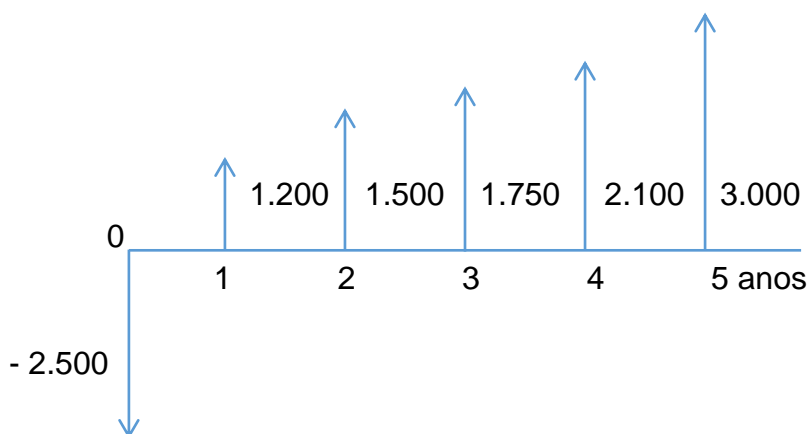
Sampaio Filho (2008) definiu a Taxa Mínima de Atratividade como a taxa de desconto que exige o retorno mínimo do projeto, em função do seu risco de mercado, de modo a assegurar a remuneração do capital próprio e do capital de terceiros.

BRUNI e FAMÁ (1998, p. 32) nos trazem as principais vantagens do VPL:

- a) Identifica se há aumento ou não do valor da empresa;
- b) Analisa todos os fluxos de caixa do projeto;
- c) Permite a adição de todos os fluxos de caixa na data zero;
- d) Considera o custo de capital;
- e) Embute o risco no custo de capital.

Fonseca e Bruni (2003) ainda destacam que “sob a ótica do acionista só é interessante investir em um novo projeto se o valor presente dos fluxos futuros for maior do que a disponibilidade atual, pois representará aumento do valor da empresa e, conseqüentemente, maximização da sua riqueza”. Na

Figura 10 é possível ver a evolução do VPL de um determinado projeto:



**Figura 10 – Valor Presente Líquido - VPL**  
**Fonte: Autoria própria.**

#### 2.3.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Ao realizar um investimento espera-se que o mesmo proporcione retornos em intervalos fixos de tempo, formando assim o chamado Fluxo de Caixa. Porém, para identificar o retorno gerado pelo projeto tornando o investimento viável é necessário saber a que percentual ele ocorre, o que pode ser feito ao calcular a TIR.

Barbieri (2007, p. 131) define que “a Taxa Interna de Retorno, como o próprio nome indica, tem sido, desde a sua concepção, interpretada como a taxa que remuneraria o investimento realizado no projeto”.

Para que seja aplicável, antes de se efetuar o cálculo da TIR deve-se definir a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) que irá nortear o investimento sendo a taxa mínima de retorno esperada, então utilizada como instrumento de comparação com a TIR encontrada visando identificar a viabilidade do investimento. Por exemplo, uma TIR de 0,3% ao mês e um rendimento na poupança de 0,6% ao mês, é sugerível não optar pelo investimento em questão.

Ressalta-se que esse método não tem como objetivo analisar a rentabilidade do custo de capital como feito no VPL, por exemplo.

Pereira e Almeida (2008) apontam que “a TIR é a taxa que torna nulo o Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa”, como demonstrado na Figura 11.

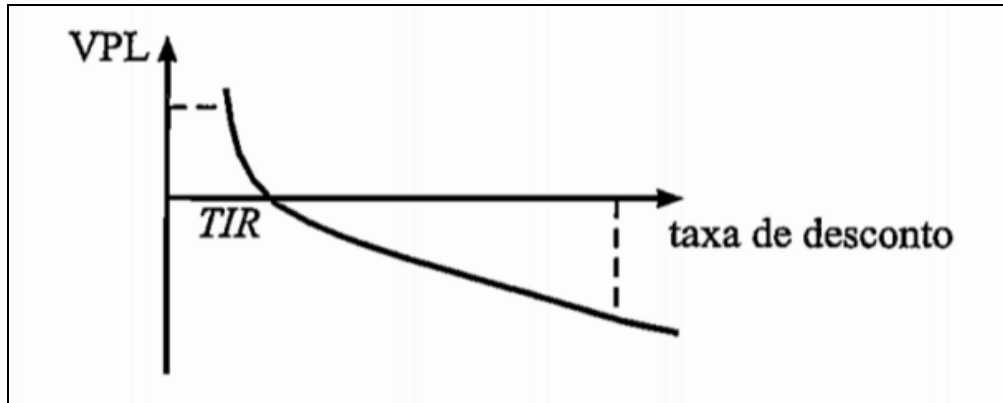


Figura 11 - Gráfico Taxa Interna de Retorno - TIR  
Fonte: Samanez ( 2002)

### 3 METODOLOGIA

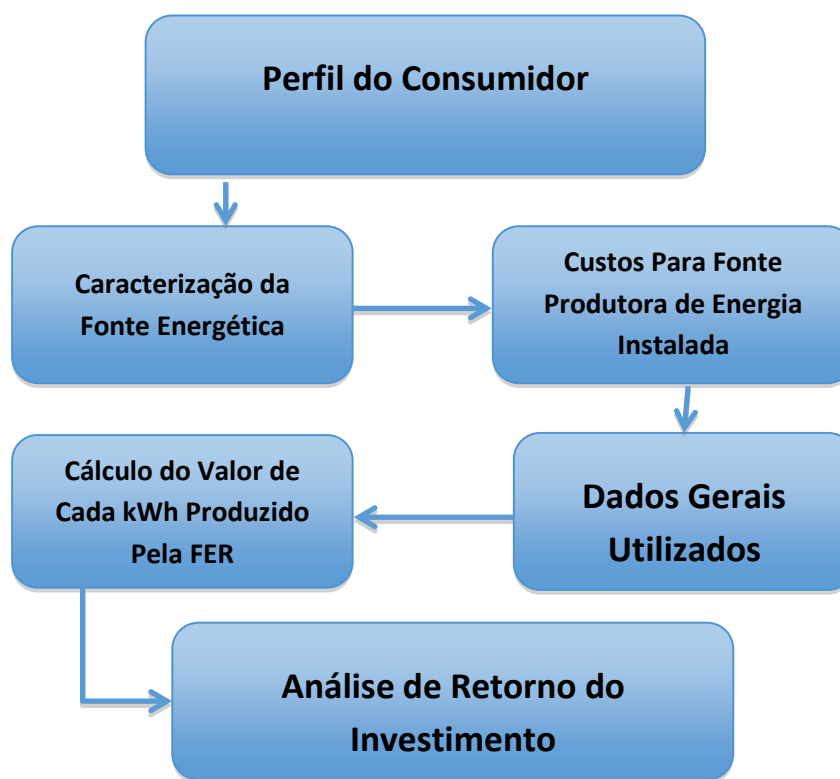
Nesta seção aborda-se a metodologia utilizada na análise da viabilidade financeira do estudo. A análise financeira é uma ferramenta de gestão, formulada para avaliar o potencial de retorno de um dado investimento.

Para que seja possível desenvolver a análise de investimento é necessário o levantamento dos itens que irão compor a capacidade de produção da fonte geradora, além do investimento com a compra, transporte, instalação e manutenção.

Posteriormente, com a capacidade de produção e os seus respectivos custos identificados, pode-se calcular o preço do kWh gerado por essa nova fonte geradora de energia.

Na

Figura 12 pode-se observar a sequência das etapas desenvolvidas para análise do investimento, no qual tem início pelo perfil do consumidor; caracterização da fonte produtora; custos para a fonte produtora de energia instalada; dados gerais utilizados; cálculo do valor de cada kWh produzido pela FER e; análise do retorno de investimento.



