

KATHLEEN MELANI SILVA

ANÁLISE DE CUSTOS DO SEGURO NA CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE
EMPREENDIMENTOS EÓLICOS

SÃO PAULO

2019

KATHLEEN MELANI SILVA

ANÁLISE DE CUSTOS DO SEGURO NA CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE
EMPREENDIMENTOS ÉOLICOS

Monografia apresentada ao
Programa de Educação Continuada
da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo, como
forma de avaliação do Curso de
Especialização em Energias
Renováveis, Geração Distribuída e
Eficiência Energética.

Orientador: Prof^a Dr^a Virginia
Parente

SÃO PAULO

2019

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Assinatura: _____ Data: ____/____/____

Catálogo-na-publicação

Silva, Kathleen

ANÁLISE DE CUSTOS DO SEGURO NA CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO
DE EMPREENDIMENTOS EÓLICOS / K. Silva -- São Paulo, 2019.
90 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída
e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Energia Eólica 2.Parques Eólicos 3.Seguros para Infraestrutura 4.Custos
de Seguros I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE –
Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Nome: Kathleen Melani Silva

Título: Análise de custos do seguro em empreendimentos eólicos na construção e manutenção dos parques

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Aprovado em: ____/____/____

Banca examinadora

Orientador: Profª. Drª. Virginia Parente

Instituição: Escola Politécnica da USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

Instituição: Escola Politécnica da USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. Gustavo de Andrade Barreto

Instituição: Escola Politécnica da USP

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Elaine e Carlos, pelo
apoio sempre incondicional.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha jornada e por ter me proporcionado mais este novo aprendizado.

Agradeço aos meus pais, Elaine e Carlos, pelo amor sem medidas e pelo apoio em todos os momentos da minha vida, que foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço todo o apoio recebido da minha família, especialmente do meu irmão, Farley, dos meus avós maternos, Catarina e José, dos meus avós paternos Iraci e José “In Memoriam”, da minha cunhada, Lúcia, e dos meus sobrinhos, Bruno e Júlia, e, em especial, a Maria Beatriz por acompanhar meus passos no desenvolvimento deste trabalho e por me confortar nos momentos de cansaço.

À professora Dra. Virginia Parente por todo apoio, dicas valiosas, paciência e disponibilidade durante a realização deste trabalho como minha orientadora.

Ao PECE e a todos os professores do Curso pelo aprendizado valioso que me proporcionaram, bem como aos amigos que lá fiz, especialmente, Bruna Silva, Ingrid Nomura e Emerson Baliza.

A todos os amigos que me ajudaram com informações e materiais, tempo e disponibilidade envio o meu sincero agradecimento. Dentre tantos, destaco meu muito obrigada a Ana Medori, Breno Nardy, Carlos Borges, Fernanda Moraes, Larissa Gonçalves, Luiz França, Omar Modica, Rogério Gonçalves e Vivian Silva.

Aos meus gestores, Mauro Santos e Gerson Raymundo, que me apoiaram durante a execução de todo o Curso, com ideias, materiais, informações e compreensão quanto ao tempo que necessitei dedicar a esta monografia. Espero que o resultado deste trabalho seja útil à Axa Seguros, assim como a todos aqueles que lidam com o mercado segurador no segmento de energia e infraestrutura no Brasil.

A todos vocês, meu mais sincero agradecimento!

EPÍGRAGE

“Todos os seus sonhos podem se tornar realidade se você tem coragem para persegui-los”.

Walt Disney

RESUMO

Esta monografia discorre sobre os custos para a contratação de apólices de seguros em parques eólicos. Tem como foco o período de construção e operação, descrevendo o papel que as apólices contratadas podem desempenhar e sua importância para mitigar danos imprevistos e principalmente para contribuir que estes danos sejam evitados através do gerenciamento de riscos realizado pelas seguradoras. Para isso foram levantados os parâmetros que são considerados na precificação das apólices de Riscos de Engenharia, contratadas durante a fase de construção e, também, os parâmetros de Riscos Operacionais, cujas apólices cobrem danos ocorridos durante a operação dos parques eólicos. Adicionalmente, foram descritos os eventos passíveis de serem amparados, bem como as principais coberturas disponíveis no mercado de seguros de infraestrutura, além dos volumes das franquias e principais aspectos das cláusulas contratuais visando a verificação da viabilidade de contratação de tais apólices. Para auxiliar no entendimento deste tema, esta monografia apresentou conceitos sobre o funcionamento dos parques eólicos, oferecendo um panorama sobre a geração de energia elétrica advinda da fonte eólica, incluindo a evolução das tecnologias aplicadas ao segmento. Os resultados encontrados indicam que o valor da contratação de uma apólice típica apresenta um custo significativamente inferior aos desembolsos que podem decorrer de acidentes de diversas origens, sendo, portanto, vantajosos àqueles que os adquirem.

Palavras chaves: Energia Eólica; Parques Eólicos; Seguros para Infraestrutura; Custos de Seguros; Brasil.

ABSTRACT

This monograph discusses the costs for contracting insurance policies in wind farms. It focuses on the construction and operation period, describing the role that the contracted policies can play and their importance to mitigate unforeseen damages and especially to contribute to the avoidance of these damages through the risk management carried out by the insurers. In order to do this, the parameters that are considered in the pricing of the Engineering Risk policies contracted during the construction phase and the Operational Risks parameters, whose policies cover damages occurred during the operation of the wind farms, were considered. Additionally, the events that could be supported were described, as well as the main coverage available in the infrastructure insurance market, as well as the franchise volumes and main aspects of the contractual clauses aimed at verifying the feasibility of contracting such policies. To help understand this theme, this monograph presented concepts about the operation of wind farms, offering an overview of the generation of electricity from the wind power source, including the evolution of technologies applied to the segment. The results indicate that the value of the contracting of a typical insurance policy presents a cost significantly lower than the disbursements that can result from accidents of diverse origins and, therefore, are advantageous to those who acquire them.

Keywords: Wind Energy; Wind Farms; Insurance for Infrastructure; Insurance Costs; Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tendências globais no investimento de energias renováveis	19
Figura 2 - Top 10 de novas instalações eólicas	21
Figura 3 - Composição da matriz energética brasileira (GW)	22
Figura 4 – Potencial Máximo dos Estados Brasileiros	23
Figura 5 - Potencial da Energia Eólica nos Estados que possuem Atlas parte 1	25
Figura 6 - Velocidade do vento para uso com energia eólica	29
Figura 7 - O princípio da conversão da energia cinética do vento em energia elétrica	30
Figura 8 - Potência em Função do Diâmetro do Rotor	31
Figura 9 - Distância Segura para Instalação de aerogeradores através da sinalização do eixo helicoidal	34
Figura 10 - Fluxograma de Implantação de uma Usina Eólica no Brasil	39
Figura 11 - Etapas do processo de obtenção de um licenciamento ambiental	41
Figura 12 - Decomposição dos cursos – Parque eólico	43
Figura 13 - Custos com O&M relacionados com a idade e a potência de turbinas eólicas	44
Figura 14 - Percentual de consertos e manutenções necessárias no uso de turbinas eólicas	45
Figura 15 – Ramos de seguros	50
Figura 16 – Arrecadação do mercado segurador por grupo de ramo	51
Figura 17 – Visão geral de prazo de apólices de riscos de Engenharia	56
Figura 18 – Importância segurada	57
Figura 19 – Os componentes mais afetados em sinistros	63
Figura 20 – Principais motivos de ocorrência dos sinistros	63
Figura 21 – Torre derrubada com o vendaval	64
Figura 22 – Localização do parque	67
Figura 23 – Mapa da localização do parque	67
Figura 24 – Mapa de exposição aos danos a natureza	70
Figura 25 – Interface com o cliente na análise de riscos	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fórmula de Potência por tipo de fonte renovável	19
Tabela 2 – Fator de capacidade e Eficiência por fonte	28
Tabela 3 – Custo relativo por componente de um aereo gerador	43
Tabela 4 – Matriz de responsabilidades	68
Tabela 5 - Precificação dos Riscos de Engenharia	77
Tabela 6 - Franquia dos Riscos de Engenharia	78
Tabela 7 - Precificação dos Riscos Operacionais	78
Tabela 8 - Franquia dos Riscos Operacionais	79
Tabela 9 - Cenário do Mercado de Riscos de Engenharia	80
Tabela 10 - Cenário do Mercado de Riscos Operacionais	80
Tabela 11 - Matriz de Definição de Impacto	82

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo Central e Objetivos Secundários	15
1.2 Questão Central e Hipótese	16
1.3 Metodologia	16
1.4 Estrutura da Monografia	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE A ENERGIA EÓLICA	18
2.1 Desenvolvimento da Energia Eólica	18
2.2 Principais Componentes de um Complexo Eólico	28
2.3 Etapas e Custos Envolvidos na Implantação	38
3. SEGUROS APLICADOS À INFRAESTRUTURA EÓLICA	47
3.1 Estrutura do Mercado de Seguros no Brasil	51
3.2 Riscos de Engenharia	55
3.3 Riscos Operacionais	59
3.4 Acidentes em Parques Eólicos	62
4. ESTUDO DE CASO	65
4.1 Informações Básicas Sobre o Projeto	66
4.2 Avaliação do Risco	67
4.3 Análise de Perda Máxima Provável	72
4.4 Gerenciamento do Risco	73
4.5 Precificação	75
4.6 Verificação de Viabilidade Financeira de Contratação das Apólices	79
5. CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS	87

1. INTRODUÇÃO

Há diversos incentivos globais com o intuito de alavancar o crescimento das energias renováveis. Acordos e novas políticas surgem na busca da redução da emissão de gases poluentes na atmosfera. O Brasil possui diversas características favoráveis à utilização de fontes renováveis, tendo historicamente a maior parte da geração de energia elétrica advinda de usinas hidrelétricas.

Conforme estudos levantados pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2007), entre 1974 e 2004, a geração de energia elétrica no Brasil pela utilização das águas evoluiu de 13.724 MW para quase 69.000 MW. Este crescimento foi mais significativo na década de 1980, após as duas crises em relação ao preço do petróleo, ocorridas na década anterior, impulsionando o aumento de estudos e investimentos em outras fontes de energia.

Porém, alterações climáticas, períodos de estiagem e até mesmo problemas ambientais em relação à construção de novas hidrelétricas de grande porte, trouxeram preocupações para que não houvesse falha na disponibilidade de energia elétrica a ser distribuída no Sistema Interligado Nacional (SIN). Observou-se que quando os reservatórios apresentam níveis inferiores ao mínimo estipulado, entram em operação as usinas termelétricas para complemento de fornecimento de energia ao SIN. No primeiro trimestre de 2019, com aproximadamente 3.006 usinas termelétricas em operação no Brasil, a denominada potência fiscalizada (ou seja, a potência considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora) correspondia a cerca de 40.401.760 kW (ANEEL, 2019).

Em que se pese a sua importante contribuição para que não haja falhas na geração e distribuição de energia, a inserção das termelétricas também possui algumas questões. Dentre as mais significativas está a escolha da fonte que irá alimentar as usinas termelétricas, pois tal escolha é determinante para a análise da disponibilidade da energia, caracterização técnica e econômica e aspectos socioambientais.

As usinas termelétricas a carvão, por exemplo, são largamente empregadas em diversos países por possuir características favoráveis em relação às questões técnicas como alto fator de capacidade. Porém, em contrapartida, são consideradas

altamente poluentes, destacando-se a emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e material particulado (TOLMASQUIM, 2016). Outros combustíveis e fontes primárias que não o carvão possuem características menos agressivas ao meio ambiente. Tais fontes, como a biomassa e o gás natural, também podem ser utilizadas como insumo nas usinas termelétricas, mas a relação custo-benefício, não apenas ambiental, mas também social e econômico, é um fator importante para a tomada de decisão.

Conforme o Relatório de Acompanhamento da Implantação de Empreendimentos de Geração da ANEEL (ANEEL, 2018) havia 167 usinas termelétricas sendo implementadas no Brasil com potência de 7.896MW, sendo que deste total, mais de 67% utilizará combustível fóssil para alimentação das caldeiras e menos de 15% dos empreendimentos de termelétricas fará uso de biomassa.

Além de todos os aspectos já citados, outro ponto de grande importância para análise, relaciona-se com o custo final de energia para o consumidor. Custos de investimento, operação e manutenção de planta e fonte escolhida, irão refletir diretamente no custo total, que será repassado para os consumidores com valores superiores às alternativas, como as usinas hidrelétricas.

Entram neste momento o desenvolvimento acelerado de novas possibilidades para a geração de energia elétrica, principalmente no que tange o uso dos ventos e do sol. Os novos desafios, no entanto, contam com diversos aspectos positivos em território brasileiro, como tipo de solo, velocidade dos ventos e incidência solar que contribuem para aumentar a quantidade de parques eólicos e usinas fotovoltaicas.

Os complexos eólicos participam em 2019 com praticamente 10% do total da matriz energética brasileira. A cadeia produtiva dos parques eólicos vem passando por constantes melhorias desde as políticas brasileiras de incentivo como o Proinfa e o primeiro leilão de energia eólica, acompanhando o desenvolvimento da tecnologia das máquinas e equipamentos, que contribuem com uma melhor eficácia dos parques, barateamento nos custos e criação de empregos.

Segue a busca em se manter o crescimento no investimento de energia eólica. A construção dos primeiros parques mostrou diversas dificuldades e necessidades de melhorias no país, que apesar da tecnologia já em estado de grande aprimoramento

no exterior, traz peculiaridades no Brasil que sem histórico anterior, aprende muitas vezes na prática.

Outro importante passo, que é a manutenção destes complexos eólicos com tecnologias que já foram alteradas, turbinas e pás que já estão em outro nível de desenvolvimento, com o objetivo de se manter os custos os mais baixos possíveis, para que não haja prejuízos e custos fora do esperado no projeto.

Para fomentar esta fonte de energia e em prol da segurança de investidores, a contratação de apólices de seguros vem sendo cada vez mais estudada e discutida, com a demonstração de seus aspectos positivos e negativos. Neste momento, também considerando o período de crise enfrentada no Brasil, é primordial a manutenção de custos em níveis planejados e que se evite no máximo possível acidentes, que podem ter consequências muito agravadas no cenário atual.

1.1 Objetivo Central e Objetivos Secundários

O objetivo central desta monografia é o de investigar se há viabilidade econômica para a contratação de apólices de seguros que cubram os riscos das fases de construção e de operação de parques eólicos no Brasil.

Para alcançar tal objetivo, este trabalho busca atender também os seguintes objetivos secundários:

- (i) discorrer sobre o cenário atual da energia eólica no mundo e o papel que ela desempenha na matriz energética brasileira;
- (ii) caracterizar as etapas envolvidas na construção e operação de parques eólicos de forma a entender a participação das apólices de seguros neste contexto;
- (iii) apresentar os principais conceitos de seguros, focando nas coberturas de *Riscos de Engenharia* e *Riscos Operacionais*; e
- (iv) calcular o custo destas apólices para diferentes cenários visando concluir se há ou não a já referida viabilidade econômica.

1.2 Questão Central e Hipótese

A questão principal que este trabalho levanta é se há ou não viabilidade econômica de se contratar apólices de seguros durante a construção e a operação de um empreendimento eólico. Refere-se, portanto à cobertura dos denominados *Riscos de Engenharia* e *Riscos Operacionais*, haja vista o custo adicional a ser despendido pelos proprietários destes empreendimentos.

Este trabalho busca também confirmar ou refutar a hipótese de que o custo das apólices é vantajoso diante dos riscos aos quais os projetos estão expostos estarem, em sua maioria, cobertos pelas apólices concedidas pelas seguradoras.

1.3 Metodologia

A metodologia toma como ponto de partida um levantamento bibliográfico sobre o cenário da energia eólica em âmbito mundial e nacional. São considerados, em seguida, os custos de construção e operação de parques eólicos, incluído seus principais equipamentos, cujos dados foram obtidos através de entrevistas com especialistas do setor que atuaram no projeto escolhido como estudo de caso.

Já para descrição das características e do papel dos seguros de Riscos de Engenharia e Operacional utilizou-se como fonte principal uma série de trabalhos acadêmicos que referenciavam o tema. Adicionalmente, para tratar tais informações de forma mais específica para o contexto brasileiro, novas entrevistas foram realizadas junto a profissionais da área de seguros e de associações de classe. Por fim, foram analisados sinistros reais em parques eólicos e os custos decorrentes dos mesmos foram contrastados com as coberturas das apólices oferecidas usualmente no mercado.

1.4 Estrutura da Monografia

Além desse capítulo inicial, que se propôs a apresentar a relevância do tema, os objetivos, a questão central, a hipótese, e a metodologia que será aplicada, este trabalho está integrado por mais quatro capítulos.

No Capítulo 2 é apresentado um panorama da energia eólica, com uma descrição de seu funcionamento e relevância desta fonte de energia demonstrada no panorama mundial e no Brasil, bem como fornecimento de informações sobre os principais aspectos a ser considerados nos custos e desafios enfrentados nacionalmente.

O Capítulo 3 traz a definição de seguros, discorre sobre o papel que desempenha na sociedade e define as principais características, enfatizando os produtos de Riscos de Engenharia, que cobre os empreendimentos durante a construção, bem como Riscos Operacionais, que ampara o local durante sua operação, enfatizando estas características no universo dos parques eólicos e exemplifica com alguns casos reais de acidentes já ocorridos.

Já no Capítulo 4 é feita uma série de análises de sinistros reais aplicados a um parque eólico hipotético, cuja caracterização tomou como base um parque eólico real. Em seguida, os principais aspectos do parque em questão são elevados em conta para avaliação e precificação das apólices. Adicionalmente, ressaltam-se a experiência e a interação com a seguradora como um elemento importante para mitigar riscos e aprimorar o projeto do empreendimento eólico, bem como de a sua operação. Por fim, são analisados os resultados de eventos não segurados vis a vis os cenários de estarem contemplados nas coberturas contratadas.

O Capítulo 5 apresenta a conclusão do trabalho, através da análise dos dados do Estudo de Caso, considerando o desenvolvimento dos capítulos anteriores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE A ENERGIA EÓLICA

Neste capítulo é realizada uma revisão da literatura sobre os conceitos da geração de energia eólica. Nele são destacados os seus principais elementos e o cenário atual de energia eólica no Brasil, ressaltando os aspectos positivos e negativos enfrentados na implementação e manutenção dos parques.

2.1 Desenvolvimento da Energia Eólica

A busca por fontes renováveis de energia esbarra no crescimento de parques eólicos, como importante opção da energia limpa, em nível mundial. Com o aumento dos interesses ambientais, principalmente relacionados ao atendimento de acordos internacionais para a redução de emissão de gases poluentes na atmosfera, há o fortalecimento destas novas fontes, fazendo com que a construção civil e os equipamentos apresentem melhorias e maior eficiência, em busca do atingimento do estado da arte destas tecnologias.

De acordo com a *International Renewable Energy Agency* (IRENA, 2019), os investimentos globais em energias renováveis têm experimentado um crescimento sem precedentes nos últimos anos. O aumento do investimento na base de uma estrutura de políticas sólida, está sendo crucial para que haja uma rápida mobilização para a ocorrência da transição energética sustentável.

Porém, a Agência aponta que é necessário que estes investimentos aumentem de forma ainda mais significativa. Para que se fique em linha com os objetivos do Acordo de Paris, por exemplo, é necessário a ampliação da participação de fontes renováveis em 36% até 2030 e até de 65% até 2050. Para que este incremento de fontes renováveis seja possível, é importante o papel do governo para incentivar outros investidores, além de investidores institucionais como fundos de pensão e companhias de seguros, que também tem o potencial de ampliar grandes investimentos.