**Figura 12 - Fluxograma Para a Análise de Retorno do Investimento**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE ENERGÉTICA

A escolha da fonte energética leva em consideração alguns fatores, tais como, o local da instalação, a capacidade de produção e o custo de implantação. Para a situação prática se optou pela implantação de um aerogerador.

A caracterização do aerogerador ocorreu a partir dos estudos de dados técnicos obtidos, tais como, local de instalação da fonte, direção e velocidade média anual do vento, além do tempo estimado de funcionamento (em horas) e do seu potencial de produção de energia elétrica (kWh/ano).

Os parâmetros de tempo e rendimento são analisados em dois períodos sendo, o primeiro para 1 ano de funcionamento (tempo mínimo ideal para se ter o acompanhamento do funcionamento da fonte perante os efeitos de sazonalidade) e o segundo, após os 20 anos estimados da vida útil (estimativa de vida útil feita pelo fabricante, dentro das condições normais de operação e manutenção do aerogerador).

### 3.2 PERFIL DO CONSUMIDOR

A apresentação das características do consumidor é uma etapa importante para a contextualização de todo projeto de uma implantação de aerogerador. O consumo médio da unidade vem de encontro com a escolha do aerogerador apropriado a ser instalado.

Para que seja possível dimensionar e selecionar o aerogerador que será empregado é necessário que se conheça os dados da unidade consumidora, tais como: a tensão de conexão na rede, o grupo e a classe tarifária de energia elétrica, além de estudos sobre o consumo anual de energia elétrica da unidade. Tais



informações são fundamentais para se estimar o percentual de economia de energia previsto após a instalação da FER.

### 3.3 CUSTOS ENVOLVIDOS COM A INSTALAÇÃO DO AEROGERADOR

Nesta seção, além de ser avaliado o custo com a aquisição da fonte, são estudados e avaliados os demais custos envolvidos, tais como, o custo com o transporte até o local de instalação, o custo de montagem do aerogerador e os custos com a manutenção do equipamento para garantir o bom funcionamento do mesmo.

A fornecedora da FER é uma empresa estrangeira (italiana), todos os valores envolvidos com relação a frete e taxas de importação devem ser contabilizados em moeda estrangeira. Nesse caso, então os valores monetários são em moeda nacional Real e moeda da União Europeia Euro.

No Quadro 1 são listadas as variáveis para o custo de instalação da FER. O aerogerador produzido na Itália, então, deve-se incluir o frete marítimo, as taxas de importação, o frete terrestre que compreende o trajeto entre o porto marítimo e o local de instalação, o custo da montagem do produto juntamente com o custo para construção da estrutura de fundação na qual será ancorado o aerogerador.

<b>Variáveis de custo para instalação do Aerogerador</b>
Produção em outro país (Itália)
Custos com transporte Marítimo
Desembarços para Importação
Custos com transporte Terrestre
Custos relacionados com a Montagem na planta
Fundação para instalação do aerogerador

**Quadro 1 – Variáveis da FER Instalada**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 3.4 DADOS GERAIS UTILIZADOS

Para a realização dos cálculos de análise financeira (TIR, VPL e *Payback*) é necessário que se determinem alguns dados, tais como, taxa de câmbio, rendimento da poupança e preço do kWh fornecido pela concessionária.

As variáveis para análise financeira do investimento são: a taxa de câmbio, que serve para converter os custos em moeda local; rendimento anual da poupança, que serve como base para a taxa de custo de capital e o preço por kWh vendido pela concessionária, que define o valor de retorno do investimento, conforme pode ser visto no Quadro 2.

<b>Dados utilizados para o desenvolvimento dos cálculos</b>
Valor do Câmbio Euro/Real
Taxa de Rendimento Poupança no período estudado
Preço do kWh vendido pela concessionária de energia

**Quadro 2 - Dados Gerais do Projeto**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 3.5 CÁLCULO DO PREÇO DO kWh PRODUZIDO PELO AEROGERADOR

Para que seja possível calcular o preço do kWh produzido é necessário que seja feita anteriormente a identificação de todo custo para implantação do aerogerador, utilizando-se o potencial de produção como referencial. Desta forma, pode-se calcular o valor do kWh gerado, sendo que o mesmo será, posteriormente, utilizado para analisar o tempo de retorno do investimento.

Para se calcular a parcela inicial do investimento foram considerados os custos determinados para instalação do aerogerador, divididos pelos 20 anos de

expectativa de vida útil e funcionamento. Assim, obteve-se o valor da parcela referente a cada ano de produção.

No Quadro 3 são apresentados os parâmetros relativos ao custo anual de produção da FER. Dentre os parâmetros, estão contabilizados a parcela do investimento inicial (somatório dos valores de aquisição, transporte e instalação), os gastos com manutenção e gestão da FER e os valores pagos em impostos, como o ICMS, PIS, CONFINS e o IPI.

<b>Itens que compõem o custo de produção anual</b>
Parcela do investimento inicial
Manutenção e gestão da FER
Imposto

**Quadro 3 - Variáveis Para o o Cálculo Dos Custos de Produção Anual**  
Fonte: Autoria própria.

Para que seja possível determinar o preço de cada kWh gerado pela FER, deve-se dividir o custo anual de produção pela quantidade de kWh gerada ao ano, obtendo-se o custo de cada kWh produzido, como dada por:

$$\text{Valor do kWh gerado} = \frac{\text{Custo anual de produção [R\$]}}{\text{Energia gerada por ano [kWh/ ano]}} \quad (4)$$

### 3.6 ECONOMIA ANUAL COM O AEROGERADOR

Para determinar a economia anual que o aerogerador proporcionará é preciso comparar o custo da energia comprada da concessionária pelo custo da energia produzida que foi estimada no aerogerador. Desta forma, a diferença entre o valor da energia gerada e o valor da energia comprada da concessionaria será a economia anual proporcionada pela implantação da FER. Ainda, vale ressaltar que o valor de economia encontrado será de suma importância para estruturação do fluxo de caixa do investimento.

$$\text{ECONOMIA GERADA [R\$]} = \text{Custo do kWh comprado} - \text{Custo do kWh produzido} \quad (5)$$

### 3.7 ANÁLISE DE RETORNO DO INVESTIMENTO

A última etapa de elaboração de viabilidade de implementação do aerogerador é a análise de retorno do investimento. Após serem avaliados todos itens do aerogerador, foi possível estimar a economia anual do empreendimento. Para isso, utilizou-se o custo da energia fornecida pela concessionária e o custo estimado da energia produzida pela FER.

Na sequência, de posse dessas informações, são aplicadas as ferramentas de análise financeira (*payback*, VPL, TIR, etc) para verificar a viabilidade, o tempo de retorno, além da taxa mínima de retorno.

#### 3.7.1 *Payback* simples

Consiste, basicamente, em ser encontrado o tempo estimado para a empresa recuperar o valor investido. Para isso, deve-se subtrair do valor do investimento inicial toda economia obtida no decorrer de cada ano com a autoprodução de energia. Dessa forma, obtém-se o fluxo de caixa simples, que inicia com valor negativo para os primeiros anos e se tornará positivo no momento em que a economia gerada superar o investimento feito, sendo esse o *payback* simples do projeto.

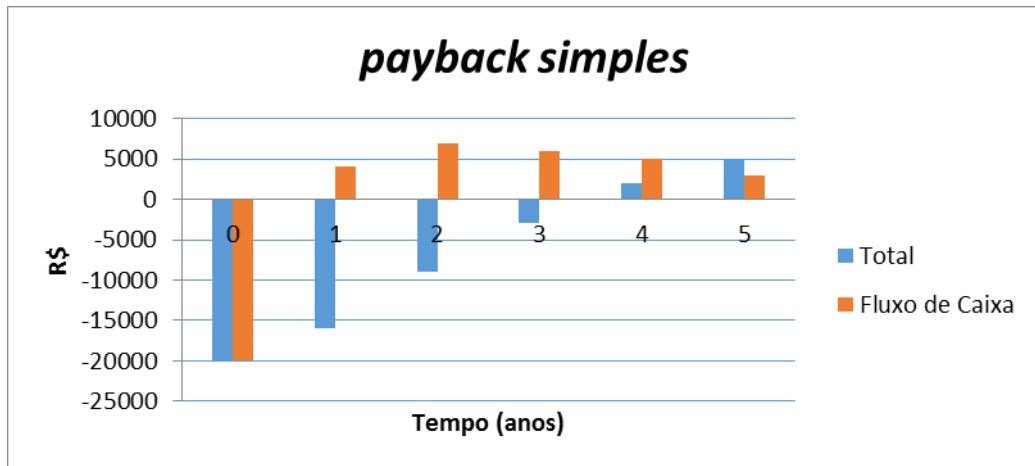
O exemplo a seguir ajuda a compreender o cálculo do *payback*.

A Tabela 9 representa os valores de referência contidos no Quadro 2 do *payback* simples:

**Tabela 9 - Dados Exemplo 1**

<b>Ano</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Fluxo de Caixa</b>	-20.000	4.000	7.000	6.000	5.000	3.000
<b>Total (R\$)</b>	-20.000	-16.000	-9.000	-3.000	2.000	5.000

Fonte: Autoria própria.



**Figura 13 – Gráfico *Payback* Simples**  
**Fonte: Autoria própria.**

Para encontrar o tempo estimado de retorno por meio do gráfico deve-se identificar o ano como o último em que está negativo, nesse exemplo foi os três anos e depois fazer uma simples operação para encontrar os meses e dias.

Deve-se dividir o último valor negativo encontrado no total pelo fluxo de caixa do ano seguinte, como se observa no exemplo a seguir:

$$\text{R\$ } 3.000 / \text{R\$ } 5.000 = 0,6.$$

Pela regra de três simples pode-se descobrir o número de meses:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Ano} \text{-----} 12 \text{ Meses} \\ 0,6 \text{ Ano} \text{-----} x \\ x = 7,2 \text{ Meses} \end{array}$$

E também o número de dias:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Mês} \text{-----} 30 \text{ Dias} \\ 0,2 \text{ Meses} \text{-----} x \\ x = 6 \text{ Dias} \end{array}$$

Logo obtêm-se um *payback* de 3 anos, 7 meses e 6 dias.

### 3.7.2 *Payback* descontado

Segue os mesmos princípios do *payback* simples, porém deve-se levar em consideração o valor do dinheiro no tempo, aplicando uma taxa de depreciação do mesmo, devido às taxas de juros por período. Dessa forma, antes de calcular o *payback* descontado deve-se ajustar o fluxo de caixa conforme os dados do aerogerador.

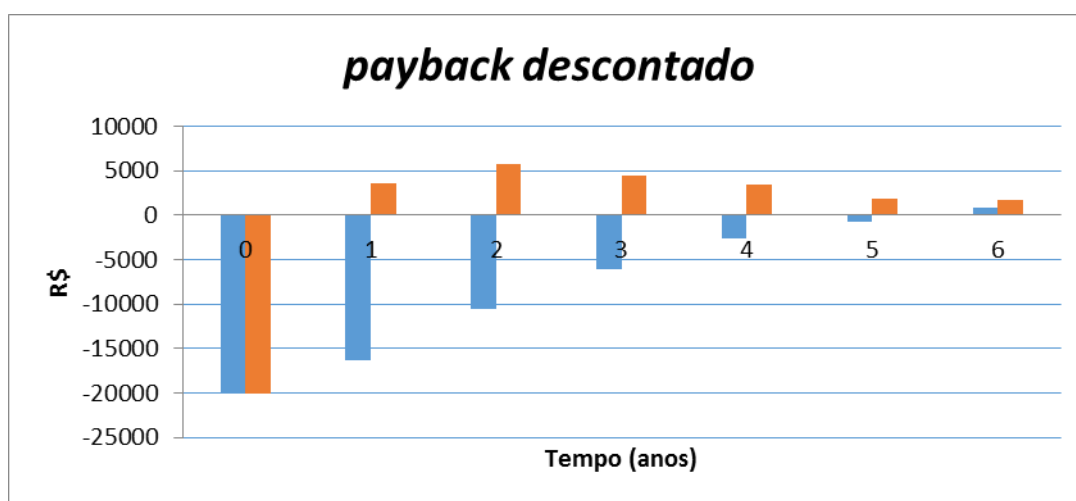
Para exemplificar o cálculo do *payback* descontado utilizam-se os dados do exemplo anterior. Porém, deve-se atualizar o fluxo de caixa, levando em consideração o valor do dinheiro no tempo, tendo como referencia uma taxa pré definida, e adotada uma taxa de 10% a.a., tem-se que:

**Tabela 10 - Dados Fluxo de Caixa Simples e Descontado**

Ano	0	1	2	3	4	5	6
<b>Fluxo de Caixa</b>	-20.000	4.000	7.000	6.000	5.000	3.000	3.000
<b>Fluxo de Caixa Descontado</b>		3.636	5.785	4.508	3.415	1.863	1.693
<b>Total</b>	<b>-20.000</b>	<b>-16.364</b>	<b>-10.579</b>	<b>-6.071</b>	<b>-2.656</b>	<b>-793</b>	<b>900,62</b>

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 14 – Gráfico *Payback* Descontado, proposto com os valores expostos na Tabela 10:



**Figura 14 – Gráfico *Payback* Descontado**

Fonte: Autoria própria.

Conforme explicado no *payback* simples, foi identificado que o retorno do investimento ocorreria no 5º ano.

Para o cálculo do número de meses tem-se:

$$793/1.693 = 0,46$$

Logo:

1 Ano ----- 12 meses

0,46 Anos ---- x

x = 5 Meses

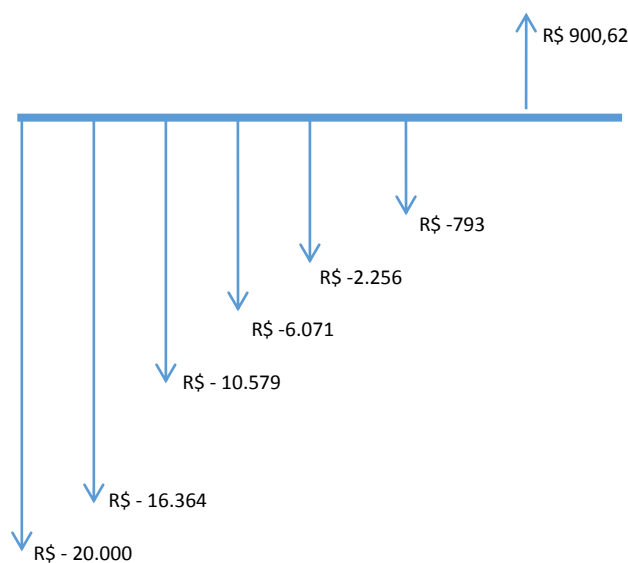
Então, com base neste raciocínio, levantou-se que o *payback* descontado do investimento será de 4 anos e 5 meses.

### 3.7.3 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

É uma taxa de juros que representa o mínimo que o investidor pretende ganhar ao fazer um investimento. Deve ser definida para o desenvolvimento dos cálculos posteriores e para analisar a viabilidade do investimento.

### 3.7.4 Valor Presente Líquido (VPL)

Após a montagem do fluxo de caixa descontado, pode-se relacionar o valor investido com os resgates que ocorreram no período de desenvolvimento do projeto, identificando assim, através da diferença, o valor presente do investimento.



**Figura 15 – Esquema Representativo de uma Análise de VPL.**

**Fonte: Autoria própria.**

Na Figura 15 o VPL pode ser identificado após abater do investimento inicial os fluxos de caixa do projeto. Sendo encontrado  $VPL = R\$ 900,62$ .