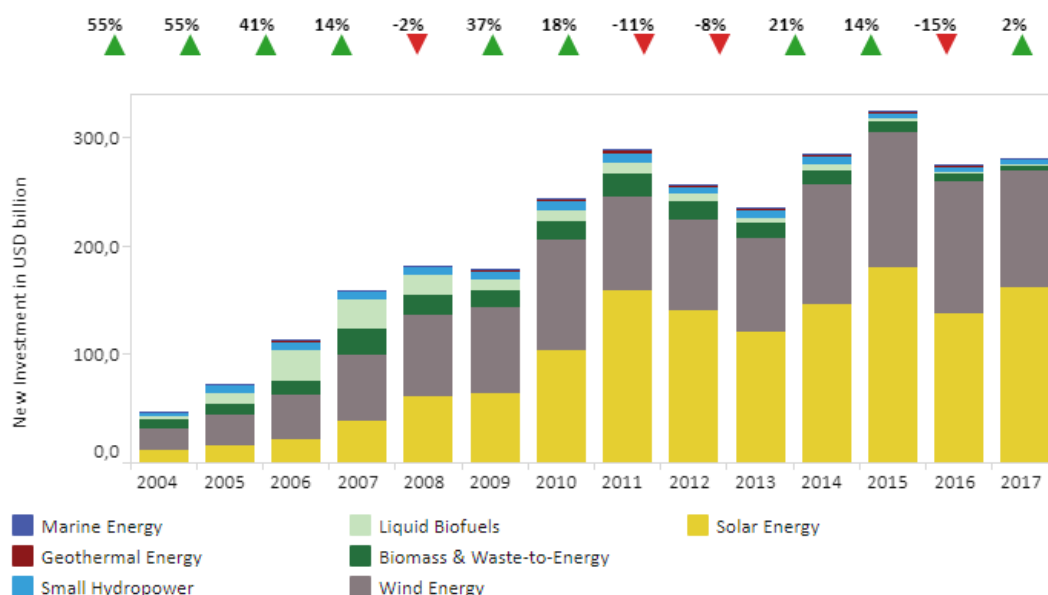


Figura 1 - Tendências globais no investimento de energias renováveis
Fonte: IRENA (2019)

Em 2014, fontes renováveis de energia totalizaram 18,3% do consumo final total de energia mundial, incluindo tanto renováveis “modernas” (9,3%) como a solar e eólica, quanto o uso tradicional e não sustentável de biomassa (9%). Em 2017, houve um avanço, sendo que uma em cinco unidades de energia consumidas já provém de fontes renováveis. No setor elétrico, esse avanço é ainda mais evidente, tendo como destaque para este fato os ganhos de competitividade das fontes eólica e solar (DELGADO, WEISS & SILVA, 2017).

O aumento de políticas de incentivo às fontes renováveis e investimentos no setor, ampliam a cadeia de produção, fazendo com que surjam tecnologias mais avançadas, menores custos e consequentemente dão ao setor, maior competitividade. O conhecimento de cada fonte, particularidades de operação e manutenção e eficiência, trazem maiores benefícios para sua utilização.

Tabela 1 - Fórmula de Potência por tipo de fonte renovável

Fonte	Fórmula potência	Variáveis
Hidráulica	$P = 9,8 \cdot Q \cdot H$ [kW]	H = d = altura de queda [m]; Q = vazão volumétrica, em [m³/s];

Fonte: Rangel, Borges & Santos. (2016)

Continuação da Tabela 1 – Fórmula de Potência por tipo de fonte renovável

Fonte	Fórmula potência	Variáveis
Biogás	$P_{dis} = Q_{biogás} \cdot (\%CH_4) \cdot PC_{CH_4} \cdot \eta$	<p>P_{dis} = Potência disponível anualmente;</p> <p>$Q_{biogás}$ = Vazão anual de biogás;</p> <p>$\%CH_4$ = porcentagem de gás metano presente no biogás</p> <p>PC_{CH_4} = poder calorífico do biogás = 35 (MJ/m³CH₄);</p> <p>η = rendimento da tecnologia de conversão energética;</p>
Fotovoltaica	$W = I \cdot \eta \cdot PR$	<p>W = energia anual (primária) gerada pelo sistema [MJ.m⁻².ano⁻¹]</p> <p>I = insolação solar incidente total na superfície, por ano [MJ.m⁻².ano⁻¹]</p> <p>η = eficiência média do módulo [%]</p> <p>PR = relação de desempenho do sistema [%]</p>
Eólica	$P = \rho A \frac{v^3}{2}$	<p>ρ = massa específica, em [kg/m³];</p> <p>A = área projetada do aerogerador, em [m²];</p> <p>v = velocidade do vento, em [m/s];</p>

Fonte: Rangel, Borges & Santos (2016)

(I) Energia Eólica Mundial

A energia eólica é utilizada a milhares de anos, assim como a energia hidráulica, para diversos fins como o bombeamento de água, moagem de grãos, entre outras aplicações que envolvem energia mecânica. Depois de cem anos de pesquisas e desenvolvimento, a primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca (AMARANTE, ZACK & SÁ, 2001).

Com o advento do primeiro grande aumento internacional do preço do petróleo, que ocorreu em 1973 (passando de US\$ 3 para US\$ 12, o barril), os Estados Unidos, de 1974 até meados dos anos 1980, colocaram em prática, com a NASA, um programa que desenvolveu 13 projetos de turbinas eólicas, objetivando a produção em escala comercial (MME, 2007).

Um rápido crescimento ocorreu nos anos 90, através da liderança do mercado alemão que havia superado os Estados Unidos como líder de mercado, trazendo também a ampliação do mercado europeu para Itália, Países Baixos, Reino Unido e Suécia e os primeiros movimentos dos mercados da China, Japão, Canadá e Austrália (GWEC, 2017).

A China, país que é impulsionado por forte pressão devido aos altos níveis de poluição, também possui grande destaque e representa um papel bastante importante em energias renováveis. O país assumiu a liderança nesse mercado, sendo o maior produtor, exportador e instalador mundial de painéis solares, turbinas eólicas, baterias e veículos elétricos (DUDLEY, 2019).

Segundo GWEC (2017), a capacidade de todas as turbinas eólicas instaladas no mundo até o final de 2018 chegou a 600 GW. Foram adicionados 53.900 MW no ano de 2018, sendo o segundo ano consecutivo de crescimento de novas instalações, mas a uma taxa mais baixa – 9,8%, após um crescimento de 10,8% em 2017. Até o final de 2018, aproximadamente 6% da demanda global de eletricidade, está coberta por turbinas eólicas.

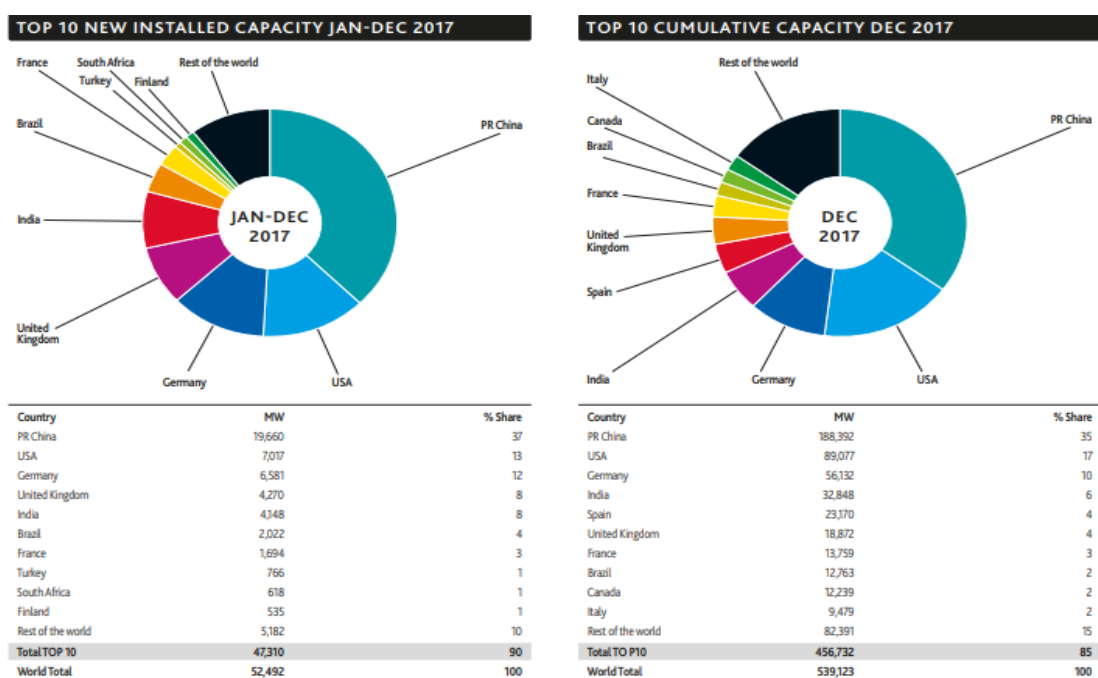


Figura 2 - Top 10 de novas instalações eólicas
Fonte: GWEC (2019)

(II) Energia Eólica no Brasil

Foi em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha, que entrou em operação o primeiro aerogerador instalado no Brasil, resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), com financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês *Folkcenter*. Durante os dez anos seguintes, a energia eólica teve um crescimento pouco significativo, em parte pela falta de políticas, mas principalmente pelo alto custo da tecnologia (ABEEólica, 2018).

Ainda conforme a ABEEólica (2018), a matriz energética do Brasil é renovável, apresentando mais da metade de sua geração de origem hidráulica. Porém, esta concentração em uma única fonte traz algumas preocupações, que foram amplamente discutidas em todo o país nos anos 2000, quando uma recessão de chuvas resultou em fortes secas nos reservatórios e com a crise hídrica, houve também racionamento de energia elétrica. Atualmente o cenário vem mudando, seguindo no âmbito das fontes renováveis. O cenário atual é mostrado na Figura 3.

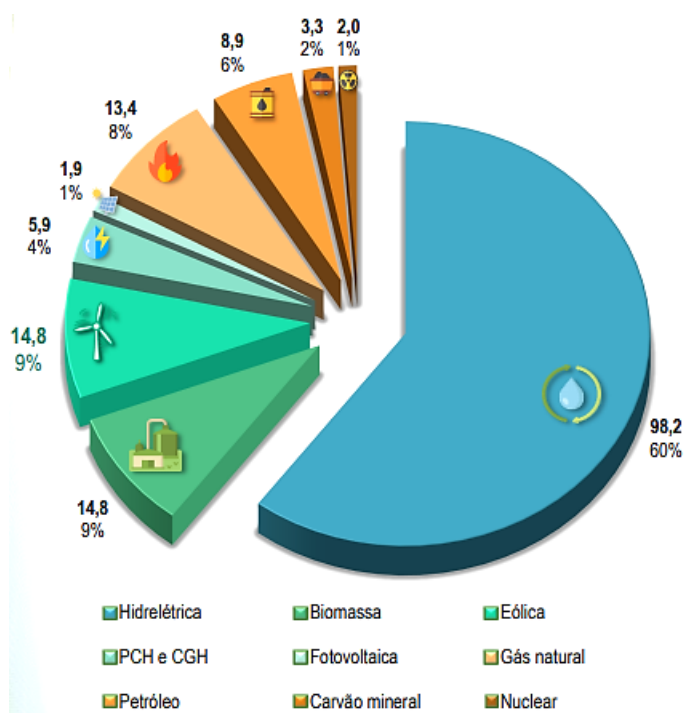


Figura 3 - Composição da matriz energética brasileira (GW)
Fonte: ABEEólica (2019)

O Brasil possui características que favorecem o uso da energia eólica, tanto em relação a questões geográficas (solo, relevo), como em relação a características dos

ventos, principalmente nas regiões do Nordeste e do Sul. Para a análise de viabilidade de implantação de complexos eólicos, é primordial o estudo e levantamento de dados que disponibilizem as informações necessárias para que o projeto possa ir adiante.

Os primeiros estudos foram feitos na região Nordeste, principalmente no Ceará e em Pernambuco. Com o apoio da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, e do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, o Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, publicou em 1998 a primeira versão do Atlas Eólico da Região Nordeste (AMARANTE, ZACK & SÁ, 2001).

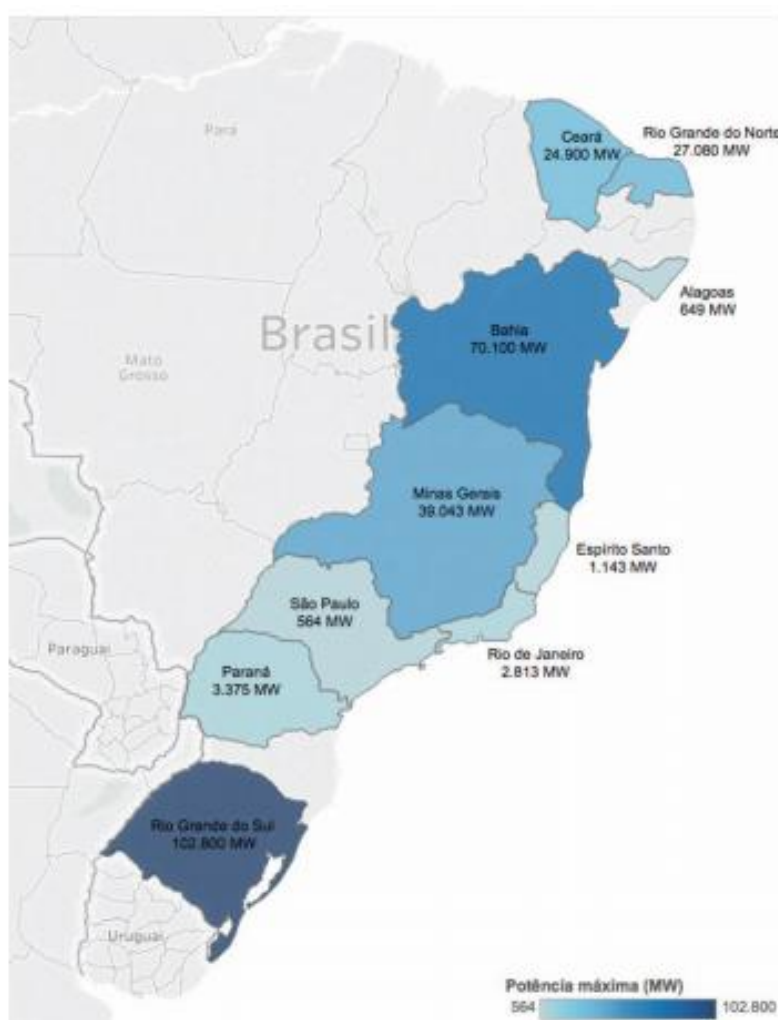


Figura 4 – Potencial Máximo dos Estados Brasileiros
Fonte: AMARANTE, ZACK & SÁ (2001)

O CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica, ampliou o estudo para todo o país, lançando o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Cabe ressaltar a importância de se manter estes levantamentos atualizados, considerando que as tecnologias são renovadas, como por exemplo, a altura das torres que estão

cada vez maiores, fazendo necessário o estudo de ventos considerando esta nova referência.

Para a confecção do Atlas, a metodologia utilizada pelo CRESESB foi o sistema MesoMap, que é um conjunto integrado de modelos de simulação atmosférica, bases de dados meteorológicos e geográficos, redes de computadores e sistemas de armazenamento (AMARANTE, ZACK & SÁ, 2001).

O Atlas traz informações de todas as regiões brasileiras. Como resultado, foi verificado que os melhores locais, considerados como os mais promissores para energia eólica no Brasil, estão localizados no litoral do Rio Grande do Norte e Ceará, Bahia e no litoral do Rio Grande do Sul, assim como algumas áreas de Minas Gerais e na Região Centro-Oeste, na fronteira com o Paraguai (PINTO, 2013).

Considerando os resultados obtidos nos Altas Eólicos Estaduais e dados disponibilizados pela ANEEL no ano de 2016, é demonstrado na Continuação da **Figura** a situação de 11 estados brasileiros com a sintetização de algumas informações correspondentes a empreendimentos do tipo *onshore*, sendo sumarizados os potenciais eólicos levando em consideração medições em três alturas (50, 75 e 100 metros) sob regimes de vento com velocidade superiores a 7m/s (SEBRAE, 2017).

Região	Estado	Potencial (MW)			Potência Contratada (MW)**	Nº de Usinas**	Principais Áreas Potenciais
		50m	75m	100m			
Nordeste	Alagoas	173	336	649	0	0	Dunas de Piaçabuçu; Carneiros, Senador Rui Palmeira e Girau do Ponciano; Serras de água Branca e Mata Grande
Nordeste	Bahia	-	30.600*	70.100	5.135,80	223	Sobradinho, Sento Sé e Casa Nova. Região das Serras Azul e do Açuruá. Morro do Chapéu. Serra do Estreito. Serra do Espinhaço Novo Horizonte, Platã, Ibitiara e Brotas de Macaúba.
Nordeste	Rio Grande do Norte	9.562	19.431	27.080	4.873,50	181	Nordeste do estado, Litoral Norte-Noroeste e Serras Centrais
Nordeste	Ceará	-	24.900	-	2.508,30	104	-
Nordeste	Pernambuco	-	-	-	878,60	38	-
Sudeste	São Paulo	9	15	564	0,22	1	-
Sudeste	Rio de Janeiro	746	1.524	2.813	28	1	Litoral Norte Fluminense. Cabo Frio e Búzios, Região dos Lagos. Região Serrana, polígono Pirai-Vassouras-Petrópolis

Figura 5 - Potencial da Energia Eólica nos Estados que possuem Atlas parte 1
Fonte: SEBRAE (2017)

Sudeste	Minas Gerais	10.570	24.742	39.043	1,56	1	Janaúba e Grão Mogol. Montes Claros. Curvelo, Diamantina e Sete Lagoas. Triângulo Mineiro
Sudeste	Espírito Santo	129	448	1.143	0	0	Litoral de Linhares e Litoral Sul (Municípios: Presidente Kennedy e Marataizes)
Sul	Paraná	312	1.363	3.375	2,5	1	Cascável e Mraingá. São Jeônimo da Serra. Campos de Castro/Tibagi. Planalto de Palmas. Campos de Guarapuava. Serra do Quiriri
Sul	Rio Grande do Sul	15.840	54.430	102.800	2.092,60	94	Coxilha de Santana, Escudo Rio-Grandense, Planalto das Missões, Serra Gaúcha, Litoral Sul e a Costa ao longo da Lagoa dos Patos

Continuação da Figura 5 - Potencial da Energia Eólica nps Estados que possuem Atlas
Fonte: SEBRAE (2017)

Um passo importante para a expansão de fornecimento de energia elétrica através de outras fontes de geração, foi a criação do Proinfa - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas. A Lei nº 10.438/2002 (Lei n.10.438 de 26 de abril de 2002), surgiu com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional (PINTO, 2013).

Foi com a exigência de nacionalização de equipamentos e serviços advindos desta lei que a energia eólica ganhou força, trazendo importantes fabricantes ao Brasil e consequentemente o avanço da tecnologia em conformidade com o cenário brasileiro (PINTO, 2013).

De acordo com Pinto (2013), algumas dificuldades foram encontradas pelos empreendedores eólicos durante a primeira fase do Proinfa, como limite financeiro, levando à criação de novas sociedades e alterações de titularidade, necessidade de revisão dos projetos e novas regras na obtenção de licenças ambientais e dificuldade dos agentes financeiros por causa de seu baixo *know-how* relativo ao tema. Devido aos prazos não cumpridos da primeira fase do Proinfa e por não haver interesse na regulação em outra fase, o governo brasileiro passou a adotar o sistema de leilões para contratação da demanda de energia.

Outro importante passo na energia eólica no Brasil foi a realização do primeiro Leilão desta fonte de energia, que ocorreu em 2009. O primeiro leilão de comercialização de energia voltado exclusivamente para a fonte eólica, resultou na contratação de 1.805,7 MW, a um preço médio de venda de R\$ 148,39/MWh, sendo o preço inicial de R\$ 189/MWh (EPE, 2009).

Ao final desse leilão, que movimentou R\$ 19,59 bilhões (até o final do período de vigência dos contratos – 20 anos), houve a contratação de 71 empreendimentos em cinco estados das regiões Nordeste e Sul, com 753MW médios de energia, num total de 1.805,7MW, quantidade três vezes superior a todo o parque eólico em operação no país na ocasião, 602MW (PINTO, 2013).

Os leilões são a principal forma de contratação de energia no Brasil. Por meio deste mecanismo, concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) garantem o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). Quem realiza os leilões de energia elétrica é a CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, por delegação da ANEEL (MME, 2007).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME,2007), há uma divisão entre os tipos de leilão em relação ao horizonte de contratação. O leilão A-5, é um processo licitatório para a contratação de energia elétrica proveniente de novos empreendimentos de geração realizado com cinco anos de antecedência do início do suprimento. Desta forma, este tipo de leilão viabiliza os empreendimentos de longa maturação, como os empreendimentos hidráulicos.

Seguindo, há o leilão A-3, onde o processo licitatório é proveniente de empreendimentos novos com antecedência de três anos do início do suprimento e o leilão A-1, que é para empreendimentos já existentes, fazendo possível a entrega de energia dentro de um ano.

Por fim, há o leilão de energia de reserva – LER, cujo objetivo é elevar o patamar de segurança no fornecimento de energia elétrica no Sistema Integrado Nacional (SIN), com energia proveniente de usinas especialmente contratadas para este fim, sendo predominantemente hidrelétricas (MME, 2007).

Além dos aspectos técnicos envolvendo a geração de energia elétrica através da fonte eólica, outros diversos aspectos são diretamente afetados com a introdução e aumento deste mercado no Brasil. Mudanças de legislação, geração de empregos com a vinda de fabricantes internacionais e desenvolvimento de mão de obra especializada, são apenas alguns exemplos destas mudanças (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015).