O VPL também pode ser calculado por meio da Equação (6):

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (6)$$

Samanez (2002) nós traz um exemplo para aplicação da equação (6):

Exemplo 1: Uma empresa estuda a possibilidade de reformar uma máquina. A reforma está orçada em \$ 200.000 (onde \$ representa uma unidade monetária qualquer) e dará uma sobrevida de cinco anos ao equipamento, proporcionando uma diminuição nos custos operacionais da ordem de \$75.000 ao ano. Considerando um custo de capital de 15% a.a. e usando o método do VPL e da TIR, analisar a viabilidade econômica da reforma do equipamento.

- Avaliação pelo método VPL

$$VPL = -\$ 20.000 + \frac{\$75.000}{(1,15)^1} + \frac{\$75.000}{(1,15)^2} + \dots + \frac{\$75.000}{(1,15)^5} = \$ 51.411,63 > 0$$

Como o VPL encontrado foi maior que zero considera-se que, por esse método, o projeto é viável.

### 3.7.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Para o cálculo da TIR procura-se a taxa que faz o VPL ser igual a zero.

Como podemos observar na fórmula (7):

$$VPL = 0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (7)$$

Porém não é possível isolar a taxa ( $k$ ) da Equação 7 e colocá-la em evidência. Deve-se então aplicar algum método matemático, como o método de aproximações sucessivas ou método numérico de tentativas e erros. Assim é atribuído um valor



para  $i$  e calculado o VPL. Se o VPL for um valor alto, atribui-se um valor maior para  $i$ . Repete-se o procedimento até que o VPL seja zero.

Outra forma indicada para o cálculo das variáveis financeiras TIR e VPL é fazendo uso de aplicativos, como as planilhas eletrônicas, ou através do uso de calculadoras financeiras.

O cálculo da TIR é importante para identificar se o projeto está tendo o retorno de acordo com a taxa mínima já definida. Portanto, para que o projeto seja viável é necessário que a TIR seja maior que a TMA. Utilizando os dados do exemplo 1, tem-se:

- Avaliação pelo método da TIR

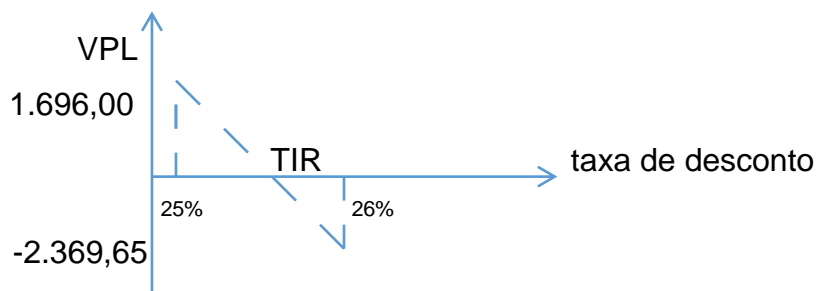
$$\text{VPL} = -\$ 20.000 + \frac{\$75.000}{(1,15)^1} + \dots + \frac{\$75.000}{(1,15)^5} = 0$$

Manualmente, o procedimento para determinar a TIR seria aproximá-la por meio de uma interpolação linear. O processo consiste em tentar duas taxas que resultem em VPLs de sinal contrário, de modo que permita a interpolação:

$$\text{VPL}(25\%) = -\$ 20.000 + \$ 75.000 \times a_{5/25\%} = -\$200.000 + \$ 75.000 \times 2,68928 = \$ 1.696,00$$

$$\text{VPL}(26\%) = -\$ 20.000 + \$ 75.000 \times a_{5/26\%} = -\$200.000 + \$ 75.000 \times 2,63507 = \$ 2.369,65$$

$$\frac{1.696}{\text{TIR} - 25} = \frac{2.369,65}{26 - \text{TIR}} \longrightarrow \text{TIR} = 25,42\%$$



**Figura 16 - Cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR) Do Projeto**  
**Fonte: Autoria própria.**

A TIR é maior que o custo do capital ( $25,42\% > 15\%$ ), indicando a viabilidade da reforma do equipamento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os valores numéricos utilizados para cada etapa da construção da análise financeira do projeto. A proposta principal do trabalho é mostrar a elaboração dos cálculos para a análise financeira, sendo que algumas informações são omitidas (por questões contratuais das empresas envolvidas), assim como alguns valores cedidos para os cálculos da análise financeira tais como, por exemplo, as tabelas de cálculo de levantamento de carga e consumo do cliente.

Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido para que possa servir como alternativa de referência para empreendimentos que se caracterizem como unidades consumidoras de energia elétrica de grande porte (atendida em rede de distribuição elétrica de média tensão) com interesse em investir na instalação de fontes alternativas de energia, mais especificamente em aerogeradores.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMIDOR

O consumidor utilizado como referência possui um consumo médio mensal de aproximadamente 1.500 MWh, caso somadas todas as suas unidades em funcionamento.

O empreendimento analisado localiza-se na região do entorno da cidade de Fortaleza, Estado do Ceará. Trata-se de um local cujas características de velocidade média anual constante para os ventos locais são consideradas bastante favoráveis para a geração de energia eólica. A velocidade anual dos ventos apresenta valores médios em torno de 7,5 à 9 m/s, medidos a altura de 50 m (CRESESB, 2008).

### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE ENERGÉTICA

Com base nos dados extraídos do local de aplicação da FER, foi possível estimar-se o rendimento (produção) de diferentes fabricantes de aerogeradores. Por

meio da Figura 17 pode-se visualizar a curva de geração de potência elétrica anual de uma turbina comercial em relação à velocidade do vento. Através do comparativo destes dados com outras turbinas e relacionando-se, também, os custos de cada aerogerador, a empresa optou por realizar os estudos e a proposta de aquisição de um aerogerador modelo WTG ATB 750.54, que é produzido pela empresa italiana ATB Riva Calzoni, parceira comercial da empresa Friendly Power.



Figura 17– Aerogerador Modelo WTG ATB 750.54

Fonte: [www.atbrivacalzoni.it](http://www.atbrivacalzoni.it)

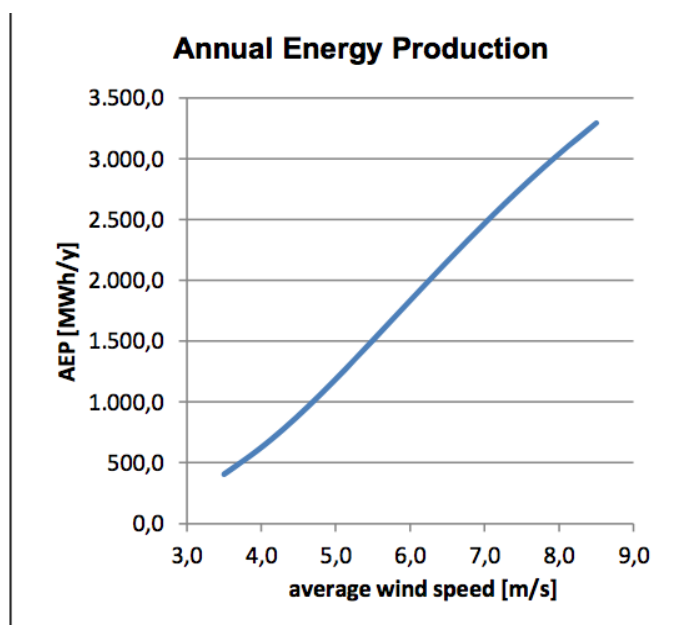


Figura 18 –Produção de Energia x Velocidade do Vento

FONTE: ANEXO

O cálculo da estimativa do rendimento da turbina eólica foi desenvolvido pela empresa Friendly Power e cedido para o desenvolvimento do presente trabalho. Nesse caso, cita-se que o *software* utilizado para o desenvolvimento dos cálculos foi o WindPRO. Tal software é um produto de uma empresa de consultoria computacional que auxilia na elaboração de projetos de energias renováveis, desde a concepção do projeto, planejamento e elaboração de documentações.

A Tabela 11 apresenta alguns dados do aerogerador WTG ATB 750.54 em funcionamento. As características técnicas do aerogerador WTG ATB 750.54 e seu perfil de desempenho podem ser encontrados no ANEXO do presente trabalho.

**Tabela 11 - Características de Funcionamento da FER**

<b>CARACTERÍSTICAS DA FONTE PRODUTORA</b>		
<b>Horas de funcionamento</b>	<b>1 Ano:</b> 3.911,34	<b>20 anos:</b> 78.226,8
<b>kWh gerado</b>	<b>1 Ano:</b> 2.933.505,00	<b>20 anos:</b> 58.670.100,00

Fonte: Autoria própria.

#### 4.3 ANÁLISE DO INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA INSTALAÇÃO DO AEROGERADOR

O investimento para o desenvolvimento do projeto envolve a compra do equipamento para geração de energia juntamente com o custo de sua importação, frete terrestre e marítimo, além da instalação e manutenção do mesmo.

O estudo foi desenvolvido tendo como referência os dados comerciais fornecidos pela empresa Friendly Power e os valores fornecidos estão apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12 - Investimento Necessário Para Instalação da FER**

<b>ITEM</b>	<b>EURO</b>	<b>R\$</b>
<b>PRODUÇÃO ITALIA</b>	930.000	3.801.840
<b>FRETE MARITIMO*</b>	225.000	919.800
<b>IMPORTAÇÃO</b>	137.175	560.771,4
<b>FRETE TERRESTRE</b>	5.000	20.440
<b>MONTAGEM</b>	195.000	797.160
<b>FUNDAÇÃO</b>	100.000	408.800
<b>SOMA</b>	<b>1.592.175</b>	<b>6.508.811,4</b>

Fonte: Autoria própria.

#### 4.4 DADOS GERAIS

O cálculo para a conversão de Euro para Real foi feito utilizando-se a cotação de €\$1,00 equivalente a R\$ 4,088 , no dia 05/12/2015. A Tabela 13 mostra o valor de rendimento da poupança também foi utilizado na presente data e o valor do kWh pago por uma unidade consumidora de alta tensão foi obtido de acordo com os valores da classe tarifária da unidade consumidora pertencente à concessionária de energia elétrica local.

**Tabela 13 - Dados Gerais Utilizados Para a Realização da Pesquisa.**

Item	Valor	Data
<b>Câmbio Euro/Real</b>	1 €\$ = R\$4,088 reais	05/12/2015
<b>Rendimento Poupança</b>	0,7057% a.m = 8,8048 % a.a	05/12/2015
<b>Preço kWh vendido pela concessionária de energia</b>	R\$ 0,5 / kWh	05/12/2015

Fonte: Aatoria própria.

#### 4.5 CUSTO DO KWH PRODUZIDO COM AEROGERADOR

A partir das características de funcionamento do aerogerador (horas de funcionamento em função da velocidade média anual dos ventos locais e capacidade de potência produzida) e dos custos necessários para seu funcionamento, foi possível calcular o preço de cada kWh gerado. A Tabela 14 mostra os valores da parcela relativa ao investimento anual que foi obtida ao se dividir todo investimento inicial, R\$ 6.508.811,40 pelos 20 anos de vida útil do projeto, além dos valores estimados para o custo da manutenção e gestão da fonte e taxa de imposto. Portanto, o preço encontrado para o kWh gerado pela FER é dado como:

$$\text{R\$ } 585.455,11 / \text{kWh } 2.933.505,00 = 0,1999 \text{ R\$/kWh}$$

**Tabela 14 – Cálculo do Custo Anual de Produção Para o Modelo Estudado.**

CUSTO ANUAL DE PRODUÇÃO		
<b>Parcela do investimento inicial</b>		R\$ 325.440,57
<b>Manutenção e gestão da fonte</b>		R\$ 140.000,00
<b>Imposto</b>	26%	R\$ 121.014,54
<b>Soma</b>		<b>R\$ 585.455,11</b>

Fonte: Aatoria própria.

#### 4.6 ECONOMIA ANUAL GERADA COM O PROJETO

Para se determinar a economia anual estimada com a implantação do projeto, inicialmente multiplicou-se a quantidade de kWh produzido em 1 ano pelo valor do kWh vendido pela concessionária, dados da seguinte forma:

$$2.933.505 \text{ [kWh]} \times 0,50 \text{ [R\$/kWh]} \text{ (valor do kWh atual da concessionária)} = \text{R\$ } 1.466.752,50$$

(VALOR PAGO PELA EMPRESA ATUALMENTE POR ANO)

De posse desse valor, multiplica-se a mesma quantidade de kWh gerado no ano pelo preço do kWh estabelecido para nova fonte produtora. Portanto, tem-se que o valor a ser pago pela energia gerada no projeto é:

$$2.933.505 \text{ [kWh]} \times 0,1999 \text{ [R\$/kWh]} \text{ (valor do kWh gerado pelo projeto)} = \text{R\$ } 586.455,11$$

Enfim, a diferença entre o valor gasto com a energia comprada e o valor gasto com a estimativa do projeto é a economia anual encontrada. Dessa forma, a economia anual gerada pelo projeto será:

$$\text{ECONOMIA} = \text{R\$ } 1.466.752,5 - \text{R\$ } 586.455,11 = \text{R\$ } 880.297,39$$

#### 4.7 ANÁLISE DE INVESTIMENTO

A análise de investimento é o processo no qual se investiga a viabilidade econômica de um determinado projeto, visando estimar quais resultados serão alcançados, podendo-se assim evitar possíveis prejuízos.

Para se estudar a viabilidade do investimento estimou-se a quantidade de energia economizada com a geração de energia através da fonte renovável e dessa

forma foi calculado o tempo de retorno do investimento.

As principais ferramentas utilizadas foram: o *payback* (Tempo de Retorno), a TIR (Taxa Interna de Retorno), a TMA (Taxa mínima de atratividade), o VPL (Valor Presente Líquido) e o Índice de Lucratividade.

Na Tabela 15 é possível visualizar os fluxos de caixa simples e descontado do projeto estudado.



Tabela 15 - Análise Financeira do Projeto

Ano	Fluxo de Caixa Simples	Fluxo de Caixa Simples Acumulado	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
0	-6.508.811,40	-6.508.811,40	-6.508.811,40	-6.508.811,40
1	880.297,39	-5.628.514,01	R\$ 809.060,43	-R\$ 5.699.750,97
2	880.297,39	-4.748.216,62	R\$ 743.588,23	-R\$ 4.956.162,74
3	880.297,39	-3.867.919,23	R\$ 683.414,28	-R\$ 4.272.748,46
4	880.297,39	-2.987.621,84	R\$ 628.109,84	-R\$ 3.644.638,62
5	880.297,39	-2.107.324,45	R\$ 577.280,84	-R\$ 3.067.357,78
6	880.297,39	-1.227.027,06	R\$ 530.565,11	-R\$ 2.536.792,67
7	880.297,39	-346.729,67	R\$ 487.629,80	-R\$ 2.049.162,87
8	880.297,39	533.567,72	R\$ 448.168,97	-R\$ 1.600.993,90
9	880.297,39	1.413.865,11	R\$ 411.901,46	-R\$ 1.189.092,45
10	880.297,39	2.294.162,50	R\$ 378.568,85	-R\$ 810.523,60
11	880.297,39	3.174.459,89	R\$ 347.933,64	-R\$ 462.589,96
12	880.297,39	4.054.757,28	R\$ 319.777,55	-R\$ 142.812,42
13	880.297,39	4.935.054,67	R\$ 293.899,95	R\$ 151.087,53
14	880.297,39	5.815.352,06	R\$ 270.116,46	R\$ 421.204,00
15	880.297,39	6.695.649,45	R\$ 248.257,63	R\$ 669.461,63
16	880.297,39	7.575.946,84	R\$ 228.167,69	R\$ 897.629,32
17	880.297,39	8.456.244,23	R\$ 209.703,51	R\$ 1.107.332,82
18	880.297,39	9.336.541,62	R\$ 192.733,51	R\$ 1.300.066,34
19	880.297,39	10.216.839,01	R\$ 177.136,80	R\$ 1.477.203,13
20	880.297,39	11.097.136,40	R\$ 162.802,22	R\$ 1.640.005,36

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 19 pode ser visto o fluxo de caixa descontado do projeto (FCD), dado pelo valor do investimento em função dos anos. Observa-se que foi encontrado o tempo de retorno do investimento entre 12 e 13 anos.