Deve-se também levar em consideração que o aumento do investimento em energia eólica, faz com que as tecnologias melhorem, se tornem mais eficientes e cada vez mais viáveis. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** disponibiliza um panorama sobre a eficiência e o fator de capacidade por fonte (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015).

Tabela 2 – Fator de capacidade e Eficiência por fonte

	Fator de capacidade %	Eficiência %
Hidrelétrica	56,2%	100%
Eólica	31,3%	100%
Solar	32,1%	100%
Térmica e Biomassa	75,0%	46,5%
Térmica e Gás Natural	95,8%	41,9%
Térmica e Carvão Mineral	91,7%	35,8%
Nuclear	87,4%	33,0%

Fonte: Instituto Escolhas (2015)

2.2 Principais Componentes de um Complexo Eólico

Há muita tecnologia envolvida desde o desenvolvimento, até a implementação, operação e manutenção de um parque eólico. Com o objetivo de demonstrar os

equipamentos principais para avaliação de custos de seguros, este trabalho irá descrever apenas as estruturas e equipamentos que são de maior relevância para esta análise.

Conforme ANEEL (2018), 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 aerogeradores, para a geração da eletricidade, ou cataventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

Desta forma entende-se que o primeiro quesito para verificar a viabilização de implantação de um parque eólico, são os estudos relacionados ao vento. Segundo Lopes (2012) as características do vento são variáveis em relação ao tempo e ao espaço. Sendo a principal característica a velocidade, o conhecimento de seu comportamento em um determinado local é de primordial importância para a instalação de uma turbina eólica. Também é importante o estudo do vento no espaço, verificando-se suas características em todas as direções.

Um dos aspectos principais para mensurar o potencial de um projeto eólico é a velocidade do vento em m/s (metros por segundo). Para que se possa garantir uma geração eólica competitiva, é necessário no mínimo 5,0m/s, no caso de geradores eólicos isolados. No entanto, para complexos eólicos espera-se um vento de ao menos 7,0 m/s. A Figura 6 demonstra a relação da velocidade dos ventos e da viabilidade de implantação de um parque eólico (BOHME *et al.*, 2016).

Velocidade média anual 10 m acima do nível do solo	Possibilidades de uso para a energia eólica
Abaixo de 3 m/s	Usualmente não viável, a menos em situações especiais.
de 3-4 m/s	Pode ser uma opção para bombas eólicas, improvável para geradores eólicos.
de 4-5 m/s	Bombas eólicas podem ser competitivas com bombas a Diesel. Pode ser viável para geradores eólicos isolados
Mais que 5 m/s	Viável tanto para bombas eólicas quanto para geradores eólicos isolados
Mais que 7 m/s	Viável para bombas eólicas, geradores eólicos isolados e conectados à rede.

Figura 6 - Velocidade do vento para uso com energia eólica
Fonte: Pinto (2013)

As turbinas eólicas são usadas para converter a energia do vento em energia elétrica. Esta conversão, conforme Pinto (2013) segue duas etapas: 1) primeiramente na turbina, que remove a porção de energia cinética disponível para conversão em energia mecânica e, 2) no gerador, que recebe a energia mecânica e a converte em energia elétrica, que é então transmitida para a rede da concessionária.

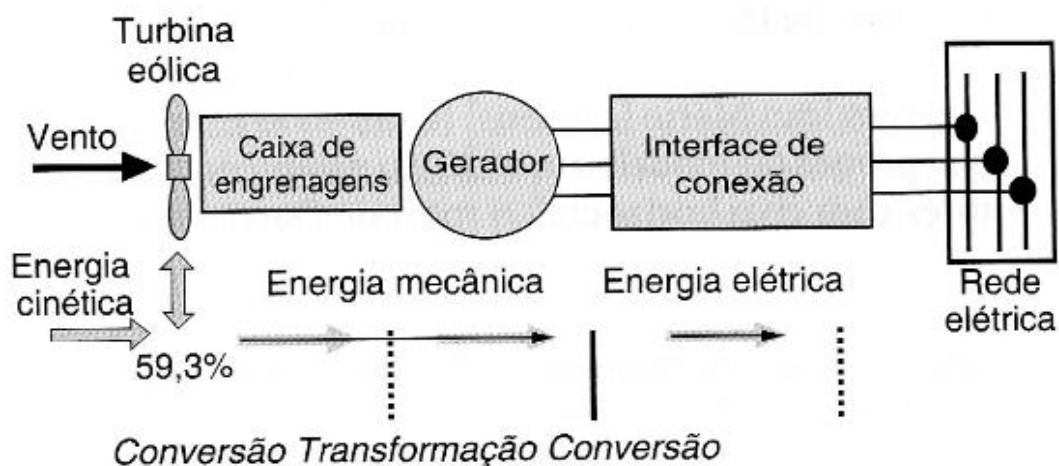


Figura 7 - O princípio da conversão da energia cinética do vento em energia elétrica
Fonte: Pinto (2013)

As turbinas eólicas são classificadas em relação a sua forma construtiva em turbinas de eixo horizontal ou turbinas de eixo vertical.

Dentre algumas vantagens das turbinas de eixo vertical como o fato de não precisarem de controle de ajuste para mantê-las na direção do vento e a facilidade de se levar o maquinário pesado contido na nacela ao solo, facilitando assim a manutenção, diversos aspectos negativos fazem com que o uso das turbinas seja majoritariamente as de eixo horizontal. Desta forma, o presente trabalho, sempre que citado informações de turbinas, irá se referir as de eixo horizontal (PINTO, 2013).

As turbinas apresentam um sofisticado sistema de controle que permite otimizar os ganhos de energia posicionando o rotor num plano perpendicular a velocidade do vento. Em caso de velocidades muito altas, acima de 25 m/s, há controles de frenagem, que podem ser *Stall* ou *Pitch*. No controle por *stall*, em altas velocidades de vento, há um desprendimento do fluxo de vento no perfil aerodinâmico, gerando vórtices e assim aumentando o arrasto e diminuindo a velocidade angular ou rotação (WENZEL, 2007).

Seguindo, no controle por *pitch*, existe um sistema que gira as pás posicionando-as perpendicularmente ao vento, diminuindo a sustentação aerodinâmica e, conseqüentemente, a rotação do rotor. Esta metodologia, apesar de mais complexa, é a mais utilizada por permitir maiores ganhos de energia sendo menores os esforços de transmissão (WENZEL, 2007).

Destaca-se como principal componente de uma turbina eólica, os aerogeradores, que são equipamentos para produção de energia elétrica a partir da energia cinética dos ventos (LOPES, 2012).

Com o passar do tempo, estes equipamentos estão cada vez maiores para melhor aproveitamento do vento e aumento de sua eficácia, o que significa equipamentos mais robustos de maior diâmetro e potência (GARBE, MELLO, TOMASELLI, 2011).

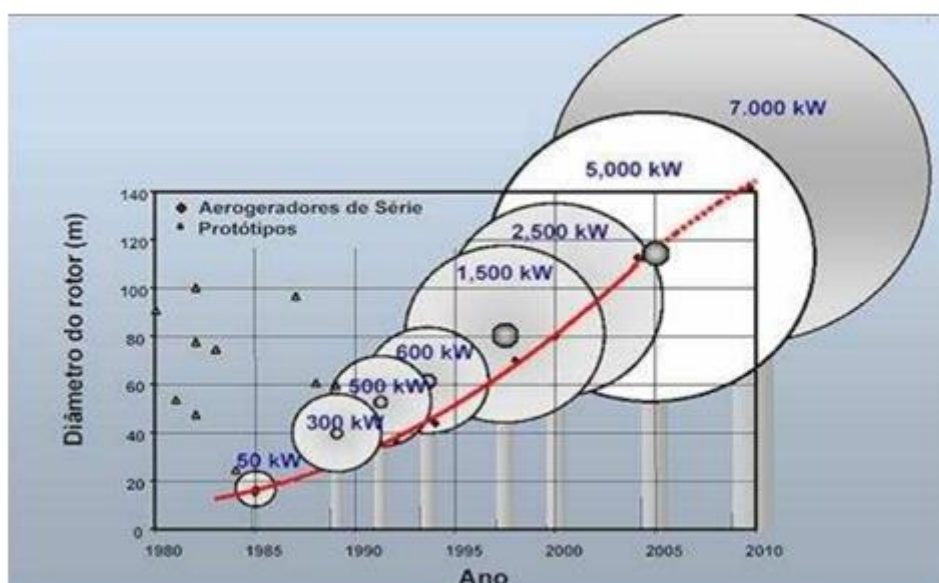


Figura 8 - Potência em Função do Diâmetro do Rotor
Fonte: Garbe *et al.* (2011).

Uma possível divisão dos aerogeradores é proposta pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2019). De acordo com essa Agência, um aerogerador pode ser subdividido em seus 6 elementos principais que são: torre, pás, cubo do rotor, eixo, nacele, gerador, e dependendo da tecnologia, caixa de engrenagem.

Seguindo a classificação da ABDI (2019), há outras divisões possíveis, abertas a maiores detalhamentos dentre os componentes. Assim, o rotor compreende as pás, o cubo, os rolamentos e os mecanismos de controle. Já o trem de acionamento constitui-se do eixo principal, dos sistemas de freios, e, se se houver uma caixa de engrenagem isso implica que haverá também um eixo secundário. Ademais há também a nacelle decomposta em: carenagem em fibra; guinada ou sistema de Yaw; peças estruturais e equipamentos auxiliares. Há ainda o sistema de força elétrica que contém um gerador; um conversor ou inversor (em alguns casos); além de os cabos internos e um transformador. Por fim, há a torre propriamente dita, considerada como uma unidade sem subdivisão.

Abaixo segue um breve descritivo sobre as principais funcionalidades e aspectos técnicos dos equipamentos envolvidos na geração eólica. Esses equipamentos são analisados para avaliação de risco e exposição de contratos de seguros no capítulo 3.

(I) Torres

Conforme Pinto (2013), as torres são as bases de sustentação da geração eólica. Tais torres podem ser de dois tipos: (i) treliçadas, que são feitas em aço; ou (ii) tubulares cônicas, as quais podem ser em aço ou em concreto.

Para a construção das torres com segurança, o correto dimensionamento das fundações e preparação do terreno é essencial. Após a escolha do local do parque, é feito o estudo dos solos que determinam qual a melhor fundação a ser executada, para que o peso do conjunto torre e turbina seja devidamente suportado, inclusive em condições mais adversas, bem como a correta drenagem do terreno, evitando danos consequentes de alagamentos (PINTO, 2013).

Com o histórico de chuvas é tomada a decisão do período de recorrência (registro do índice pluviométrico em determinada região por um período) que o projeto irá utilizar. Esse período de recorrência pode expor o empreendimento em dois sentidos: um período de recorrência menor torna o projeto e execução das drenagens com custos reduzidos, impactando no valor final do projeto. Em contrapartida, expõem

o local a possíveis alagamentos, principalmente se for considerado os picos de chuva que vêm atingindo níveis muito superiores as médias históricas (PINTO, 2013).

As características das torres influenciam diretamente no desempenho da turbina eólica, já que a escolha da altura ideal para o local escolhido é primordial para que se atinja a maior eficácia possível, bem como desempenham também uma escolha importante de custo, considerando que as torres chegam a representar até 25% do custo total do aerogerador. O tipo de material também possui um peso bastante importante no valor da torre (ABDI, 2019).

Ainda conforme a ABDI (2019), foi comparado os valores dos insumos de 2014 e 2017, concluindo que o aço nacional é o insumo mais caro em relação a fornecedores no exterior, com uma diferença de 30% em média. Atualmente uma torre tubular cônica, que é mais utilizada em alturas de até 100 metros, pode ser feita com a mistura de materiais, aço e concreto, de forma que seja mais eficaz e mais barato.

Outro importante aspecto a ser considerado nas torres eólicas, é em relação a logística, principalmente quanto à movimentação dentro do próprio canteiro de obras e o programa de *rigging* (programa de içamento), a ser executado por profissionais com experiência no setor. O içamento de peças que podem pesar próximo de 900 toneladas (no caso das torres de concreto), deve ser completamente programado, com estudos que envolvem condições climáticas (os ventos também devem ser estudados e medidos para que não haja acidentes durante o içamento), bem como o correto dimensionamento dos equipamentos móveis e estacionários a serem utilizados e a devida preparação de terreno, para que as bases de sustentação destes equipamentos, suportem em conjunto o peso içado (ABDI, 2019).

Destaca-se também a distância para a instalação entre as torres, de forma que um aerogerador não interfira no funcionamento dos demais equipamentos. Conforme Garbe *et al.* (2011), a absorção de energia cinética reduz a velocidade do vento a jusante do disco do rotor gradualmente e essa velocidade recupera-se ao misturar-se com as massas de ar predominantes do escoamento livre. Uma esteira helicoidal de vórtices é resultante das forças de sustentação aerodinâmica nas pás do rotor, que também gradualmente dissipa-se.

Diversos fatores interferem na escolha do distanciamento mais eficaz entre as torres. Dentre esses fatores destacam-se: (i) a velocidade do vento; (ii) as condições de operação da turbina; (iii) a rugosidade do terreno; e (iv) a condição de estabilidade térmica vertical da atmosfera. Porém, de modo geral, estipula-se como segura a instalação de novas turbinas da ordem de 10 vezes o diâmetro “D”, se instalada a jusante, e de 5 vezes “D”, caso seja instalada ao lado, em relação ao vento predominante, conforme demonstrado na Figura 9 (GARBE *et al.*, 2011).

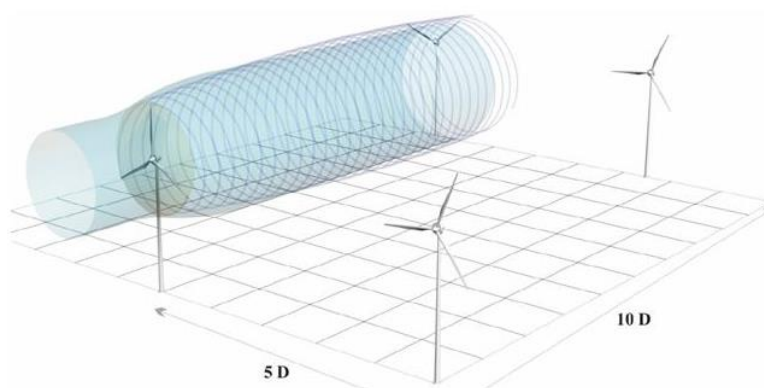


Figura 9 - Distância Segura para Instalação de aerogeradores através da sinalização do eixo helicoidal
Fonte: Garbe *et al* (2011).

(II) Pás

As pás são consideradas como componentes de maior representatividade em relação ao desempenho de um aerogerador e envolvem um elevado custo. De fato, as pás representam o segundo componente de maior custo no aerogerador. Feitas de fibra de vidro ou de carbono, com plástico reforçado ou madeira com epóxi, possuem diversas particularidades em seu projeto e confecção (PINTO, 2013).

Tais particularidades englobam o formato geométrico da pá. Para o seu desenvolvimento são utilizadas metodologias vindas de tecnologias aeronáuticas, um exemplo é o conceito da solidez de um rotor, que é a razão entre a área total da pá e a área varrida pela pá. Em uma turbina eólica, as pás descrevem a área circular varrida, que determina a potência do vento que é capturada (PINTO, 2013).

Desta forma, a partir do momento que se conhece a velocidade relativa que atua em cada elemento de pá, é possível determinar o ângulo de ataque e calcular as forças aerodinâmicas da turbina (WENZEL, 2007).

O projeto também deve considerar, além do formato, a quantidade de pás a ser utilizada. Uma pá girando no espaço que já foi ocupado por outra corta um ar perturbado e, desta forma, reduz a velocidade do rotor. Entretanto, um maior número de pás aumenta o torque sobre o eixo do rotor. Portanto, quanto menor for o número de pás, mais rápido o rotor gira (LOPES, 2012).

Seguindo este raciocínio, para a geração de energia elétrica é necessário alta velocidade e baixo torque, ou seja, uma turbina com poucas pás. O usual são as turbinas de três pás, que possuem movimento suave e estável, com a redução do nível de ruídos e vibrações se comparados com a utilização de duas pás (LOPES, 2012).

As pás representam em torno de 22% do custo de um aerogerador, com dimensões que variam conforme cada projeto, mas como média, pode-se pensar em medidas de 30 a 70 metros de comprimento. O tamanho das pás traz um desafio no transporte destas peças até o canteiro de obras (ABDI, 2019).

Caminhões específicos devem ser utilizados para este transporte, além de restrições de horários e necessidade de escolta. Os custos aqui envolvidos são somados ao custo de fabricação da pá propriamente dito, além do devido planejamento em relação ao prazo de entrega destes componentes na obra, que também acarretam gastos adicionais em caso de atrasos (ABDI, 2019).

Ainda conforme ABDI (2019), outro aspecto de transporte importante para se ressaltar, é a de que os complexos eólicos são muitas vezes construídos em locais de acesso reduzido. Mais fatores a serem somados no custo total, considerando a necessidade de se construir novos caminhos rodoviários até o canteiro para a chegada de peças de grande porte, além da necessidade de se estudar os traçados de estrada próximos, que saem do âmbito de rodovias e podem apresentar situações agravadas para o transporte seguro (asfalto de péssima qualidade ou inexistente).

(III) Cubo do rotor

O cubo é uma peça única de ferro fundido, de alta precisão de fundição e usinagem, construída com liga de alta resistência. O cubo acomoda os rolamentos para fixação das pás e os mecanismos e motores para o ajuste do ângulo de ataque das pás – o sistema de passo (*pitch*). O sistema de passo pode ser basicamente de dois tipos: hidráulico e elétrico. O sistema pás e cubo respondem então por 10 a 14% do peso do aerogerador e por 20 a 30% do custo da máquina ABDI (2019).

(IV) Eixo

O vento aciona a turbina eólica, que por sua vez transmite energia mecânica ao eixo, que consequentemente movimenta o gerador. Esse eixo principal é construído em aço ou liga metálica de alta resistência. O sistema do eixo principal é composto pelo rolamento, pelo eixo e pelo sistema de lubrificação/lubrificantes (ABDI, 2019).

(V) Nacele

Nacele é a carcaça montada sobre a torre, com formato e tamanho que variam de acordo com as formatações possíveis, onde se situam o gerador, a caixa de engrenagens (se houver), todo o sistema de controle, medição de vento e motores para rotação do sistema para o melhor posicionamento em relação ao vento (AMARANTE *et al.*, 2001).

Dentre estes dispositivos montados dentro da nacele, cita-se o chamado dispositivo *yaw*, que é composto por um motor (*yaw motor*) e um atuador (*yaw drive*), que mantém a face do rotor voltado para a direção do vento, com a função de alinhar a turbina com o vento. Por sua vez, o motor é responsável pelo movimento da nacele, que gira sobre a torre com auxílio do rolamento principal.

Segundo Lopes (2012), além de proteção ao conjunto, também abriga acessórios de manutenção e permite o acesso de técnicos em seu interior.

(VI) Gerador

É o equipamento responsável pela produção de energia elétrica, sendo que o aerogerador pode utilizar de dois tipos, síncronos ou assíncronos.

A utilização de geradores assíncronos, que também são chamados de geradores de indução, possui vantagens como mecânica mais simplificada e robustez, tendo sua produção realizada em larga escala. Porém, conforme Pinto (2013), a maior desvantagem é devido ao fato de que o estator necessita de uma corrente reativa de magnetização. Não possuem campo de excitação e podem apresentar problemas de corrente de partida e com o controle de potência reativa. Os geradores assíncronos rodam com uma velocidade maior que à velocidade do sincronismo, existindo escorregamento do rotor em relação ao campo girante.

Já os geradores síncronos, cuja velocidade de rotação é constante e sincronizada com a frequência da tensão de alimentação da rede, independentemente assim da carga, são mais amplamente utilizados. Conforme Barros & Varella (2015), são possíveis dois tipos de excitação de campo: excitatriz independente, por baterias ou excitatriz acoplada à rotação do eixo com campo de ímã permanente. As vantagens deste tipo de gerador vão desde a possibilidade de altas potências para sua fabricação, alta eficiência (em torno de 98%) e de principal desvantagem a necessidade de haver regulador de voltagem acoplado ao campo.

(VII) Caixa de engrenagem

Também conhecida como caixa multiplicadora, é onde ficam eixos, mancais, engrenagens de transmissão e acoplamentos e tem a finalidade de transmitir a energia mecânica entregue pelo eixo do rotor (baixa velocidade) até o gerador (velocidade e rotação mais elevada) (ABDI, 2019).