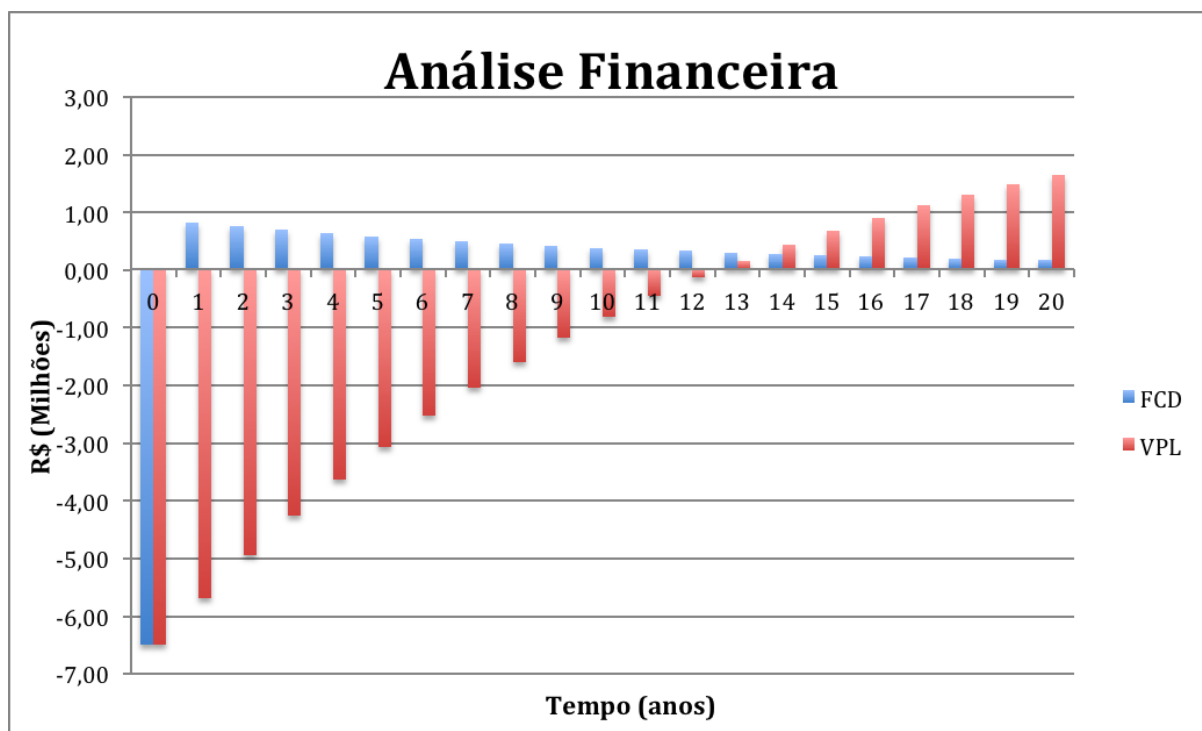


Figura 19 - Fluxo de Caixa Descontado do Projeto  
Fonte: Autoria própria.

A TMA foi definida utilizando-se como base o rendimento da poupança (8,8% ao ano). A escolha desse perfil de rendimento foi direcionada por se tratar de um investimento seguro e pouco sazonal. Dessa forma, o VPL pode ser encontrado, tanto através de uma análise dos dados contidos na Tabela 1, quanto pelo desenvolvimento da equação a seguir:

$$\begin{aligned} \text{VPL} = & -6.508.811,40 + \frac{809.060,43}{(1+8,8)^1} + \frac{743.588,23}{(1+8,8)^2} + \frac{682.414,28}{(1+8,8)^3} + \frac{628.109,84}{(1+8,8)^4} + \frac{577.280,84}{(1+8,8)^5} + \frac{530.565,11}{(1+8,8)^6} + \frac{487.629,80}{(1+8,8)^7} \\ & + \frac{448.168,97}{(1+8,8)^8} + \frac{411.901,46}{(1+8,8)^9} + \frac{378.568,85}{(1+8,8)^{10}} + \frac{347.933,64}{(1+8,8)^{11}} + \frac{319.777,55}{(1+8,8)^{12}} + \frac{293.899,95}{(1+8,8)^{13}} + \frac{270.116,46}{(1+8,8)^{14}} + \frac{248.257,63}{(1+8,8)^{15}} + \frac{228.167,69}{(1+8,8)^{16}} + \\ & \frac{209.703,51}{(1+8,8)^{17}} + \frac{192.733,51}{(1+8,8)^{18}} + \frac{177.136,80}{(1+8,8)^{19}} + \frac{162.802,22}{(1+8,8)^{20}} = \text{R\$ } 1.640.005,36 \end{aligned}$$

Analisando-se o gráfico da Figura 19 é possível perceber que o projeto apresentará um retorno do investimento em 12 anos. Para o cálculo do número de meses tem-se a seguinte expressão:

$$R\$142.812,42/R\$ 293.899,95 = 0,48$$

Logo, através de uma regra de três, encontra-se o valor em meses:

1 Ano ----- 12 meses

0,48 Anos ---- x

x = 5 Meses

Assim, o *payback* descontado do investimento será de 12 anos e 5 meses.

A TIR é a taxa mínima de atratividade para o investimento. Para ser determinada, faz-se necessário o uso de uma solução computacional no sentido de se atingir a convergência dos valores, variando-se diferentes taxas de juros até se encontrar um valor negativo para o VPL. Sendo assim, o desenvolvimento destes cálculos foi realizado por meio de equações aplicadas em uma planilha eletrônica, encontrando-se uma taxa de 12% a.a.

Na Tabela 16 apresentam-se os valores finais encontrados no projeto, referentes a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR), além do tempo de retorno do projeto, apresentados como *payback* simples e *payback* descontado.

**Tabela 16 – Valores Calculados no Projeto da Análise Financeira**

<b>Item calculado</b>	<b>Valor obtido com o cálculo</b>	
<b>TMA</b>	0,7057% a.m	8,8048% a.a
<b>VPL</b>	R\$ 1.640.005,36	
<b>TIR</b>	12% a.a	
<b>PAYBACK SIMPLES</b>	7 Anos e 4 meses	
<b>PAYBACK DESCONTADO</b>	12 Anos e 5 meses	

Fonte: Autoria própria.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento do presente trabalho pode-se notar que o Brasil vem passando por um processo gradual de diversificação da sua matriz energética. Esse cenário de mostra favorável devido às excelentes condições climáticas encontradas no país e graças também aos incentivos legislativos, dentre os quais destaca-se a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, que incentiva a geração distribuída de energia por fontes de energia renovável. Na região em estudo, destaca-se o seu potencial eólico, sendo considerado um dos melhores do país para geração de energia.

O estudo para identificação da viabilidade econômico-financeira do projeto foi executado com sucesso, mostrando as vantagens em se fazer o investimento.

Para chegar a essa conclusão foram utilizadas algumas ferramentas de análise financeira, como o fluxo de caixa descontado do projeto, o seu *payback* descontado, além da sua Taxa Interna de Retorno (TIR).

O valor presente líquido obtido no projeto foi de R\$ 1.640.005,36, obtidos com uma taxa interna de retorno de 12%. O projeto tem o retorno do investimento esperado em aproximadamente 12 anos e meio.

Identificar as diversas vantagens resultantes do projeto é uma característica marcante do Engenheiro Ambiental, que visa sempre uma análise sistêmica do empreendimento. Além da viabilidade econômica, ponto central do estudo, podemos destacar outros benefícios oriundos do projeto como os ganhos socioambientais.

Como consequência direta desse modelo de geração de energia elétrica tem-se a redução de poluentes atmosféricos gerados nas usinas térmicas além de uma maior autonomia energética, evitando as consequências derivadas da sazonalidade hídrica.

Destaca-se também a geração de oportunidades de trabalho e de desenvolvimento do setor industrial com a produção de equipamentos para esse seguimento.

Para estudos futuros sugere-se a análise da viabilidade econômico-financeira de um sistema híbrido de geração de energia, composto por um aerogerador e painéis solares. E também a criação de um software que disponibilizasse ao

consumidor, através da inserção dos seus dados, uma breve análise da viabilidade para a implementação da GD levando em consideração aspectos climáticos da região e características de consumo.

## REFERÊNCIAS

AMARANTE, Odilon. A.C; ZACK, John.; BROWER, Michael. SÁ; Antonio. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, 2001. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf)>. Acesso: Jan/2016.

ANSCHAU, Cleusa T.; DOROCHE, Marcos R. **Oferta de energia elétrica no Brasil**. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/45-167-1-PB.pdf>. Acesso: Fev/2016.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil – 3ª Edição, 2008**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=1689](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689)>. Acesso: Nov/2015.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Artigo Energia Eólica, Brasília, 2003**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia\\_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010. **Direitos e Deveres do Consumidor de Energia Elétrica: Resolução Normativa n. 414, Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica**.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Perguntas e Respostas sobre a aplicação da Resolução Normativa nº 482/2012**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/faq\\_482\\_18-12-2012.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/faq_482_18-12-2012.pdf)>. Acesso: Jan/2016.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Registro de Micro e Minigeradores distribuídos na ANEEL**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp>>. Acesso: Fev/2016.

ATP RIVA CALZONI SpA. Disponível em: <<http://www.atbrivacalzoni.it/settori/wind-power-division/>>. Acesso: Nov/2015

BARBIERI, José, C. ÁLVARES, Antonio, C, T. **Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações**. GEPROS – Gestão da Produção, Operação e Sistemas – Ano 2, Vol. 5, out-dez/2007, p.131 – 142. Disponível em: <[http://gvpesquisa.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/barbieri\\_\\_taxa\\_interna\\_de\\_retorno\\_controversias\\_e\\_interpretacoes.pdf](http://gvpesquisa.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/barbieri__taxa_interna_de_retorno_controversias_e_interpretacoes.pdf)> Acesso: Jan/2016.

BARBOSA, Daiane, S. QUINTANA, Alexandre, C. Demonstração dos fluxos de caixa em conjunto com as demais demonstrações contábeis: uma ferramenta para a gestão financeira eficaz nas organizações. **Congresso nacional de excelência em**

**gestão.** Agosto, 2011.

BARBOSA FILHO, Wilson P.; AZEVEDO, Abílio César S. Geração distribuída: vantagens e desvantagens. **II Simpósio de estudos e pesquisas em ciências ambientais na Amazônia.** Belém, 2013.

BERMANN, Célio. **Energia no Brasil: para que? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável.** 2 ed. São Paulo, SP, 2003. 123 p. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=7GrHSLGj5ToC&printsec=frontcover&hl=ptBR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com.br/books?id=7GrHSLGj5ToC&printsec=frontcover&hl=ptBR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)>. Acesso: Out/2015.

BERMANN, Célio. **Crise Ambiental e as Energias Renováveis.** São Paulo, SP, 2008. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252008000300010](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000300010)>. Acesso: Nov/2015.

BIG - Banco de Informação de Geração - ANEEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/AgenteGeracao/agentegeracao.cfm>>. Acesso: Jan/2016.

BIG- Banco de Informação de Geração ANEEL, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>>. Acesso: Jan/2016.

BLACKBURN, William R. **The sustainability handbook: the complete management guide to achieving social, economic and environmental responsibility.** Washington: ELI Press, 2007.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional De Energia 2030.** Rio de Janeiro, 2007.

BREALEY, Richard A.; MYERS, Stuart C. **Princípios de Finanças Empresariais.** Tradução H. Caldeira Menezes e J.C. Rodrigues da Costa. 3. ed. Portugal: McGraw-Hill de Portugal, 1992.

BROM, L. G.; BALIAN, José Eduardo A. **Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações.** São Paulo: Saraiva, 2007.

BRUNI, Adriano L., FAMÁ, Rubens e SIQUEIRA, José de O. **Análise de Risco na Avaliação de Projetos de Investimento: Uma Aplicação do Método de Monte Carlo.** São Paulo: FEA-USP, Caderno de Pesquisas em Administração, v.1, nº 6, 1998.

CASTRO, Rui M.G. **Introdução à Energia Eólica: Energias Renováveis e Produção Descentralizada.** 2003. 1 ed. Disponível em: <<http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/IntroducaoAEnergiaEolica.pdf>>. Acesso em: Dez/ de 2015.

CRESESB. **Atlas do potencial eólico brasileiro – 2008.** Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/atlas\\_eolico\\_brasil/atlasweb.htm](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/atlas_eolico_brasil/atlasweb.htm)>. Acesso:

Nov/2015.

DOROCHE, Marcos R.; ANSCHAU, Cleusa T. Oferta de Energia Elétrica no Brasil. **Tecnológica**, v.2, n.1, p.402-414, 2015.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030. 412p. Rio de Janeiro, 2007.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014. 62p. Rio de Janeiro, 2015.

EWEA. **Powering Europe: wind energy and the electricity grid**. Brussels: EWEA, 2010.

FASSIMA, P. H. et al. Análise de viabilidade econômica de projetos de investimento: métodos utilizados em empresas fabricantes de balas do Estado do Rio Grande do Sul . **XIII Congresso Brasileiro de Custos**: Belo Horizonte - MG, 2006.

FONSECA, Yonata D. BRUNI, Adriano L. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura**. Disponível em: <[http://www.desenbahia.ba.gov.br/uploads/2308201122384375Artigo\\_05.pdf](http://www.desenbahia.ba.gov.br/uploads/2308201122384375Artigo_05.pdf)>. Acesso: Fev/2016.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 2002.

\_\_\_\_\_. **Princípios da administração financeira**. São Paulo: Habra, 1997.

GOMES, Luiz, E, B. HENKES, Jairo, A. Análise da energia eólica no cenário elétrico: aspectos gerais e indicadores de viabilidade econômica. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. v. 3, n. 2, p. 463 – 482, 2015.

HOJI, Masakazu. **Administração Financeira e Orçamentária: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

L&D RENOVÁVEL, 2015. **Soluções em Energia Renovável**. São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.ledrenovavel.com.br/>. Acesso em: 19/Abr/2016.

MARQUEZAN, Luiz H. F.; BRONDANI, G. **Análise de Investimentos. Revista Eletrônica de Contabilidade**. VOL. III. JAN-JUN 2006. Disponível em: <<http://cascavel.cpd.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/contabilidade/article/view/21/3644>>. Acesso: Dez/2015.

MENDES, Ana L.S. **O Papel da Autoprodução e Produção Independente de Energias Renováveis no Mercado Brasileiro de Energia Elétrica**. Vitória, 2011.

MOTTA, Régis R. CALÔBA, Guilherme M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.



OLIVEIRA, Sérgio H. F. **Geração Distribuída de Eletricidade: inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no estado de São Paulo.** São Paulo, 2002.