A velocidade angular dos rotores, geralmente varia na faixa de 20 a 150rpm, devido às restrições de velocidade na ponta da pá (*tip speed*). Entretanto, geradores (sobretudo geradores síncronos), trabalham em rotações muito mais elevadas (em geral entre 1.200 a 1.800 rpm), tornando necessária a instalação de um sistema de multiplicação entre os eixos (ABDI, 2019).

Há modelos de aero geradores que não utilizam mais a caixa de engrenagem, utilizando no lugar, geradores multipolos de baixa velocidade e grandes dimensões. Há muitos aspectos a serem avaliados na utilização ou da caixa de engrenagens, mas destaca-se como pontos negativos os custos (representa cerca de 13% do custo da nacelle), é um item que necessita de manutenção intensiva, portanto acaba se tornando uma fonte possível de falhas, exige o uso de um sistema hidráulico com bombas, trocadores de calor e sistemas de comando para lubrificação e refrigeração (ABDI, 2019).

2.3 Etapas e Custos Envolvidos na Implantação

(I) Etapas na Implantação de Parques Eólicos

Dentre as diversas etapas a serem consideradas para a implantação de um parque eólico, considerando as obras civis e instalação e montagem não somente dos equipamentos citados acima, bem como dos demais equipamentos necessários para a completa operação, um tópico essencial para o correto planejamento é o gerenciamento de tempo.

Segundo Santos (2018), fatores como mudança de escopo com o projeto já em execução e indefinições, geram atrasos na entrega final do projeto que podem levar a perdas de lucro com resultados catastróficos. E, além dos processos com decisões que são tomadas internamente, há que ser considerados os prazos de assuntos inerentes a construção dos complexos eólicos, que dependem muitas vezes de órgãos públicos.

Dentre as etapas que fogem do controle do empreendedor, cita-se: medição anemométrica com prazo mínimo de 3 meses; licenciamento ambiental cuja duração varia de 6 a 12 meses por etapa (Licença Prévia – LP, Licença de Instalação – LI e Licença de Operação – LO) que dependem da complexidade e cuja legislação varia de estado para estado; quando é necessário realizar mudanças por algum motivo técnico, é estimado o tempo de 8 a 16 meses para a validação com a ANEEL, dependendo da quantidade de processos em análise pela agência; parecer de acesso que demora de 6 a 12 meses para o aceite da ONS; são estimados 12 meses para a contratação de um financiamento de longo prazo; a construção de um transformador

elevador leva cerca de 12 meses; para se construir uma linha de transmissão de 50km é considerado um prazo mínimo de 12 meses e finalmente, para a construção do complexo eólico como um todo, é estipulado o prazo entre 10 a 15 meses (SANTOS, 2018).

Considerando os prazos também de obras, a Figura 10 mostra as etapas principais para a total implantação de uma usina eólica no Brasil (SILVA *et al.*, 2015).

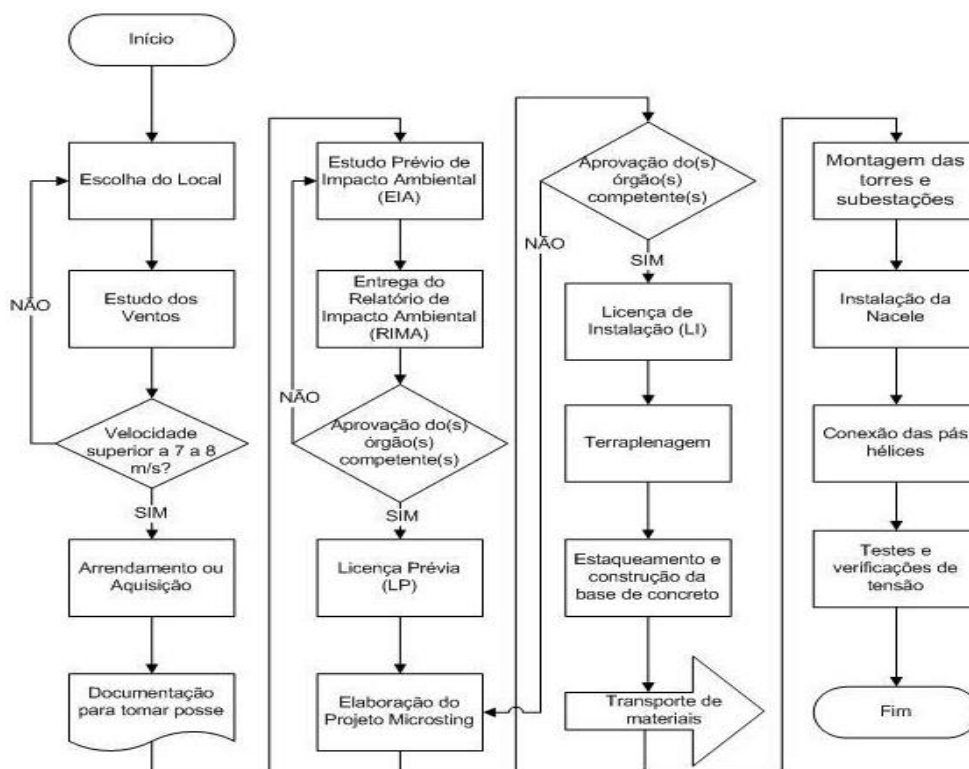


Figura 10 - Fluxograma de Implantação de uma Usina Eólica no Brasil
Fonte: Silva *et al.* (2015).

Após as ponderações de local e estudo dos ventos, já citadas nesta monografia, é necessário a avaliação do terreno onde será construído o parque, no qual é feito ou o arrendamento ou a compra do terreno. Quando arrendado, o proprietário do terreno recebe uma porcentagem em relação ao faturamento bruto da usina localizada no mesmo (*royalties*) e um pagamento fixo pelos hectares ocupados. É usual, entretanto, que o terreno possa continuar com outras atividades como a criação de animais ou plantio mesmo com as torres eólicas nele situadas (STAUT, 2016).

Já quando ocorre a aquisição, o novo proprietário fica responsável pelo terreno como um todo. Assim, ele possui os mesmos direitos dos proprietários que arrendam

seus terrenos, geralmente negociando o terreno por um período de 25 a 30 anos, renováveis, sem custos (STAUT, 2016).

Outro passo de grande importância é a obtenção dos licenciamentos ambientais. Em relação a tais licenciamentos, as exigências seguem na direção de minorar os impactos negativos na construção e operação dos parques, mas que também ensejam em contrapartida, custos e principalmente maior tempo para a execução dos projetos.

O estudo prévio de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ambiental (RIMA) são instrumentos da política brasileira do meio ambiente, instituídos pela Resolução 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, que conceitua impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia e resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam a segurança, a saúde, o bem-estar, as atividades socioeconômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias e a qualidade dos recursos ambientais (PINTO, 2013).

Conforme Art. 2º a Resolução Conama nº 1, de 12 de janeiro de 1986: “dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como: (...) XI – Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW.

O EIA é o conjunto de estudos com dados técnicos detalhados que identifica os problemas ambientais e seus respectivos graus de magnitudes, possibilitando a criação de medidas e ações de prevenção para mitigação de riscos. O RIMA é um relatório que descreve todas as conclusões obtidas no EIA de forma clara e objetiva, descrevendo as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implantação (SILVA *et al.*, 2015).

A avaliação de impacto ambiental (AIA), formalmente introduzida em 1980 pela Lei Federal 6.803/80 e posteriormente ampliada em seu escopo através da criação do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), é dividida em três níveis, conforme

a legislação brasileira, sendo: a Licença Prévia (LP), que contém os requisitos para localização, instalação e operação, observando-se os planos municipais, estaduais e federais de uso do solo (prazo até 5 anos); a Licença de Instalação (LI), que autoriza o início da implantação do projeto (prazo de até 6 meses); e por último, a Licença de Operação (LO), que autoriza o início das atividades licenciadas e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição (prazo de 04 a 10 anos). A Figura 11 demonstra as etapas do processo de obtenção de um licenciamento ambiental (PINTO, 2013).

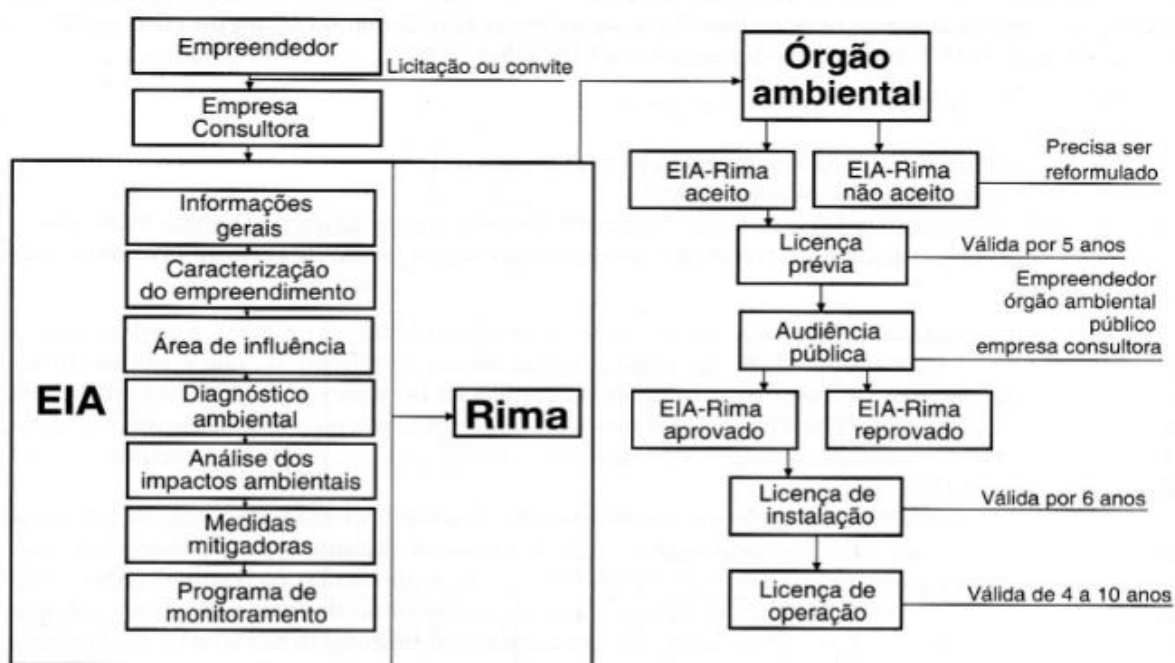


Figura 11 - Etapas do processo de obtenção de um licenciamento ambiental
Fonte: Pinto (2013).

Após estes procedimentos, é que são efetivamente iniciados os serviços de construção dos parques eólicos, que possuem uma vantagem mediante outras fontes de geração de energia. Uma usina eólica demanda aproximadamente, apenas 18 meses para sua construção, sendo colocada em operação mais rapidamente que projetos hidrelétricos e termelétricos (RIBEIRO, 2017).

(II) Custos de Implantação

Conforme Lopes (2012), um aspecto fundamental para que a energia eólica seja competitiva, tanto quanto a eficiência de seus equipamentos e mesmo considerando todos os aspectos positivos de localização e ventos favoráveis, são os custos envolvidos tanto para a implantação, quanto para a operação e manutenção, usualmente chamado de O&M.

Os custos para geração de energia eólica caíram de forma acentuada ao longo dos últimos anos. Entre 1990 e 2002, a capacidade de energia eólica mundial duplicou de três em três anos, e a cada duplicação os custos diminuíram em 15% (LOPES, 2012).

No Brasil, de 2006 a 2015 foram investidos cerca de US\$ 80 bilhões em energias renováveis, sendo que cerca de 35% foi direcionado para o segmento eólico, com um investimento acumulado de 1998 a 2015 somando US\$ 28 bilhões (SEBRAE, 2017).

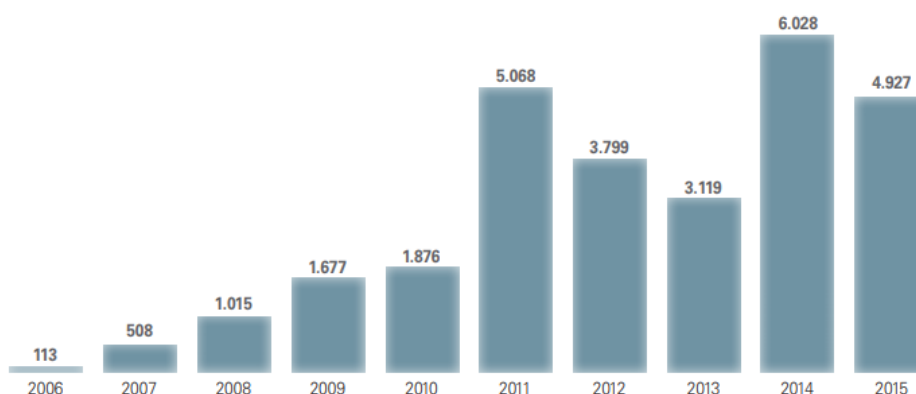


Gráfico 1 - Investimentos em Energia Eólica no Brasil (US\$ Milhões)
Fonte: SEBRAE (2017)

A composição do investimento de um parque eólico durante a construção, está distribuída de forma simplificada nos custos de projeto, infraestrutura, equipamentos, financeiros e linhas de transmissão, que incidem no empreendimento conforme demonstrado na Figura 12 (CPFL, 2015).

Custos	Participação no Custo Total - %	Custo em R\$/kW instalado
Projeto	5,0	216,0
Infraestrutura	15,0	646,00
Equipamentos	60,0	2.588,00
Financeiros	13,0	561,00
Linhas de Transmissão	7,0	302,00
TOTAL	100,0	4.313,00

Figura 12 - Decomposição dos custos – Parque eólico
Fonte: CPFL (2015)

Como se pode observar, os custos com equipamentos são os mais significativos. O custo da energia produzida por um aerogerador depende do custo inicial de investimento (como custos da turbina, dos terrenos, da construção civil e da ligação à rede), somado em sua grande maioria dos projetos, ao custo do financiamento bancário e os custos de operação e manutenção ao longo da vida CPFL (2015).

O elevado custo fixo inicial de um aerogerador, significa que é imprescindível maximizar a utilização do equipamento, por exemplo através de uma boa manutenção para garantir uma longa vida útil (LOPES, 2012).

Tabela 3 – Custo relativo por componente de um aero gerador

Componente	Custo relativo
Pás	23,30%
Torre	18,90%
Transmissão	16,20%
Conversor de potência	7,30%
Controle de passo	3,90%
Transformador	3,60%
Gerador	3,40%
Rotor (cubo de pás)	3,00%
Outros	20,40%

Fonte: Lopes (2012)

Os custos de operação e manutenção são, portanto, os gastos mais significativos. Considera-se que os custos de O&M de um parque eólico, são da ordem de 2% do custo do capital de uma usina eólica no Brasil, que representa um valor em torno de R\$ 84.000/MW a cada ano (RIBEIRO, 2017).

Uma turbina, durante seus primeiros dois anos de vida útil, está coberta geralmente pela garantia do fabricante. Os custos com O&M representam uma parte considerável do custo total anual da turbina, podendo chegar, em turbinas novas, facilmente a 25% do percentual total do custo por kw produzido ao longo da vida útil da turbina. Se a turbina for seminova, o compartilhamento pode ser apenas de 10-15%, podendo aumentar para o mínimo de 20-35% ao fim de sua vida útil. Os custos com O&M estão relacionados aos custos de alguns componentes como seguro, manutenção regular, administração, peças de distribuição e reparos (PINTO, 2013).

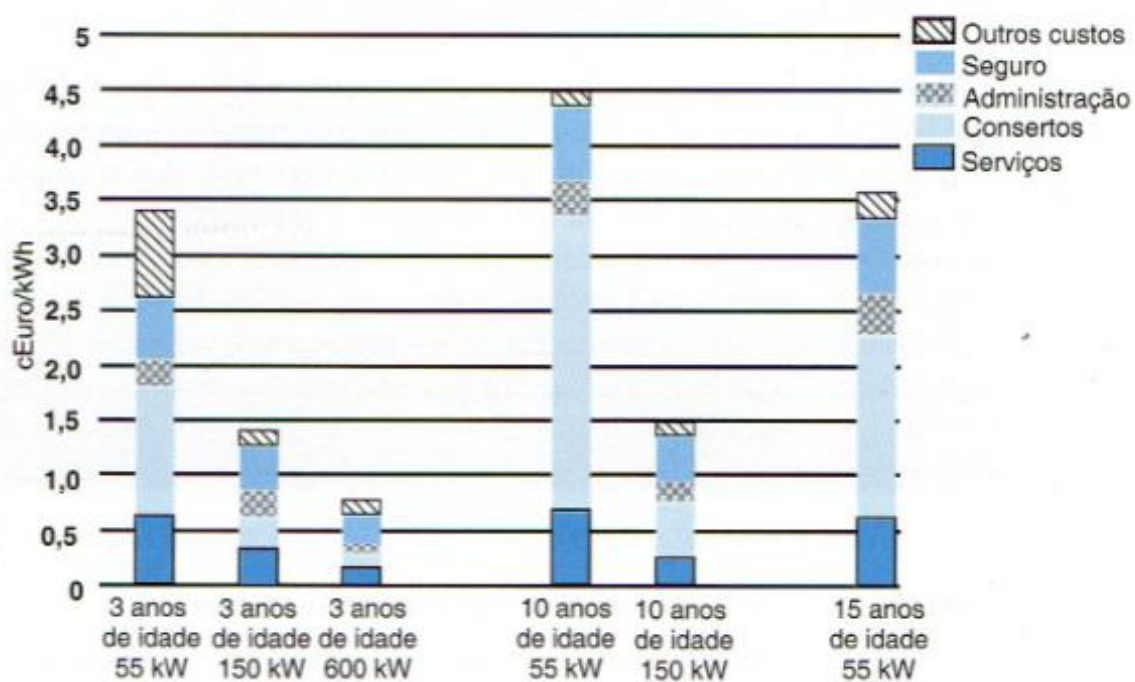


Figura 13 - Custos com O&M relacionados com a idade e a potência de turbinas eólicas
Fonte: Pinto (2013)

A manutenção e reparo dos componentes de uma turbina eólica podem ter alta representatividade de gastos. As caixas de engrenagem, por exemplo, são equipamentos que apresentaram historicamente defeitos com apenas 5 anos de operação, gerando custos com o tempo de parada com o conserto, aluguel de guindaste para substituição do equipamento, entre outros gastos que podem representar, numa turbina de 1,5MW, mais de US\$ 250 mil para o operador, sendo aproximadamente 10% do custo da construção e instalação da turbina eólica. Abaixo, os percentuais associados a vários componentes de uma turbina eólica no que se refere a sua manutenção e reparação (PINTO, 2013).

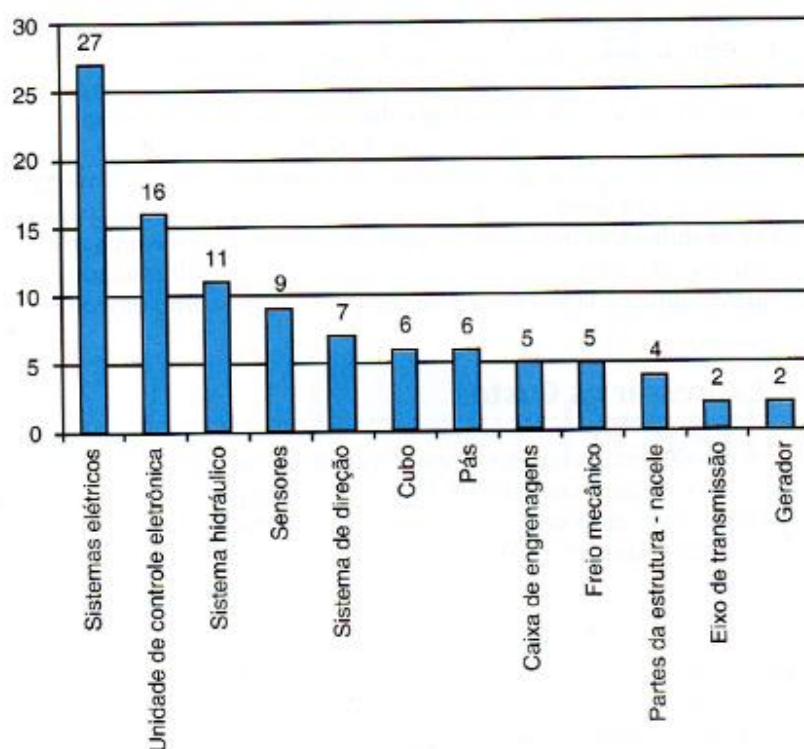


Figura 14 - Percentual de consertos e manutenções necessárias no uso de turbinas eólicas
Fonte: Pinto (2013)

Já os custos financeiros, que representam na fase de construção, de certa forma, o custo de oportunidade de capital referente ao que está sendo investido e variando conforme o cronograma de desembolso do investimento, modificam dependendo das procedências dos recursos financeiros (CPFL, 2015).