OLIVEIRA, Fernanda C. **Oxidação de lignina proveniente de resíduos lignocelulósicos agroindustriais para obtenção de compostos químicos aromáticos de maior valor agregado.** 2015, 199f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

ONU – Departamento de Informação Pública das Nações Unidas. **Fatos sobre energia sustentável.** 2012. Disponível em:  
<<http://www.onu.org.br/rio20/energia.pdf>>. Acesso em: 10/Out/2015.

PEREIRA, Warley A.; ALMEIDA, Lindomar S. Método manual para cálculo da taxa interna de retorno. **Revista Objetiva.** n. 04, 2008.

RIO + 20. **Relatórios da sustentabilidade da Rio + 20.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <http://www.rio20.gov.br>. Acesso ago/2014.

RODRIGUEZ, Carlos Roberto C. **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede.** 2002, 118f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ROSSI, Pedro Henrique Jochims; OLIVEIRA, Cássia Pederiva de. **Energia eólica: bons ventos para o seus novos negócios.** Rio Grande do Sul, 2012.

SAMANEZ, Carlos P. **Matemática Financeira: Aplicações à Análise de Investimentos.** 3 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

Sampaio Filho, Antonio Carlos S. **Taxa interna de retorno modificada:** proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2008.

SEBRAE. **Análise e Planejamento Financeiro – Manual do Participante. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa.** Brasília, 2011.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações.** 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, André D. **Avaliação da Energia Eólica para o Desenvolvimento Sustentável Diante das Mudanças Climáticas no Nordeste do Brasil.** 2010.142 f. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco , Recife, 2010.

SOUZA, Luciano L.; CUNHA, Rafael B. SANTOS, Mário H. S. **Análise da Geração de Energia Eólica.** Disponível em:  
<[http://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_cientifico\\_eolica\\_1\\_0.pdf](http://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_cientifico_eolica_1_0.pdf)>

>. Acesso em: Jan/2016.

STRAPASSON, Alexandre B. **A energia térmica e o paradoxo da eficiência energética: desafios para um novo modelo de planejamento energético**, 2004.

Disponível em:

<[http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH04/AlexandreStrapasson\\_PRH04\\_USP\\_M.pdf](http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH04/AlexandreStrapasson_PRH04_USP_M.pdf)>. Acesso em: 13/Fev/2016.

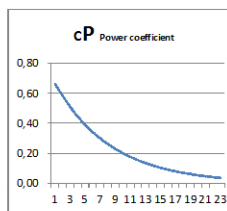
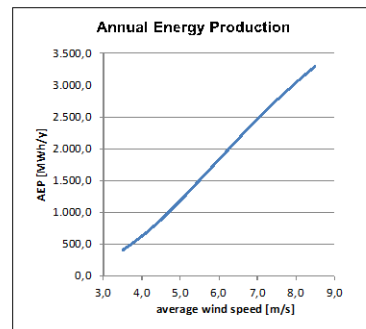
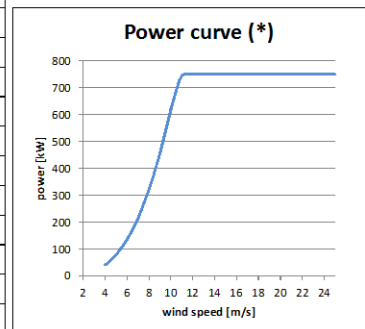
# ANEXO – Folha De Dados Do Aerogerador WTG ATB 750.54



## WTG ATB 750.54

WIND SPEED [m/s]	POWER [kW]	CP (*)	AVERAGE WIND SPEED [m/s]	AEP [MWh/y]
3	0	0,26	3,5	406,4
4	40,1	0,37	4,0	626,4
5	78,2	0,46	4,5	891,0
6	135,2	0,45	5,0	1.189,7
7	214,7	0,45	5,5	1.509,0
8	320,5	0,44	6,0	1.835,7
9	456,3	0,43	6,5	2.159,0
10	620,7	0,40	7,0	2.471,0
11	750,0	0,35	7,5	2.766,3
12	750,0	0,29	8,0	3.041,7
13	750,0	0,23	8,5	3.295,2

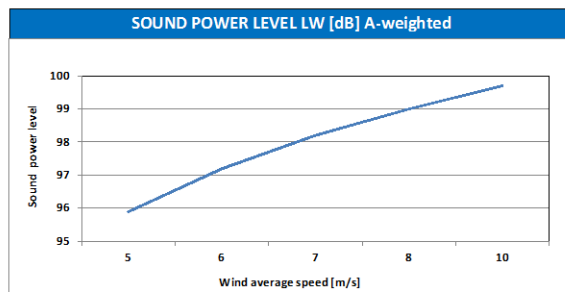
14	750,0	0,18
15	750,0	0,15
16	750,0	0,12
17	750,0	0,10
18	750,0	0,09
19	750,0	0,07
20	750,0	0,06
21	750,0	0,05
22	750,0	0,05
23	750,0	0,04
24	750,0	0,04
25	750,0	0,03



WIND SPEED AT HEIGHT OF 10m [m/s]	SOUND POWER LEVEL LW [dB] A-weighted
5,0	95,9
6,0	97,2
7,0	98,2
8,0	99,0
9,0	99,5
10,0	99,7

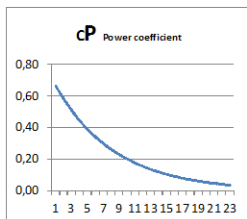
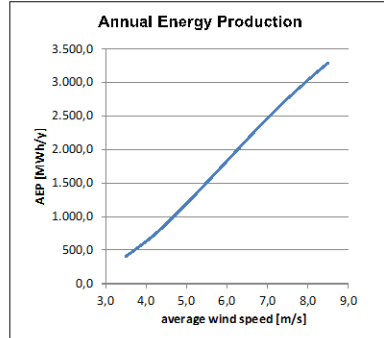
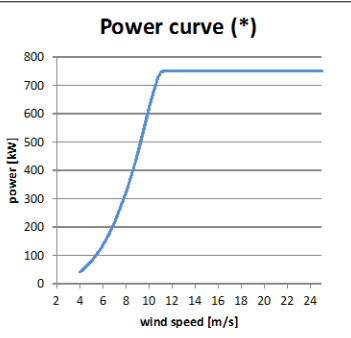
(\*) Active power is given at the turbine main switch and does not consider high voltage transformer losses nor other subsequent site specific grid connection losses.  
 Availability 100%  
 Wind share exponent 0,2

All data can be changed without any notice  
 This schedule can be modified at any time





WIND SPEED [m/s]	POWER [kW]	CP (*)	AVERAGE WIND SPEED [m/s]	AEP [MWh/y]
3	0	0,26	3,5	406,4
4	40,1	0,37	4,0	626,4
5	78,2	0,46	4,5	891,0
6	135,2	0,45	5,0	1.189,7
7	214,7	0,45	5,5	1.509,0
8	320,5	0,44	6,0	1.835,7
9	456,3	0,43	6,5	2.159,0
10	620,7	0,40	7,0	2.471,0
11	750,0	0,35	7,5	2.766,3
12	750,0	0,29	8,0	3.041,7
13	750,0	0,23	8,5	3.295,2
14	750,0	0,18		
15	750,0	0,15		
16	750,0	0,12		
17	750,0	0,10		
18	750,0	0,09		
19	750,0	0,07		
20	750,0	0,06		
21	750,0	0,05		
22	750,0	0,05		
23	750,0	0,04		
24	750,0	0,04		
25	750,0	0,03		



WIND SPEED AT HEIGHT OF 10m [m/s]	SOUND POWER LEVEL LW [dB] A-weighted
5,0	95,9
6,0	97,2
7,0	98,2
8,0	99,0
9,0	99,5
10,0	99,7

(\*) Active power is given at the turbine main switch and does not consider high voltage transformer losses nor other subsequent site specific grid connection losses.  
 Availability 100%  
 Wind share exponent 0,2

All data can be changed without any notice  
 This schedule can be modified at any time