Após a adoção do PROINFA, o Banco Nacional de Desenvolvimento – BNDES, instituiu outras políticas de fomento do setor eólico, financiando a custos subsidiados. Até o início de 2017 havia 10.535MW de capacidade instalada no Brasil, sendo que o BNDES contribuiu para o financiamento que totalizou um montante de aproximadamente R\$ 22,5 bilhões desembolsados de um total de R\$ 31 bilhões em financiamentos aprovados. O investimento total dos projetos com recursos aprovados pelo BNDES é de R\$ 42,4 bilhões, que indica uma composição média de 73% de recursos do banco e 27% de recursos dos próprios acionistas (SEBRAE, 2017).

Segundo (CPFL, 2015), os custos financeiros modificam muito dependendo das procedências dos recursos financeiros, mas de maneira geral as condições de financiamento mais comuns são: 20% do investimento de capital próprio e 80% do investimento de capital de terceiros e:

- Prazo de financiamento de 17 anos;
- Carência do financiamento: 12 meses após a operação comercial;
- Taxa de juros a longo prazo: 6,5% a.a.;
- Spread básico: 1,0% a.a.;
- Spread de risco: 1;0% a.a.;
- Índice de cobertura do serviço da dívida: 1,2.

Além do BNDES, o Banco do Nordeste do Brasil – BNB também é de grande importância para o financiamento de projetos eólicos. Embora sua atuação seja restrita à região Nordeste, existem condições para que um volume significativo de projetos seja apoiado por ele. Com suas atividades iniciadas em 2005, ainda com projetos do PROINFA, o BNB destinou um volume total de recursos superior a R\$ 3 bilhões, apoiando 39 projetos presentes na região nordeste (SEBRAE, 2017).

Ainda segundo (SEBRAE, 2017), uma importante fonte para complementação dos recursos são as debêntures de infraestrutura, que foram instituídas em 2011 através da Lei 12.431. O objetivo desse instrumento é a ampliação dos recursos disponíveis para projetos avaliados como prioritários no desenvolvimento da infraestrutura nacional.

3. SEGUROS APLICADOS À INFRAESTRUTURA EÓLICA

Neste capítulo é realizada uma revisão da literatura sobre o que é o ramo de seguros e o papel que as apólices contratadas podem desempenhar na sociedade. Também são apresentados os conceitos básicos das áreas de riscos de engenharia e riscos operacionais de parques eólicos, que são, respectivamente, os seguros contratados para a garantia das obras e para a garantia dos bens já em operação.

O significado da palavra “seguro” é “correto”, ou seja, aquilo sobre o que não há dúvida. Como o próprio nome diz é a busca da certeza, da segurança, da previsibilidade e, conseqüentemente, da redução dos riscos (LIMA, 2018).

Ainda conforme Lima (2018), no contexto mais restrito, “seguro” é um contrato no qual uma parte (chamada de *segurado*) quer proteção de um interesse seu, que se dá através de um pagamento (*prêmio*) a uma segunda parte (chamada de *seguradora*), que assume a obrigação de ressarcir a outra no caso de uma ocorrência indesejada.

Apólices de seguros desempenham papéis que vão além de pagamentos de indenização em casos de acidentes, usualmente chamados de *sinistros*. O seguro surge do interesse que diz respeito àquele que busca proteção, relativamente a bens da vida ou mesmo à própria vida, ou à vida de um terceiro (TZIRULNIK, 2015).

Desta forma, as apólices acabam transcendendo o âmbito puramente individual e desempenhando também relevância econômica. Em um mundo de transformações cada vez mais profundas e rápidas nas mais diferentes esferas, seja no mercado de trabalho, nos avanços da tecnologia, seja até mesmo diante das mudanças climáticas, os seguros podem auxiliar em diferentes aspectos. Dentre eles podem ser citados: (i) na estabilização da renda e da riqueza incentivando a geração de poupança e investimento; (ii) no auxílio ao desenvolvimento da economia; e (iii) no crescimento econômico sustentável (CNSEG, 2017).

Os seguros estão presentes nos mais diversos âmbitos da vida social e em atos do dia a dia, como alugar um apartamento, dirigir um carro, administrar um negócio, prestar um serviço ou fazer uma viagem. Por exemplo: uma pessoa que aluga um

apartamento deseja ter uma garantia caso o imóvel seja devolvido em mau estado ou o inquilino não pague aluguel em dia (TZIRULNIK, 2015).

Segundo Tzirulnik (2015), do mesmo modo, construtoras e empreiteiras buscam obter maior segurança nos seus negócios com a utilização de seguros, numa tentativa de blindar tais negócios contra os prejuízos causados por acidentes que dificilmente poderiam ser previstos.

As apólices são, assim, também essenciais em operações de maior complexidade e que envolvem grandes riscos, como a construção de uma linha de metrô, de uma usina hidrelétrica, de um parque eólico ou de uma fábrica qualquer. Adicionalmente, os seguros são, de modo geral, itens obrigatórios para se obter crédito, financiamentos bancários e participação em concorrências (TZIRULNIK, 2015).

A história do seguro remonta a séculos antes de Cristo, quando as caravanas atravessavam os desertos do Oriente para comercializar camelos e os cameleiros firmavam um acordo de que pagariam pelos animais que morressem no caminho. No ramo de navegação, havia a aplicação do princípio de seguros entre os fenícios, o qual um acordo era firmado para que, caso um navegador perdesse seu navio, os demais navegantes da mesma viagem pagariam um navio novo a ele (TUDO SOBRE SEGUROS, 2019).

Com a intensificação do comércio marítimo após o século XVI, pequenos comerciantes começaram a ter, cada vez mais, acesso às navegações. Passou a ser imprescindível a criação de mecanismos de proteção ao comércio, surgindo daí o Contrato de Seguro Marítimo, no qual passou a existir a figura do segurador que assumia o risco financeiro de uma operação, mediante o pagamento de um valor (LIMA, 2018).

Surge no século XVII o *Lloyd's of London*, importante representante em Seguros. O *Lloyd's of London* não era uma companhia ou corporação, mas funcionava, e funciona até os dias de hoje, como uma “bolsa de seguros”, na qual praticamente tudo pode ser segurado pelos *operadores de risco*. Tais operadores, por sua vez, podiam ser indivíduos ou outras corporações que funcionam como

resseguradoras, diluindo o risco da instituição principal ofertante da apólice (LIMA, 2018).

No Brasil, a atividade seguradora começou em 1808 com a abertura dos portos ao comércio internacional. A primeira sociedade de seguros a funcionar no país foi inaugurada em 24 de fevereiro de 1808 e era chamada “Companhia de Seguros Boa-Fé”, cujo objetivo era operar no segmento de seguro marítimo (SUSEP, 1997).

O aparecimento de outras seguradoras que passaram a operar com seguros terrestres e posteriormente seguro de vida, além dos seguros marítimos, ocorreu com o advento da Lei nº 556, de 1850, por meio do Código Comercial Brasileiro (TUDO SOBRE SEGUROS, 2019).

O mercado segurador brasileiro alcançou um desenvolvimento satisfatório no final do século XIX, quando várias seguradoras estrangeiras com experiência se instalaram no Brasil (SUSEP, 1997).

Quem exerceu um papel crucial para o desenvolvimento do mercado de seguros no Brasil, foi o ressegurador nacional chamado Instituto de Resseguro do Brasil – IRB. Ao ser fundado em 1939, o IRB instaurava o monopólio, administrando as seguradoras que aqui operavam, para desta forma maximizar a retenção dos riscos no Brasil e consequentemente manter os prêmios correspondentes, reduzindo a cessão para o exterior (MELLO, 2015).

O IRB fornecia as tarifas obrigatórias para todas as seguradoras, além de impor os clausulados e opções de contratação. Somente com o sancionamento da Lei Complementar 126/07 de 15 de janeiro de 2007, que ocorreu o fim do monopólio e com a abertura do mercado diversos grupos resseguradores internacionais começaram a investir no Brasil (MENDONÇA, 2017)

Outra data importante para o mercado segurador foi a criação da Superintendência de Seguros Privados – SUSEP. Em 1966, através do Decreto-lei nº 73, a SUSEP foi instituída com o objetivo de ser o órgão responsável pelo controle e fiscalização dos mercados de seguro, previdência privada aberta, capitalização e resseguro, garantindo também os direitos do consumidor (SUSEP, 1997).

Ramos de seguros		
	Grupos	Características Gerais
1	Patrimonial	Seguros contra incêndio, roubo de imóveis bem como os seguros compreensivos residenciais, condominiais e empresariais
2	Riscos Especiais	Seguros contra riscos de petróleo, nucleares e satélites
3	Responsabilidades	Seguros contra indenizações por danos materiais ou lesões corporais a terceiros por culpa involuntária do segurado
4	Cascos (em "run off")	Seguros contra riscos marítimos, aeronáuticos e de hangar
5	Automóvel	Seguros contra roubos e acidentes de carros, de responsabilidade civil contra terceiros e DPVAT
6	Transporte	Seguros de transporte nacional e internacional e de responsabilidade civil de cargas, do transportador e do operador
7	Riscos Financeiros	Seguros diversos de garantia de contratos e de fiança locatícia
8	Crédito (em "run off")	Seguros de crédito a exportação e contra riscos comerciais e políticos
9	Pessoas Coletivo	Seguros coletivos de vida e acidentes pessoais, vida com cobertura para risco de sobrevivência, prestamista e educacional
10	Habitacional	Seguros contra riscos de morte e invalidez do devedor e de danos ao imóvel financiado
11	Rural	Seguros agrícola, pecuário, de florestas e penhor rural
12	Outros	Seguros no exterior e de sucursais de seguradoras no exterior
13	Pessoas Individual	Seguros individuais de vida e acidentes pessoais, vida com cobertura para risco de sobrevivência, prestamista e educacional
14	Marítimos	Seguros compreensivos para operadores portuários, responsabilidade civil facultativa para embarcações e marítimos
15	Aeronautico	Seguros de responsabilidade civil facultativa para aeronaves, aeronáuticos, responsabilidade civil de hangar e responsabilidade do explorador ou transportador aéreo
16	Microseguros	Microseguros de pessoas, microseguros de danos
17	Saúde	Seguro Saúde

Figura 15 – Ramos de seguros
Fonte: Tudo sobre seguros (2019)

No início de 2019, o mercado nacional possuía aproximadamente 170 empresas abertas e cerca de 95 ramos de seguros oficiais que apresentam grande variedade de detalhamento. Porém, para visualização por menor agrupamento, considera-se os 16 grupos derivados da Circular Susep 455 de 2012, mais o grupo de saúde, que é regulado pela Agência Nacional de Saúde Suplementar – ANS (TUDO SOBRE SEGUROS, 2019).

O lucro líquido do mercado segurador no Brasil em 2018, considerando todos os ramos, foi de R\$ 14,7 bilhões (BUENO, 2019). O prêmio gerado foi da ordem de R\$ 101 bilhões, representando um crescimento se comparado com os prêmios apresentados no ano de 2017 (TERRA BRASIS, 2018).

Destaca-se dentre os grupos acima citados, os prêmios arrecadados em Ramos Elementares que têm por finalidade garantir as perdas, danos ou responsabilidades de “coisas”, de bens (desconsiderando seguro de “pessoas”), que totalizaram R\$ 74,8 bilhões. Somente o seguro Patrimonial, grupo 01 que engloba os ramos de Riscos de Engenharia e Riscos Patrimoniais, totalizaram ao final de 2018 um volume de prêmio emitido no valor de R\$ 11,97 milhões (CNSEG, 2017).



Figura 16 – Arrecadação do mercado segurador por grupo de ramo
Fonte: CNSEG (2019)

3.1 Estrutura do Mercado de Seguros no Brasil

O mercado segurador brasileiro é formado por diversas entidades, algumas das quais já citadas acima, como a SUSEP e o IRB, atualmente denominado IRB Brasil RE. Outras entidades também são de importante conhecimento, para o entendimento da dinâmica deste mercado. Conforme Tudo Sobre Seguros (2019), destacam-se, (i) os resseguradores, (ii) as seguradoras e os (iii) os corretores de seguros e os corretores de resseguros; também é destacado (iv) a estrutura das apólices.

(I) Os Resseguradores

Os resseguradores são conhecidos por fornecer o seguro das seguradoras. Garantem a liquidez das operações das seguradoras e a indenização aos segurados, funcionando como uma estrutura de alavancagem financeira (MDS BRASIL, 2017).

A operação de resseguro é realizada basicamente de duas formas, através de contratos anuais para proteger o portfólio das seguradoras, ou através de um contrato avulso, para proteger uma apólice específica (MDS BRASIL, 2017)

Nos Contratos automáticos com vigências anuais, o resseguro torna quantitativamente homogênea a carteira da seguradora, através do nivelamento uniforme das responsabilidades retidas, sendo que há diversas possibilidades de estruturas (BEZERRA, 2014).

Nos contratos avulsos, a seguradora transfere parte da responsabilidade assumida num risco, com vistas a sua própria proteção, para uma ou mais empresas resseguradoras, fazendo os chamados riscos facultativos (BEZERRA, 2014).

No mercado brasileiro, houve uma grande mudança de estruturação após o término do monopólio, cujo início ocorreu em 15 de janeiro de 2007. A regulamentação do setor determinou a admissão de três tipos de resseguradoras (FENABER, 2019).

A classificação nestas três categorias é determinada conforme o capital social estabelecido no país e de acordo com o limite de responsabilidade que cada ressegurador pode assumir em cada risco específico (MDS BRASIL, 2017). Com o objetivo de incrementar a capacidade das seguradoras, os resseguradores podem operar como ressegurador local, admitido ou eventual (FENABER, 2019).

Conforme FENABER (2019), um ressegurador local tem que atender, dentre as exigências, um capital mínimo de R\$ 60 milhões, mas em contrapartida detém preferência de oferta de riscos por parte das seguradoras. Um ressegurador admitido é obrigado a possuir um escritório físico no Brasil e possuir capital mínimo de R\$ 5 milhões.

Já um ressegurador eventual possui representação legal no país, recebe autorização para operar conforme suas necessidades de negócios no Brasil, porém não possuem vantagens de recebimento de oferta de riscos e está sujeita a limitações impostas pela SUSEP. Há ainda a possibilidade de se realizar retrocessão, que é o repasse de um risco de um ressegurador para outro ressegurador (FENABER, 2019).

O resseguro é um ato jurídico contratual. É um contrato bilateral, já que cria obrigações e benefícios para ambas as partes, aleatório considerando que o risco

ressegurado pode ocorrer ou não e de boa fé, pois essencialmente depende das declarações das partes (BEZERRA, 2014).

(II) Seguradoras

As seguradoras são entidades constituídas sob a forma de sociedades anônimas, assumindo os riscos sob a obrigação de pagar ao contratante (segurado), ou a quem este designar, uma indenização caso ocorra o risco indicado, recebendo para isso o prêmio que estipulou. Possui diversas funções implícitas como auxiliar no gerenciamento de riscos e redução de acidentes nos setores que atua (TUDO SOBRE SEGUROS, 2019).

(III) Corretores de Seguros e Corretores de Resseguros

No mercado brasileiro é usual que haja a figura dos corretores de seguros para intermediação das negociações das apólices. O corretor é um profissional especializado, tecnicamente preparado e legalmente habilitado para promover contratos de seguros entre as seguradoras e os consumidores, sejam pessoas naturais ou jurídicas (TUDO SOBRE SEGUROS, 2019).

A Lei 4.594 de 29 de dezembro de 64 regula a profissão de seguros. Para exercer a profissão é necessário realizar um exame específico para que a SUSEP autorize. No prêmio da apólice, já consta a comissão de corretagem, percentual do prêmio pago para remunerar o trabalho de intermediação, cobrança esta que é obrigatória no Brasil (TUDO SOBRE SEGUROS, 2019).

Assim com os corretores de seguros que atuam buscando melhores condições ao segurado, não somente através de melhores prêmios, mas com coberturas e demais condições que o atendam para seu tipo de negócio e de risco, há também os corretores de resseguros. Também chamados de *brokers* de resseguros, fazem a intermediação em riscos facultativos (APÓLICE, 2019)

Os corretores de resseguros, também mediante o recebimento de uma comissão, fazem a intermediação entre as negociações das seguradoras e das resseguradoras. O objetivo permanece o de buscar as melhores condições e

coberturas, visto que apólices facultativas tendem a ser riscos mais complexos (APÓLICE, 2019).

(IV) Estrutura das apólices

Apólice é o documento que formaliza todas as condições fechadas em um seguro. É, portanto, o instrumento formal do seguro previsto na corrente legislação civil (POTENCIAL SEGURADORA, 2018)

Quando uma seguradora emite uma apólice de seguros, ratifica através do documento todas as cláusulas contratuais, que estabelecem as obrigações e direitos do segurado e do segurador. Dentre as obrigações, ressalta-se o pagamento do prêmio de seguro, sendo este o valor cobrado pela Seguradora para a transferência de risco a ela, incluindo impostos e comissão do corretor (SUSEP, 2019).

Abaixo, serão descritos conforme a SUSEP, os principais tópicos existentes em uma apólice de seguros de danos, as quais cabem os seguros de riscos de engenharia e os seguros do ramo operacional. As condições contratuais, são divididas em três grupos, as condições gerais, as condições especiais ou acessórias e as condições particulares.

As condições gerais, englobam às condições comuns a todas as modalidades e/ou coberturas de um plano de seguro. Há cláusulas obrigatórias como aquelas que estabelecem o objeto do seguro, o glossário, o foro, as obrigações do segurado, a vigência, a franquia e o pagamento de prêmio.

As condições especiais, também chamadas de condições acessórias, especificam as diferentes modalidades de cobertura que pode haver dentro de um mesmo plano de seguro. Podem alterar as condições gerais, tanto ampliando, como restringindo as suas disposições. Consta, por exemplo, as coberturas contratadas em um risco específico.

As condições particulares, são cláusulas escritas após a avaliação do risco segurado especificamente, não se aplicando para todo e qualquer risco de uma determinada modalidade. Podem alterar tanto as condições gerais, como as condições especiais, seja modificando ou cancelando disposições já existentes, seja

introduzindo novas especificações. É quando, por exemplo, é criada uma solicitação diferenciada para cobrir danos decorrentes de alagamento.

3.2 Riscos de Engenharia

Apólices de Riscos de Engenharia cobrem danos materiais ocasionados durante a construção de um parque eólico. A vigência se inicia após a primeira descarga de material no canteiro de obras e fica válida até o término do período de testes dos equipamentos.

O Seguro de Riscos de Engenharia surge após a Revolução Industrial do século XIX, quando floresce o desenvolvimento tecnológico promovido pelo capitalismo industrial. As caldeiras passam a exercer papel fundamental para auxiliar no progresso das indústrias, porém surgem também um motivo de preocupação com os acidentes e a busca para que estes equipamentos possuíssem amparo securitário (TZIRULNIK, 2015).

Com a constante evolução das máquinas, o seguro se expandiu para cobrir danos decorrentes de outros tipos de máquinas além das caldeiras, surgindo assim o denominado seguro de quebra de máquina, primeira modalidade criada no seguro de Riscos de Engenharia (FUNENSEG, 2008).

Foi na segunda metade do século XIX que os industriais passaram a se preocupar com possíveis acidentes que pudessem ocorrer durante a instalação, montagem e testes de equipamentos, que até então não possuíam seguros. Surge através dessa necessidade a segunda modalidade de Riscos de Engenharia, chamada de instalações e montagens (FUNENSEG, 2008).

Esta modalidade foi criada para conceder cobertura para danos acidentais ocorridos durante a fase de instalação e montagem dos equipamentos nas fábricas. Com a evolução na indústria, o seguro foi se adequando com coberturas mais abrangentes e passa a incluir também a cobertura para os acidentes que podem ocorrer durante o período das obras, chamado de seguro de obras civis em construção (FUNENSEG, 2008).

No Brasil este seguro existe desde 1970 e a premissa básica é a cobertura de acidentes súbitos e imprevistos ocorridos durante a execução de obras de engenharia

e serviços de instalação e montagem, até o período de execução de testes. Trata-se de um seguro de reposição do bem, nas mesmas condições que se encontrava imediatamente antes do sinistro (FUNENSEG, 2008).

Sua cobertura principal, chamada de cobertura Básica, contempla danos da natureza, como vendaval e alagamento, incêndio, roubo e furto qualificado, desmoronamento decorrente de erro de execução. Uma característica importante deste ramo de seguros, é a denominação internacional *all risk*, ou seja, estão cobertos todos os riscos que não estejam expressamente excluídos nas condições (CONSET, 2019).

Esta denominação é dada considerando a dificuldade em se enumerar todos os riscos possíveis de serem cobertos. Dentre as exclusões padrões citam-se, ações, dinheiro, cheques, contratos, aeronaves, navios, caminhões, caminhonetes e demais veículos emplacados, protótipos, taludes naturais, coisas do segurado armazenadas fora do canteiro e preexistentes no local do risco (AXA, 2018).

Diferente de outros ramos que possuem vigências anuais, o seguro de riscos de engenharia é contratado pelo prazo da obra, sendo chamado de seguro plurianual. A cobertura ao segurado se inicia a partir da descarga de material no canteiro de obras e finda quando o bem é entregue, ou possui um Certificado de Aceite Provisório – CAP (CONSET, 2019).

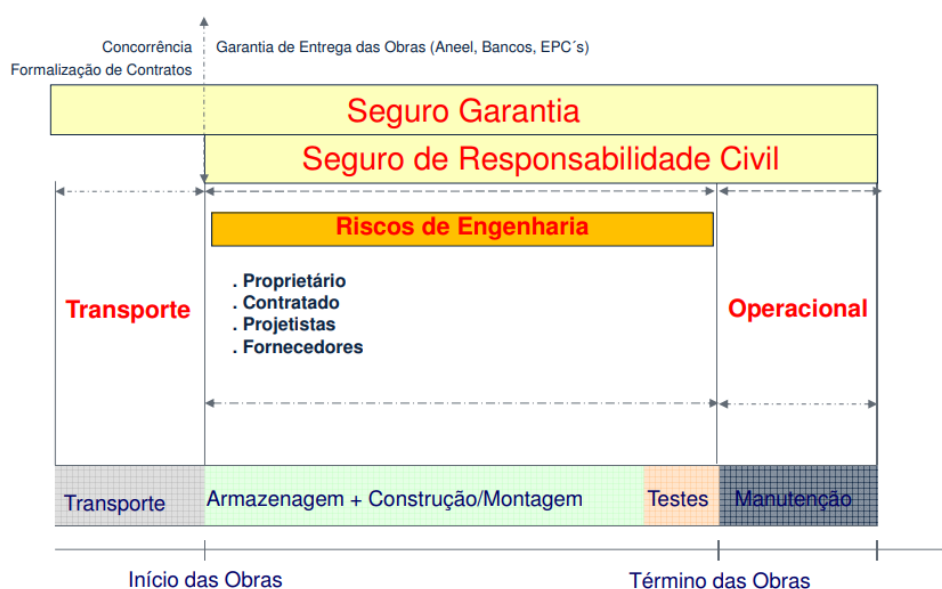


Figura 17 – Visão geral de prazo de apólices de riscos de Engenharia
Fonte: AXA (2018)

Considerando a vigência pelo prazo total de construção de determinado projeto, as apólices de Riscos de Engenharia não são renováveis, ou seja, terminada a obra, o seguro deixa de possuir cobertura. Porém, caso ocorra qualquer atraso no período de construção, alteração de valor de projeto ou quaisquer outras alterações, é realizado endossos atualizando as informações e garantindo a continuidade de cobertura (FUNENSEG, 2008).

A contratação da apólice pode ser realizada tanto pelo contratante (proprietário), como pela contratada (construtora principal). A apólice de riscos de engenharia considera todos os empreiteiros, subempreiteiros e outros profissionais que atuem diretamente na execução das obras, enquanto nos canteiros, como segurados (CONSET, 2019).

Sobre o valor em risco da apólice, deverá corresponder ao valor integral do bem segurado após completada a construção e/ou instalação e montagem. Nesse valor deverá estar incluído os custos de mão de obra, o frete, os tributos, o custo de montagem e o de materiais (AXA, 2018).

Desta forma, os riscos pertinentes as obras vão aumentando, a medida que ocorre o avanço das obras. Ou seja, a importância segurada é um valor fixo durante a vigência da apólice, mas o valor em risco é crescente (FUNENSEG, 2008).

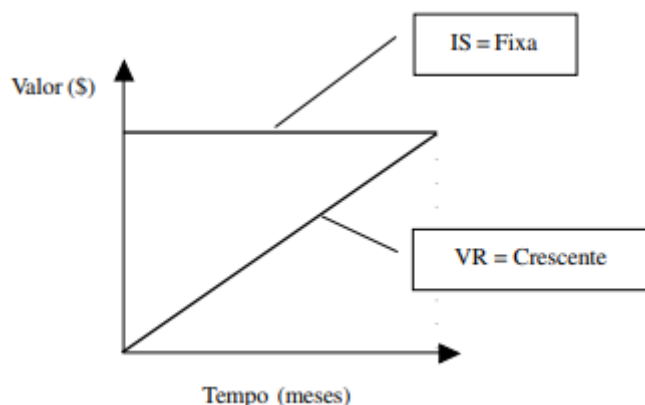


Figura 18 – Importância segurada
Fonte: (FUNENSEG, 2008)

Dentre as vastas coberturas disponíveis em Riscos de Engenharia, descreve-se as mais usuais. Ressalta-se, no entanto, que as coberturas dependem da análise do segurado em conjunto com o corretor de seguros, que irá desenhar o quadro de coberturas da apólice mais adequado para o risco analisado.

Segue descrição, conforme Condições Gerais de Riscos de Engenharia da Axa (AXA, 2018):

(I) Cobertura Adicional de Despesas Extraordinárias

Após a ocorrência de um sinistro, que tenha sido indenizado na apólice e com o objetivo de não ocorrer atrasos na entrega da obra, esta cobertura quando contratada, indeniza o segurado para os custos adicionais de horas extras e afretamento de um meio de transporte para substituição ou conserto do bem sinistrado.

(II) Cobertura Adicional de Despesas de Desentulho

Após a ocorrência de um sinistro indenizado na apólice, esta cobertura quando contratada garante indenização para os custos de remoção do entulho, carregamento, transporte e descarregamento em local adequado.

(III) Cobertura Adicional de Danos Físicos em Consequência de Riscos do Fabricante para Máquinas e Equipamentos Novos

Cobertura concedida para a modalidade de instalação e montagem, que garante indenização aos danos físicos acidentais, quando o equipamento segurado quebra por erro de projeto, defeito de fabricação ou defeito do material, tanto na fase de instalação, quanto na fase de testes.

(IV) Cobertura Adicional de Danos Físicos em Consequência de Erro de Projeto para Obras Civas (LEG 2)

Cobertura concedida para a modalidade de obras civis em construção, garante danos físicos acidentais consequentes de erro de projeto às obras civis já construídas ou em construção.

Após a ocorrência de um sinistro indenizado na apólice, esta cobertura quando contratada garante indenização para os custos de remoção do entulho, carregamento, transporte e descarregamento em local adequado.

(V) Cobertura Adicional de Afretamento de Aeronaves / Frete Aéreo

Esta cobertura garante o pagamento das despesas adicionais utilizadas para o afretamento de aeronaves e/ou frete aéreo, não se tratando de seguro de transporte aéreo.

3.3 Riscos Operacionais

Apólices de Riscos Operacionais para parques eólicos, possuem vigência geralmente de um ano, sendo passíveis de renovação. Cobrem diversos riscos que podem ocorrer com o parque em funcionamento, como quebra de máquinas, vendaval e incêndio.

Considerando que as apólices de riscos de engenharia garantem danos materiais causados a empreendimentos durante a fase de construção, os seguros de riscos operacionais cobrem os empreendimentos que já estão concluídos e em operação. É o seguro que dá continuidade a proteção securitária de cada negócio concluído (BESCOR, 2019).

Este seguro fornece à indústria, plantas de geração de energia, cobertura para todos os riscos envolvidos em cada atividade. Ampara desde a quebra de máquinas, até um seguro de incêndio com várias coberturas acessórias, tal como lucros cessantes, que garante a perda de receita enquanto o equipamento sinistrado, ou seja, que sofreu um acidente, não é repostado (BESCOR, 2019).

O seguro de incêndio foi criado com o intuito de ser uma ferramenta para auxiliar no restabelecimento do equilíbrio perturbado por um evento de incêndio, atendendo as necessidades de recomposição do bem material. Em contrapartida, para que um risco seja aceito pelas seguradoras, há uma série de exigências a serem atendidas (CUOGHI, 2006).

Estas exigências propiciam maior segurança às indústrias, considerando que as normas securitárias exigem a existência de sistemas de proteção contra incêndio, por vezes mais severas do que a legislação. Além da realização de inspeções com periodicidade média anual, para verificação do local e se houve alterações e qualquer tipo de agravo no local (CUOGHI, 2006).

No entanto, além de danos causados por incêndios, as indústrias e plantas de geração de energia ficavam expostas a outros fatores. Para que o segurado possuísse cobertura de várias possibilidades de acidentes, era necessário a contratação de diversos seguros, como incêndio, roubo, desmoronamento, alagamento (SUSEP, 2019).

A multiplicidade de seguros tornava a regulação de sinistros, que é a apuração de prejuízos e indenizações feita pelas seguradoras, demasiadamente complexa. Este quadro gerava insegurança aos segurados e desconfiança em relação ao mercado segurador (SUSEP, 2019).

Foi no início da década de 90, com o lançamento do Plano Diretor do Sistema de Seguros, que o Governo Federal modernizou o seguro operacional no Brasil. O objetivo principal foi o de tornar o seguro mais acessível, com qualidade e preços considerados justos (SUSEP, 2019).

Surge desta forma, o agrupamento de diversas coberturas em apólices únicas, em ramos discriminados pelo que está sendo colocado em operação, por exemplo, indústria, plantas de geração de energia, condomínio residencial ou escritório. E as condições gerais dos produtos, adaptadas para as diferentes exposições decorrentes de cada atividade fim (SUSEP, 2019).

Um dos ramos que surgiram com esta divisão foi o de Riscos Operacionais. Criado para amparar danos materiais ocorridos em grandes indústrias e demais grandes projetos relacionados a energias renováveis, incluindo parques eólicos, possui cobertura *all risks*, pois assim como em Riscos de Engenharia, não é possível nomear todos os possíveis danos cobertos pela apólice (SUSEP, 2019).

Na apólice de Riscos Operacionais, o limite da apólice é definido pelo segurado, sendo este uma pessoa jurídica proprietária do estabelecimento segurado. A vigência da apólice é usualmente em base anual e renovável, sendo que a cada renovação as seguradoras irão reavaliar o risco considerando melhorias ou cenários mais agravados (AXA, 2018).

A cobertura principal denominada de cobertura básica ampara riscos diversos, exceto os que estão excluídos. Dentre os danos passíveis de cobertura na básica, estão os danos materiais como incêndio, explosão e danos da natureza. Além das

despesas necessárias para a remoção do entulho e os desembolsos que o segurado precisa incorrer para impedir ou minorar danos maiores após um acidente indenizável (AXA, 2018).

Segue descrição das principais coberturas concedidas, conforme Condições Gerais de Riscos Operacionais da Axa (AXA, 2018):

(I) Cobertura Adicional de Quebra de Máquina

Cobre perdas e danos decorrentes de natureza súbita e imprevista à máquinas, tais como defeito de fabricação e material, erro de projeto e de montagem, falta de habilidade, negligência, curto-circuito, tempestade e qualquer outra causa exceto as expressamente excluídas.

(II) Cobertura Adicional de Danos Elétricos

Esta cobertura responde pelos danos causados aos equipamentos e instalações elétricas (fios, circuitos, aparelhos elétricos, chaves, entre outros), decorrentes de variações de tensão, arco-voltaico, curto-circuito.

(III) Cobertura Adicional de *Work Damage*

Quando contratada esta cobertura, cobre as perdas e danos materiais causados aos bens segurados, de origem súbita e imprevista e decorrentes de impacto externo como queda, balanço, colisão ou quaisquer outras semelhantes.

Estão incluídos dentre os bens segurados, os produtos montados pelo segurado e os que estão sendo reparados, inspecionados, ou aguardando despacho no estabelecimento segurado.

(IV) Cobertura Adicional de Lucros Cessantes

Mediante a ocorrência de um sinistro indenizável, a cobertura de lucros cessantes indeniza as perdas financeiras incorridas pelo tempo que a empresa está reconstruindo um dano material, ao invés de já estar operando e lucrando, conforme demonstrativos de relatórios financeiros contábeis.

Dentre as possibilidades de cobertura, pode ficar garantido os gastos adicionais incorridos pelo segurado exclusivamente para a compra de energia elétrica no mercado SPOT ou CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) e/ou para compensar os ressarcimentos pagos às suas contrapartes (distribuidoras) por conta das exposições incorridas, necessária ao atendimento dos contratos de compra e venda de energia (CCVE), celebrados pela planta sinistrada, pelo preço praticado pelo mercado na data de necessidade de cada compra, com o objetivo de minimizar ou evitar a queda de fornecimento de energia elétrica, em consequência de um acidente.

3.4 Acidentes em Parques Eólicos

De acordo com a Associação Internacional de Seguradoras de Engenharia (*International Association of Engineering Insurers*) – IMIA, as plantas eólicas ainda são de tecnologia muito recentes para estudos profundos quanto a sinistralidade em seguros. O monitoramento dos riscos está sendo realizado constantemente para que haja um histórico suficiente para avaliações de causas de danos e possíveis melhorias (IMIA, 2002)

As turbinas eólicas são um exemplo de rápida evolução. Em poucos anos as tecnologias são melhoradas, sem que haja tempo suficiente para verificar como será a vida útil das turbinas que já estão em operação (IMIA, 2002).

Dentre as lições já aprendidas com acidentes ocorridos, alguns fatores se tornaram essenciais para que as seguradoras avaliem a construção e operação de parques eólicos. Dentre eles estão a escolha de fabricantes, fornecedores e construtoras de forma geral que já possuam experiência com eólica (IMIA, 2002).

Cabe salientar também a importância de se verificar danos já ocorridos para evitar que novos aconteçam. Um exemplo são os sinistros em série ocorridos nas turbinas que possuem a caixa de engrenagem. Uma forma de minimizar esta exposição é através da realização de máquinas testadas e aprovadas por certificadoras internacionais como a TÜV Rheinland, organismo reconhecido de certificação (IMIA, 2002).

A seguradora GCube, líder mundial em seguros para projetos de energias renováveis, após avaliação de mais de 1.200 reclamações de sinistros, que

correspondem a mais de USD 200 milhões de dólares, disponibilizou em 2012 um relatório com sua experiência. As reclamações ocorreram em parques eólicos nos Estados Unidos. O resultado está apresentado na Figura 19.

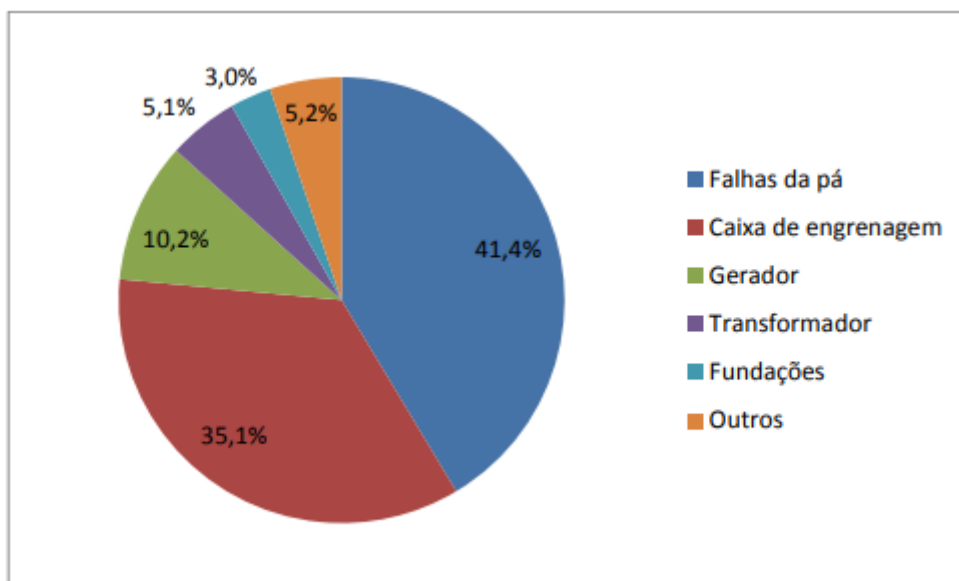


Figura 19 – Os componentes mais afetados em sinistros
Fonte: GCUBE (2018)

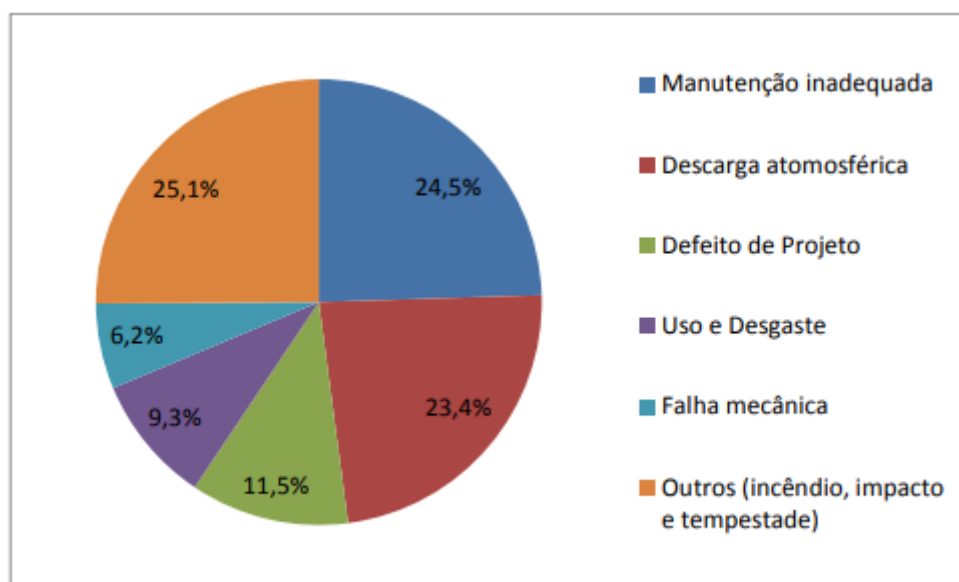


Figura 20 – Principais motivos de ocorrência dos sinistros
Fonte: GCUBE (2018)

No Brasil, já ocorreram alguns acidentes e falhas na construção e operação de complexos eólicos, que demonstram a dimensão que acidentes podem tomar, principalmente quanto a prejuízos. Abaixo há alguns exemplos de lições aprendidas.

Em 2016, haviam 13 usinas eólicas paradas no nordeste do Brasil, por não haver linhas de transmissão que chegassem até estes novos parques que estavam

sendo construídos, gerando atrasos e perdas financeiras. É de suma importância que haja um planejamento e sintonia entre os projetos novos de geração e distribuição de energia, para evitar situações deste tipo (O GLOBO, 2016).

No sul do Brasil, em 20 de dezembro de 2014, ventos de até 240 km/h derrubaram 8 torres eólicas de um complexo. Com mais de 100 metros de altura e 600 toneladas de peso, as estruturas foram jogadas ao chão e causaram a interrupção de geração de energia elétrica (GONZATTO, 2016).

Para cada região escolhida para a construção dos parques eólicos, é essencial o devido mapeamento das condições climáticas e geológicas para o correto dimensionamento do projeto. Os danos da natureza, por exemplo, são diversos como danos de vendaval, alagamento, em outros países terremotos, etc.



Figura 21 – Torre derrubada com o vendaval
Fonte: Freitas (2016)

Além dos danos materiais que podem ocorrer na construção e operação dos parques eólicos, é essencial o correto gerenciamento dos riscos para que seja evitado acidentes que podem causar danos pessoais. Uma característica deste tipo de atividade são os trabalhos em altura, que requerem o devido mapeamento para que seja evitado qualquer acidente.

Infelizmente, já houve acidentes fatais na manutenção de aerogeradores no Brasil. Em um parque do Rio Grande do Sul, houve a queda de um funcionário quando uma falha no cinto de segurança o fez cair na escada interna de uma torre eólica (REIS, 2019).

4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é realizado um estudo de caso, cujo objetivo principal é demonstrar a viabilidade financeira para a contratação de apólices de seguros durante a construção e operação de parques eólicos. A análise do risco e a precificação é feita sob a ótica das seguradoras.

O objetivo secundário é a avaliação dos benefícios concedidos pelo mercado segurador quanto ao auxílio no gerenciamento e mitigação de riscos. Isto posto, a avaliação final considera a relação custo x benefício em se contratar ou não as apólices de seguros.

Durante a construção de um parque eólico, o projeto está sujeito a diversos eventos que podem ocasionar danos materiais. Estes danos, geram perdas financeiras significativas ao projeto e podem inclusive inviabilizá-lo.

Alagamentos e demais danos da natureza, danos ocasionados durante o içamento de peças que são extremamente pesadas e requerem planejamento, teste e comissionamento dos aerogeradores são alguns exemplos de exposição. Durante a operação também há diversos fatores de risco.

Os parques eólicos estão ainda sujeitos a exposições relacionadas a danos da natureza como vendaval, danos elétricos, quebra de máquinas e incêndio. Danos estes que também podem gerar perdas e danos expressivos.

De forma a não expor informações sigilosas, será considerado um complexo eólico hipotético. Para que sejam abrangidos os dois ramos de seguros, Riscos de Engenharia e Riscos Operacionais, será avaliado o custo de uma apólice contratada durante a construção, bem como o custo para a contratação de uma apólice durante o primeiro ano de operação deste mesmo complexo eólico.

Não há no Brasil a utilização de uma ferramenta de precificação padrão nas companhias seguradoras. Algumas utilizam as ferramentas de precificação fornecidas pelos resseguradores internacionais, como a *Munich Re* (ressegurador alemão) e a *Swiss Re* (ressegurador suíço), ambos de grande experiência em todos os ramos de seguros e presente em diversos países.

Outras criam ferramentas próprias baseadas nas tarifas de seguros nacionais e internacionais e conforme sua experiência, concedem agravos ou descontos nas taxas que aplicam aos riscos para informar o prêmio da apólice. O presente estudo de caso é baseado na precificação da ferramenta fornecida pela *Swiss Re*, chamada de Puma e concedida para seus clientes, que são as seguradoras e posterior análise através de um precificador próprio.

É importante salientar que as ferramentas de precificação são utilizadas para embasamento de taxas. Estas, conforme mencionado acima, são advindas de tarifas securitárias feitas através de cálculos atuariais complexos. Porém, não há regras e custos padrões.

As avaliações dos riscos possuem diversas características subjetivas e dependem tanto das normas das seguradoras e resseguradoras, como também da experiência do subscritor (técnicos que trabalham nas seguradoras). Durante a análise dos projetos, os subscritores consideram diversos aspectos do projeto. Os principais pontos avaliados serão descritos a seguir.

4.1 Informações Básicas Sobre o Projeto

O escopo do projeto é a construção de um complexo eólico no Ceará, composto por um total de 10 parques eólicos. Cada parque possui 08 torres eólicas de aço com altura de 90 metros e aerogeradores de 2.5MW.

O valor para a construção do projeto, denominado valor em risco para a apólice de Riscos de Engenharia é de R\$ 1.500.000.000,00. Durante o primeiro ano de operação, a cobertura da apólice geralmente acompanha o valor declarado para a sua construção, neste caso R\$ 1.500.000.000,00.

No local da construção, chamado na apólice de local em risco, o terreno é considerado flat, ou seja, plano. Na região há outros parques eólicos próximos facilitando o conhecimento de aspectos positivos e maiores precauções a serem tomadas pelo proprietário dos parques.

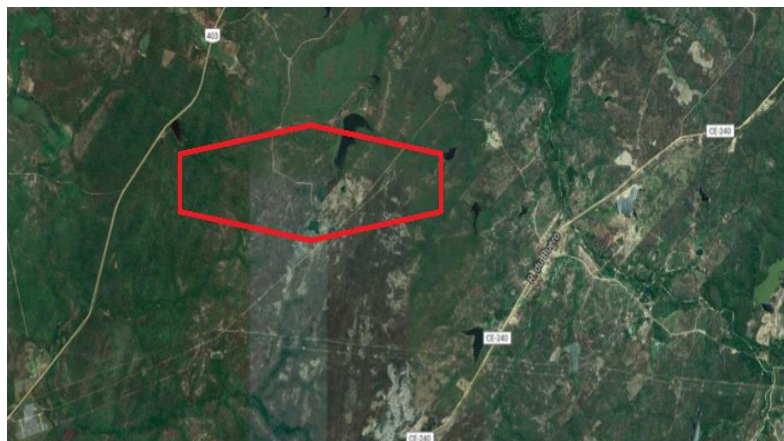


Figura 22 – Localização do parque
Fonte: obtido através do GoogleMaps

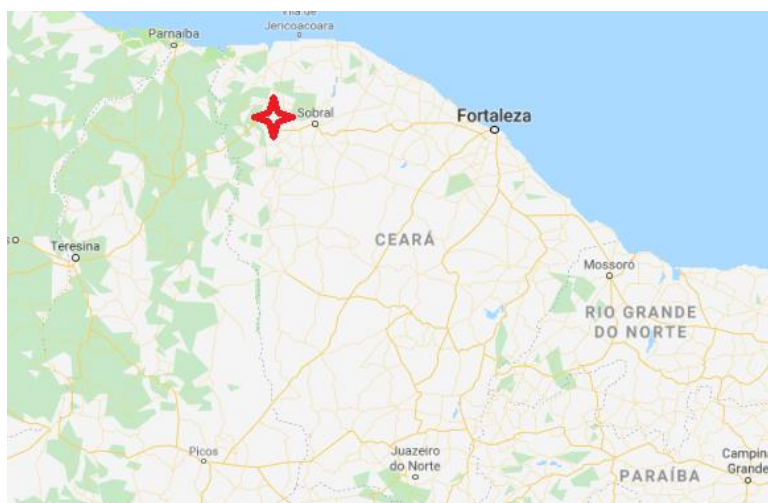


Figura 23 – Mapa da localização do parque
Fonte: obtido através do GoogleMaps

O estudo securitário será realizado a partir do momento de início das obras. Considera-se que todas as avaliações necessárias para a implementação de um complexo eólico, como estudo dos ventos, melhor localização, licenças, escolha de aerogeradores, fabricantes e construtoras já foram realizadas e estão em conformidade com as normas vigentes, bem como com as boas práticas de construção e operação usuais deste mercado de energia renovável.

4.2 Avaliação do Risco

É essencial que antes das negociações com as corretoras e seguradoras, os envolvidos no projeto decidam de quem será o papel de contratar e gerenciar as apólices de seguros. Durante a fase de obras, esta responsabilidade pode ser tanto

do contratado, no caso a construtora principal, como do contratante, que é o dono do empreendimento.

Como neste estudo de caso está sob avaliação os custos das apólices durante a construção e na fase do complexo em funcionamento, considera-se que a contratante se responsabilizará por todos os seguros. É essencial que as seguradoras recebam a matriz de responsabilidades para avaliação, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de responsabilidades

MATRIZ DE RESPONSABILIDADES			
DESCRIÇÃO	CONTRATANTE	CONTRATADA	OBSERVAÇÕES
Realização de planos de segurança com os colaboradores (SSMA), para garantia de segurança da execução do projeto através de equipamentos de proteção individual distribuída corretamente para cada função desempenhada por funcionário, diários de segurança, treinamentos, regulamentação padrão, entre outros.	X	X	Contratada emite e Contratante aceita
Licenciamentos ambientais e demais licenças exigidas pelos diversos órgãos	X		
Disponibilização de equipes de trabalho que possam atender as necessidades do projeto, desenvolvendo eficientemente cada atividade dentro do prazo estipulado		X	-
Cumprimento de todas as exigências legais trabalhistas		X	
Contratação e gerenciamento das apólices de seguros	X		
Manutenção da organização nos canteiros		X	
Gestão ambiental das obras, destinação correta dos resíduos	X	X	
Coordenação das diferentes empresas e equipes de trabalho para o andamento correto das obras, principalmente nos pontos de conflito onde pode haver empreiteiros e subempreiteiros diferentes trabalhando	X		
Fornecimento de materiais necessários para a execução dos serviços		X	
Fornecimento de relatórios de progresso de obras		X	

Fonte: elaboração própria

A matriz de responsabilidade demonstra o método pelo qual a obra será gerenciada. A organização de responsabilidades e o correto planejamento, são primordiais para o bom andamento das obras, minimizando surpresas negativas e são contabilizadas como aspecto positivo para a avaliação do risco.

O envio da relação das principais empresas envolvidas no projeto é o próximo passo. Principais construtoras, projetistas, fabricantes dos principais equipamentos com descritivo breve do contrato de garantia destes, possuem um peso importante para a precificação.

Ao fornecer os dados das empresas participantes do projeto, conforme a experiência que cada um possui no ramo de eólica, a ferramenta de precificação da Swiss RE, Puma, concede descontos ou agravos nas taxas que serão aplicadas. Em

caso de avaliação positiva, o desconto aplicado varia em torno de 15% e para casos avaliados como baixa experiência, os agravos ficam em torno de 20%.

Outro ponto de importante peso para a precificação, é a avaliação do local de risco. Mediante o recebimento das coordenadas geográficas, é realizada uma análise quanto as exposições decorrentes de danos da natureza, principalmente vendaval e alagamento.

A avaliação de danos materiais que podem ser causados decorrentes de alagamento é importante principalmente durante o início das obras, quando está sendo executado abertura de estradas de acesso ao local de construção, quando necessário, terraplanagem do terreno e execução das fundações. O cronograma físico-financeiro auxilia na análise desta exposição.

Com o cronograma é possível verificar quando as etapas construtivas mais suscetíveis à danos por alagamento serão realizadas, através de avaliação da média dos índices pluviométricos no determinado mês. Espera-se que estas atividades sejam executadas nos meses tipicamente mais secos.

O projeto de drenagem também é importante para a avaliação de exposição de alagamento. Os projetistas assumem qual o tempo de recorrência a ser utilizado, que é a estimativa de intervalo de tempo o qual é possível ocorrer a chuva de maior intensidade que já ocorreu na região.

As seguradoras padronizam como 50 anos o período ideal para projetos no geral. Com este valor, significa que a cada ano há 2% de chance de ocorrer a chuva de maior intensidade já registrada novamente, sendo que quanto menor o período estipulado, menor o gasto com projetos e execuções de drenagens, porém há mais suscetibilidade à alagamentos.

A ferramenta chamada Puma possui acoplada em seu sistema a disponibilização dos estudos de probabilidade de danos da natureza ocorrerem em determinado local, sendo estes dados constantemente atualizados. Desta forma a taxaçoão do Puma já considera agravos nos locais onde há grande probabilidade de ocorrer algum evento da natureza como alagamento ou vendaval.



Figura 24 – Mapa de exposição aos danos a natureza
 Fonte: obtido através do aplicativo CatNet da Swiss RE (2019)

Caso o complexo eólico esteja sendo construído, em local suscetível a chuvas intensas, além de agravos na precificação, as seguradoras podem limitar a importância segurada concedida para este evento. Desta forma a exposição da seguradora fica reduzida e o segurado tende a ter melhor gerenciamento de risco para evitar que danos desta causa aconteçam e que fique sem cobertura securitária.

Da mesma maneira é analisado os possíveis danos materiais que podem ocorrer decorrentes de vendaval. Esta avaliação é importante na etapa de construção das torres eólicas, quando são içadas peças e equipamentos de valor significativo, sendo importante que o segurado possua um plano de *rigging*, documento com a oficialização do planejamento de içamento.

Vendaval também representa riscos para o parque em operação. Os projetos executivos para dimensionamento das fundações e das torres, posicionamento e distribuição na planta, bem como qual aerogerador será utilizado devem ser realizados considerando este evento da natureza.

Os fabricantes são peças-chave para a análise do seguro. Considerando o escopo de parques eólicos, há no mercado empresas renomadas e já com bastante experiência. Mas a informação dos modelos de equipamentos a serem utilizados representam aproximadamente 30% na precificação das apólices.

Equipamentos como aerogeradores já presentes em outros parques eólicos em funcionamento, e entende-se em bom funcionamento, no Brasil tornam o agravo de taxa menor. Já equipamentos desenvolvidos especialmente para um determinado projeto, podem configurar como protótipo e fazer com que as apólices possuam diversas restrições de cobertura.

Esta representatividade de 30% de custo engloba tanto a precificação durante a fase de construção, já que a apólice de Riscos de Engenharia cobre a instalação, montagem e testes destes equipamentos, como durante a fase de operações. A apólice de Riscos Operacionais cobre a quebra destes equipamentos, sendo que indenizações decorrentes desta cobertura são usualmente bastante significativas.

Para eventos relacionados com a quebra de máquinas, também é importante ressaltar os custos para a retirada do equipamento e substituição. Em um evento de incêndio em um aerogerador, por exemplo, além dos gastos com a substituição deste, há o custo de retirá-lo da torre e de içamento da nova peça, bem como os gastos com o transporte.

Para este fator, o fabricante possuir uma fábrica instalada no Brasil, é considerado bastante positivo para reduzir a exposição das seguradoras. Além de redução no custo do transporte, também é reduzido o tempo de reposição, que pode ter valores elevados para que seja cumprido os contratos de fornecimento de energia, por exemplo, através da compra de energia em mercado spot.

Além da logística, a informação de disponibilidade de peças de reposição e tempo necessário para a fabricação de peças novas é considerado na precificação, principalmente para a cobertura de lucros cessantes. Para Riscos Operacionais, esta análise pode representar cerca de 20% do custo do seguro.

Informações quanto aos procedimentos que serão utilizados para a operação e manutenção dos parques eólicos são indispensáveis para a avaliação do risco em operação. O contrato de Operação e Manutenção, O&M, fornece a base de gerenciamento de risco, tanto quanto a matriz de responsabilidades durante a construção.

4.3 Análise de Perda Máxima Provável

As seguradoras possuem diversas metodologias disponíveis para a precificação e avaliação dos riscos. Além das ferramentas de precificação e experiência dos subscritores, outra metodologia bastante utilizada é a análise de perda máxima provável.

Esta análise é feita por engenheiros, preferencialmente que possuam experiência em campo, que irão levantar quais são os prováveis e possíveis eventos que podem ocorrer em cada etapa da planta considerando todos os tópicos levantados até o momento. São considerados a experiência das empresas envolvidas no projeto, danos da natureza que o local do risco está suscetível, eventos similares no Brasil ou em outros locais do mundo, etc.

Esta avaliação é importante para que a seguradora possua registrado quanto exposta está ao assumir um risco, emitindo uma apólice para conceder cobertura. Além do custo, esta avaliação também indica a melhor capacidade a ofertar.

Neste complexo eólico, por exemplo, o valor de construção é superior a R\$ 1 bilhão, porém considerando que não há terremotos no Brasil, a possibilidade de que a seguradora tenha que indenizar R\$ 1 bilhão ao segurado é praticamente nula. Então o cálculo de perda máxima provável demonstra financeiramente qual a perda real que pode ocorrer na apólice, considerando a probabilidade de que algum evento ocorra. Segue avaliação de perda máxima provável nos dois ramos de seguros estudados.

Para um complexo eólico, considera-se alguns aspectos para avaliação da perda máxima possível, sendo: (i) área e localização do site, (ii) exposição a danos da natureza, (iii) maiores estruturas, (iv) exposição a incêndios, (v) planos de contingência, (vi) situação e distância dos serviços de emergência e (vii) controles e procedimentos.

Para o projeto em questão, está sendo considerado pela linearidade, a perda de 30% das torres do complexo. Os valores estimados consideram os cenários mais agravados possíveis, para que a exposição não seja subestimada e gere prejuízos acima do esperado para as seguradoras.

Considerando o cenário das perdas das torres e estimando o valor de R\$ 10.000.000,00 por torre, o valor máximo de perda neste caso seria de R\$ 240.000.000,00. Ratificando que este cenário é pouco provável de acontecer, mas conservador para que a seguradora consiga ter provisões para pagamento de sinistros e consiga contabilmente manter a saúde financeira em caso de catástrofes.

4.4 Gerenciamento do Risco

Um dos aspectos mais positivos para o segurado, ao contratar as apólices de seguros de Riscos de Engenharia e Riscos Operacionais, é a participação da seguradora no gerenciamento de riscos. Seguradoras que possuem em seu portfólio grandes riscos, como parques eólicos, usinas termelétricas e usinas hidrelétricas, possuem uma equipe de engenheiros de campo, com experiências em áreas diversificadas para acompanhamento destes riscos.

Em um primeiro momento, esta equipe avalia as informações recebidas referentes ao projeto e fornece diversas informações para que a área de subscrição avalie se seguirá com a análise do risco ou não. Neste momento o cliente direto da área de gerenciamento é a área de analistas da própria seguradora.

Após o risco ter sido emitido na seguradora, a equipe de engenheiros de risco passa a realizar inspeções *in loco* periodicamente, passando a atender também o segurado. O objetivo é verificar o andamento das obras e trocar experiência com o segurado, indicando melhorias e disponibilizando informações sobre a experiência da seguradora com obras similares.

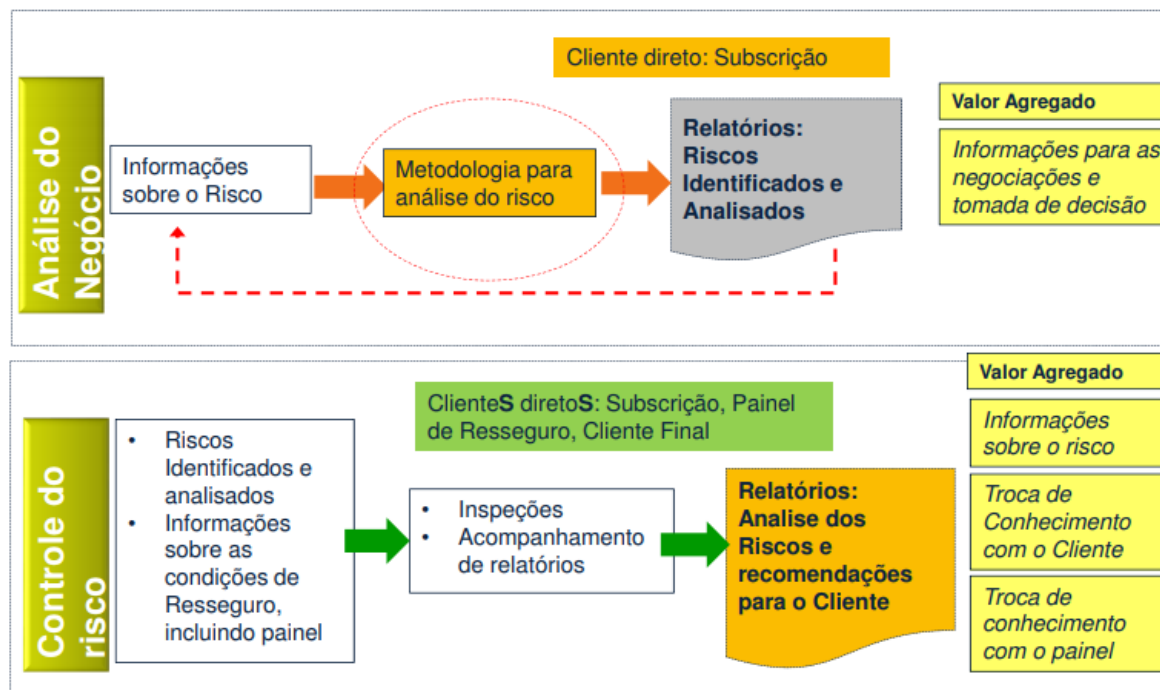


Figura 25- Interface com o cliente na análise de riscos
Fonte: JLT (2019)

Considerando o complexo eólico deste estudo de caso, a equipe de engenheiros de riscos recebe todas as informações disponibilizadas pelo cliente para iniciar a avaliação. Após a análise do material, o engenheiro de risco disponibiliza as informações básicas quanto a qualidade do projeto, as maiores exposições tanto de eventos da natureza, como de danos materiais, o resultado da análise de perda máxima provável e fornece esse material ao subscritor.

De posse destas informações, o subscritor, estando de acordo que o projeto apresenta boas características, fornece a cotação ao corretor, indicando todos os termos e condições que pode ofertar ao segurado, com o custo e franquias. Se o segurado estiver de acordo, sendo assessorado pelo corretor de seguros, apresenta a formalização de aceite para a cotação recebida, sendo este documento chamado de proposta, assinado pelo corretor.

A seguradora prossegue com a emissão desta proposta, registrando assim uma apólice de seguros. A equipe de engenheiros de risco é acionada novamente para preparar a agenda de inspeção de risco, conforme o cronograma físico-financeiro do empreendimento em construção.

Em cada fase considerada de maior complexidade e conseqüentemente de maior exposição para as seguradoras, é realizada a visita in loco. O engenheiro de risco acompanha a execução destas atividades e em conjunto, analisa o andamento do projeto.

Há uma troca de experiências constante, pois é papel do engenheiro da seguradora indicar todas as melhorias que achar plausível e indicá-las ao segurado, verificando posteriormente se as melhorias foram atendidas e em caso negativo, solicitar o motivo e se as soluções adotadas pelo segurado atendem um nível de segurança que seja indicado. Bem como também é seu papel, seguir com o aprendizado constante, verificando novas tecnologias e metodologias construtivas.

4.5 Precificação

Os riscos são subscritos e precificados através da utilização de diversas ferramentas e informações, de forma que o técnico que trabalha na seguradora possa ter embasamento suficiente para fazer suas ponderações, aplicar descontos ou agravos nos prêmios.

O primeiro passo é solicitar as informações necessárias para avaliar o risco ao corretor. Para o complexo eólico, objeto desta análise, o corretor deve disponibilizar as principais empresas que participarão da construção do complexo, memorial descritivo, modelo e fabricante dos principais equipamentos, *layout* e quadro de coberturas desejado, que contemple as coberturas desejadas e os limites de cada uma.

Nas cotações que as seguradoras encaminham para o corretor, não é usual que apareça o prêmio por cobertura. A seguradora apresenta o prêmio que irá cobrar para determinado risco, considerando todas as coberturas solicitadas, sendo este o prêmio *net*.

A corretora, como intermediadora, também faz uma cobrança em percentual de comissão, pelo trabalho técnico que realiza. O prêmio *net* acrescido da comissão da corretora, resulta no prêmio líquido. Por fim, é acrescido ao custo do seguro, o valor do imposto sobre operações financeiras – IOF, para então resultar no prêmio total, valor final que o segurado realmente irá pagar pela contratação da apólice.

Utilizando a ferramenta de precificação da resseguradora Swiss Re, ao colocar o escopo do projeto e as coberturas desejadas, já há uma indicação de taxa. A taxa é apresentada através de um valor percentual que ao ser aplicada sobre o limite da cobertura, resulta no prêmio (valor cobrado pela seguradora).

As taxas advêm de uma base de dados da resseguradora Swiss Re. Essa base de dados considera diversos fatores, dentre eles, os valores médios de construção, os custos de reposição de equipamentos e a experiência de eventos já ocorridos, bem como as indenizações já pagas. Com estas ponderações, a taxa cobrada deve resultar em um prêmio que, considerando todo o portfólio da seguradora, resulte numa relação custo versus exposição financeiramente viável.

Esta base de dados é mutável, sendo revisada periodicamente com base nos fatores indicados acima. As taxas indicadas pela ferramenta, baseiam-se na probabilidade de ocorrência de um dano que pode se tornar um sinistro indenizável.

As seguradoras possuem diretrizes próprias, incluindo a taxa mínima a ser cobrada, tendo estes valores registros na Superintendência de Seguros Privados – SUSEP. Estes valores mínimos são verificados por atuários e garantem a saúde financeira das seguradoras.

As taxas mínimas são calculadas pela área atuarial e utilizam, dentre diversas metodologias, a base de cálculo por experiência de cada seguradora. A lógica considera que o valor médio dos sinistros por sua frequência, resulta no prêmio mínimo a ser cobrado por apólice. A taxa mínima por atividade, neste caso os parques eólicos, é calculada através da somatória dos sinistros ocorridos dividido pela somatória de valor em risco das apólices.

O prêmio *net* de cada apólice é o resultado da importância segurada multiplicada pela taxa a ser cobrada. Este prêmio deve pagar: (i) a provisão dos sinistros, (ii) as comissões de corretagem e afins, (iii) o lucro esperado pela seguradora e (iv) as despesas administrativas da seguradora. A taxa mínima SUSEP é considerada como a taxa pura, pois garante exclusivamente os custos de sinistros, não considerando as demais despesas.

Abaixo é demonstrado os custos para um determinado quadro de coberturas, usualmente contratado para complexos eólicos, tanto de Riscos de Engenharia como

de Riscos Operacionais. Além dos custos, também é informado as franquias por cobertura, sendo esta a participação do segurado a ser deduzida das perdas ocorridas por sinistro.

Após todas as ponderações citadas acima, os dados do projeto foram imputados no precificador Puma. As taxas e as franquias apresentadas pelo sistema, já consideram a probabilidade de ocorrência de sinistros.

Para a composição final de taxa a ser cobrada, o sistema realiza a precificação dividida em três grupos principais. Primeiro, o sistema aloca a taxa mínima a ser cobrada para a cobertura básica, principal cobertura tanto de Riscos de Engenharia como de Riscos Operacionais.

Em seguida, mostra a taxa mínima a ser cobrada devido a exposição de danos da natureza no local de construção. Por fim, é fornecida a taxa a ser cobrada para a somatória das demais coberturas contratadas nas apólices.

Após a precificação técnica, considerou-se as características do projeto em análise para a composição do custo final. Neste caso foram concedidos descontos devido a linearidade do projeto, diluído em 8 parques eólicos, além de descontos decorrentes da idoneidade e experiência das empresas fornecedoras e executantes em projetos similares sem histórico de sinistros anteriores. Segue nas tabelas 5, 6, 7 e 8, os resultados obtidos.

Tabela 5 - Precificação dos Riscos de Engenharia

Riscos de Engenharia			
Cobertura	Limite Máximo de Indenização - LMI (em milhões de R\$)	Taxa	Prêmio (R\$)
Básica de Obras em construção Civil e Instalação e Montagem	1.500.000,00	0,041321%	619.815,00
Despesas Extraordinária	15.000,00	0,002066%	309,00
Despesas de Desentulho	15.000,00	0,002583%	387,45
Manutenção "Ampla"	1.500.000,00	0,004649%	69.735,00
Danos Físicos em consequência de riscos do fabricante para máquinas e equipamentos Novos (LEG 2)	800.000,00	0,02066%	165.280,00
Danos Físicos em consequência de erros de projeto para obras civis (LEG2)	700.000,00	0,01033%	72.310,00
Afretamento de Aeronaves/Frete Aéreo	10.000,00	0,019627%	1.962,70

Despesas de Salvamento e contenção de sinistros	10.000,00	0,002066%	206,60
Total	0,062%	930.005,75	
Comissão de corretagem (15%)	R\$ 164.118,66		
Imposto Sobre Operações Financeiras (IOF - 7,38%)	R\$ 80.746,38		
Prêmio Total - R\$	R\$ 1.174.870,79		

Fonte: elaboração própria.

Tabela 6 - Franquia dos Riscos de Engenharia

Cobertura	Franquia
Básica de Obras em construção Civil e Instalação e Montagem	POS (*) de 10% dos Prejuízos Indenizáveis, com mínimo de R\$ 100.000,00 por evento
Despesas Extraordinária	Serão somadas as despesas ao prejuízo da cobertura afetada para dedução da franquia
Despesas de Desentulho	Serão somadas as despesas ao prejuízo da cobertura afetada para dedução da franquia
Manutenção "Ampla"	Serão somadas as despesas ao prejuízo da cobertura afetada para dedução da franquia
Danos Físicos em consequência de riscos do fabricante para máquinas e equipamentos Novos (LEG 2)	POS de 10% dos prejuízos indenizáveis, com mínimo de R\$ 100.000,00 por evento
Danos Físicos em consequência de erros de projeto para obras civis (LEG2)	POS de 10% dos prejuízos indenizáveis, com mínimo de R\$ 100.000,00 por evento
Afretamento de Aeronaves/Frete Aéreo	POS de 20% por afretamento
Despesas de Salvamento e contenção de sinistros	POS de 20% de todas as despesas, em cada situação de ocorrência e relativas exclusivamente às coberturas de contenção de sinistro
* POS: Participação Obrigatória do Segurado	

Fonte: elaboração própria

Tabela 7 - Precificação dos Riscos Operacionais

Riscos Operacionais			
Cobertura	Limite Máximo de Indenização - LMI (em milhões de R\$)	Taxa	Prêmio - R\$
Básica	1.500.000,00	0,022098%	331.470,00
Despesas Extraordinária	15.000,00	0,001105%	165,75
Demolição e Desentulho	15.000,00	0,003094%	464,10
Quebra de Máquinas	1.500.000,00	0,013259%	198.885,00
Afretamento de Aeronaves	10.000,00	0,001547%	154,70
Despesas de Salvamento e Contenção de Sinistros	10.000,00	0,003094%	309,40
Lucros Cessantes (Decorrente Garantia Básica e Quebra de Máquinas) - Período Indenitário de 6 meses	250.000,00	0,141425%	353.562,50

Total	0,059%	885.011,45
Comissão de corretagem (15%)	R\$ 156.178,49	
Imposto Sobre Operações Financeiras (IOF - 7,38%)	R\$ 76.839,82	
Prêmio Total - R\$	R\$ 1.118.029,76	

Fonte: elaboração própria

Tabela 8 - Franquia dos Riscos Operacionais

Cobertura	Franquia
Básica	POS de 10% dos prejuízos indenizáveis, com mínimo de R\$ 200.000,00 por evento
Despesas Extraordinária	Serão somadas as despesas ao prejuízo da cobertura afetada para dedução da franquia
Demolição e Desentulho	Serão somadas as despesas ao prejuízo da cobertura afetada para dedução da franquia
Quebra de Máquinas	POS de 15% dos prejuízos indenizáveis com mínimo de R\$ 200.000,00 por evento
Afretamento de Aeronaves	POS de 20% por afretamento
Despesas de Salvamento e Contenção de Sinistros	POS de 20% de todas as despesas, em cada situação de ocorrência e relativas exclusivamente às coberturas de contenção de sinistro
Lucros Cessantes (Decorrente Garantia Básica e Quebra de Máquinas) - Período Indenitário de 6 meses	Primeiros 30 dias

Fonte: elaboração própria

4.6 Verificação de Viabilidade Financeira de Contratação das Apólices

Para que seja verificado a viabilidade de se contratar as apólices, ponderou-se o mercado segurador atual, o impacto de sinistros no projeto e alguns cenários de eventos com a respectiva aplicabilidade das apólices. Segue abaixo:

(I) Cenário Atual do Mercado

A contratação de apólices de seguros enseja em custos adicionais para o projeto. Faz-se importante saber a probabilidade e a potencialidade de ocorrências de sinistros para a tomada de decisão em se pagar o preço das apólices ou deixar uma verba alocada para possíveis ocorrências sem a contratação destas.

Conforme dados da SUSEP e de acordo com o cenário de empreendimentos eólicos no Brasil, estima-se o cenário para Riscos de Engenharia na Tabela 9 e o cenário para Riscos Operacionais na Tabela 10.

Tabela 9 – Cenário do Mercado de Riscos de Engenharia

RISCOS DE ENGENHARIA				
ANO	PRÊMIO EMITIDO TOTAL - R\$	SINISTRO OCORRIDO TOTAL - R\$	PRÊMIO EMITIDO EÓLICA - R\$	SINISTRO OCORRIDO EÓLICA - R\$
2015	459.818.977,00	273.566.221,00	10.136.422,01	6.030.596,39
2016	443.578.310,00	264.763.280,00	10.218.127,11	6.099.001,66
2017	282.739.557,00	119.847.955,00	43.700.707,97	18.523.904,25
2018	266.714.921,00	104.863.347,00	47.607.018,37	18.717.480,33

Fonte: elaboração própria

Tabela 10 – Cenário do Mercado de Riscos Operacionais

RISCOS OPERACIONAIS				
ANO	PRÊMIO EMITIDO TOTAL - R\$	SINISTRO OCORRIDO TOTAL - R\$	PRÊMIO EMITIDO EÓLICA - R\$	SINISTRO OCORRIDO EÓLICA - R\$
2015	2.613.876.085,00	2.616.578.731,00	627.330.260,40	250.932.104,16
2016	2.605.034.814,00	942.906.627,00	625.208.355,36	250.083.342,14
2017	2.740.234.664,00	1.959.883.738,00	657.656.319,36	263.062.527,74
2018	2.669.513.439,00	2.026.130.483,00	640.683.225,36	256.273.290,14

Fonte: elaboração própria

Com base na sinistralidade de ambos ramos, a contratação das apólices torna-se financeiramente viável, resguardando a continuidade de operação do segurado no segmento. Conforme demonstrado nas tabelas acima, os valores das perdas são significativos e podem ter um impacto financeiro parcial ou até mesmo a retirada operacional do segurado.

(II) **Matriz de Definição de Impacto**

A construção de um parque eólico requer altos investimentos e a correta programação das obras é primordial para que a implantação ocorra com sucesso. Um dano material nesta fase, causa diversas perdas financeiras que vão muito além da reposição do bem.

O objetivo da matriz de definição de impacto é demonstrar a exposição do proprietário do projeto perante mudanças não previstas. Esta matriz mostra a relevância de alterações em três áreas principais durante a construção de um projeto, sendo custo, prazo e escopo, versus o nível de potencialidade que estas alterações causam.

Custos com alterações acima de 5% do previsto, conforme a matriz de definição de impacto, são prejudiciais ao projeto. Um acidente qualquer durante a implantação

de um parque eólico, atinge valores elevados e já é suficiente para ultrapassar o limite desejável de desvio financeiro do empreendimento.

O prazo de execução é determinante para a viabilidade de um projeto. Em um parque eólico o atraso na entrega, por exemplo, pode fazer com que o proprietário do parque não consiga cumprir o fornecimento de energia contratual, acarretando em altos custos adicionais. Conforme demonstrado na Tabela 11 abaixo, atrasos acima de 4 semanas já requerem atenção por representarem um risco moderado na redução de lucro esperado com o empreendimento.

Atrasos acima de 12 semanas, são considerados de alto risco para o empreendimento. Mediante a ocorrência de um dano, este prazo de 3 meses é facilmente atingido.

Um evento durante os testes de um aerogerador, incide além do custo de reposição deste equipamento em si, o custo em se retirar o equipamento defeituoso do alto da torre e mais impactante, há o prazo necessário do fabricante em produzir um novo equipamento e a distância que este fornecedor está do local da obra. O transporte também passa a ser relevante, considerando que para grandes equipamentos, como já citado nesta monografia, há necessidade de mobilidade de transportes especiais e programação prévia junto aos órgãos responsáveis.

O escopo não deveria sofrer alterações durante a execução do projeto, já que os custos e os prazos são dimensionados sobre este. Acidentes durante a construção de um parque eólico, podem incidir em mudança de escopo, devido a necessidade de soluções diferentes para reparação e retomada de serviços.

Independente de qual for a ocorrência, a contratação da apólice de Riscos de Engenharia se torna essencial. A apólice irá auxiliar financeiramente na reposição do bem que sofreu o dano, como também dependendo das coberturas contratadas, poderá repor tanto os gastos decorrentes de mão de obra adicional e novos turnos de trabalho para retomada do cronograma como também a perda financeira pelo período de atraso das obras.

Mas o benefício principal da contratação, é o auxílio advindo com o gerenciamento de risco realizado pelas seguradoras. Uma equipe de engenheiros

acompanha a execução e o cronograma das obras, principalmente nas fases mais críticas, com o objetivo de mitigar acidentes, até mesmo evitando a ocorrência de sinistros.

Tabela 11 – Matriz de Definição de Impacto

MATRIZ DE DEFINIÇÃO DE IMPACTO					
Níveis / Área	5	4	3	2	1
	<i>Irrelevante</i>	<i>Baixo</i>	<i>Moderado</i>	<i>Alto</i>	<i>Extremo</i>
Custo	Desvios negativos insignificantes no orçamento	Desvios negativos no orçamento em até 5%	Desvios negativos no orçamento de 5 a 10%	Desvios negativos no orçamento de 10 a 20%	Desvios negativos no orçamento acima de 20%
Prazo	Atrasos insignificantes no cronograma	Atrasos no cronograma de até 4 semanas	Atrasos no cronograma de 4 a 12 semanas	Atraso no cronograma de 12 a 24 semanas	Atraso no cronograma de mais de 24 semanas
Escopo	Mudanças imperceptíveis no escopo	Poucas mudanças em áreas não críticas do escopo	Poucas mudanças em áreas críticas do escopo	Muitas mudanças em áreas críticas do escopo	Escopo quase ou completamente diferente do inicial

Fonte: Universo Projeto (2013)

(III) Cenários de Eventos

Abaixo será demonstrado três hipóteses de acidentes (sinistros). Através do cenário de cada acidente, será realizada a aplicabilidade dos termos e condições da apólice.

Primeiro cenário: Dano nas Pás

Conforme já mencionado nesta monografia, falhas nas pás representam 41,4% do total de danos causados por equipamentos eólicos. Pela alta representatividade, considerando a probabilidade de ocorrência de média a alta, o primeiro cenário considera a falha em uma pá.

O projeto avaliado é um complexo eólico composto por 10 parques de 8 torres e três pás cada, totalizando 240 pás no total. Em caso de acidentes com pás durante a operação dos parques, os custos de reposição são bastante significativos. Além dos gastos de retirada e reposição do bem, também é considerado a perda de lucros, já que o aerogerador atingido fica indisponível pelo período da troca das pás.

Pela experiência do mercado segurador, em casos reais de sinistros, é estimado um gasto total para a retomada de funcionalidade deste aerogerador em torno de R\$ 1.000.000,00. Considerando haver 80 aerogeradores com alta probabilidade de ocorrência de dano, a contratação de uma apólice de Riscos

Operacionais se torna viável, pois o valor dela é inferior a reparação de um acidente em uma pá do complexo.

Segundo cenário: Acidente durante a Construção do Parque Eólico.

Utilizaremos um exemplo de sinistro real ocorrido em 2014 no nordeste do Brasil como parâmetro deste cenário. A aplicação será na apólice de Riscos de Engenharia.

No momento da execução dos testes dos aerogeradores, houveram dois acidentes na nacele. Verificou-se que o problema decorreu de falha na caixa de engrenagem e após alguns dias, mais outros três equipamentos apresentaram o mesmo dano.

Parques eólicos possuem essa particularidade de terem muitos equipamentos iguais. Por esta razão, as seguradoras usualmente colocam uma condição de que, em casos de sinistros da mesma causa, irão pagar 100% do primeiro sinistro, 80% do segundo sinistro, 60% do terceiro sinistro e não haverá indenização do quarto em diante.

Neste caso, os danos decorrentes de falha na caixa de engrenagem, geraram um prejuízo de R\$ 1.200.000,00 por equipamento. Para a seguradora, o primeiro evento que ocorreu foi o dano em dois equipamentos, que resultaram num prejuízo de R\$ 2.400.000,00.

O primeiro passo é deduzir a franquia para testes. Neste estudo de caso, a franquia da cobertura de testes, que é a mesma da cobertura básica é de: POS de 10% dos prejuízos indenizáveis, com mínimo de R\$ 100.000,00 por evento.

A participação obrigatória do segurado neste caso é de 10% dos prejuízos (R\$ 240.000,00). E a seguradora arca com o restante do valor do sinistro, R\$ 2.160.000,00.

O segundo evento, com mais três acidentes, resultou num prejuízo de R\$ 3.600.000,00. Neste caso, após a dedução da franquia, o segurado irá arcar com R\$ 360.000,00 e a seguradora com R\$ 3.240.000,00.

Porém, por ser o segundo sinistro de mesma causa, a seguradora impôs que participaria com 80% dos gastos. Desta forma, a indenização será de R\$ 2.592.000,00 e o segurado terá o prejuízo de R\$ 1.008.000,00.

Os gastos do segurado decorrentes destes sinistros totalizaram R\$ 1.248.000,00, enquanto a seguradora indenizou R\$ 4.752.000,00. Mesmo considerando o custo da apólice de R\$ 1.174.870,79, ainda assim o valor que o segurado pagou, fica abaixo do valor total do sinistro.

Além dos gastos decorridos dos acidentes, a seguradora também irá participar com os demais gastos que podem advir destes, como por exemplo, contratação de mão de obra por mais horas por dia para que a obra seja entregue no prazo ou os custos com a retirada do entulho. Outro aspecto importante a ser considerado é que durante a construção poderão haver outros sinistros, fazendo com que a relação de custo pago pela apólice seja ainda mais benéfica ao segurado.

Terceiro cenário: Vendaval com os Parques em Operação.

Utilizaremos o sinistro de vendaval ocorrido no sul do Brasil e citado nesta monografia como parâmetro deste cenário. A aplicação será na apólice de Riscos Operacionais.

Após a ocorrência de um forte vendaval, 05 torres não resistiram a força dos ventos e desabaram, ocorrendo a perda total. O valor dos prejuízos foi de R\$ 50.000.000,00.

A franquia para danos da natureza neste estudo de caso é a mesma da básica, portanto POS de 10% dos prejuízos indenizáveis, com mínimo de R\$ 200.000,00. O primeiro passo é deduzir a franquia, de 10% de participação do segurado (R\$ 5.000.000,00). A seguradora indenizará o restante do valor, sendo R\$ 45.000.000,00.

Mesmo se somados ao valor que o segurado participou do sinistro ao custo da apólice, de R\$ 1.118.029,76, ainda é muito inferior ao gasto que ele teria caso não tivesse contratado esta apólice. Além da ponderação de que mediante um sinistro desta causa e valor, haveria respaldo securitário com outros custos como a retirada de entulhos, que pode ser bastante significativo financeiramente, além do fato de que ainda assim existe a possibilidade de ocorrência de outros sinistros.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi o de analisar a viabilidade econômica de se contratar as apólices de seguros de *Riscos de Engenharia*, que cobre danos materiais ocorridos durante a construção do empreendimento e a de *riscos operacionais*, que cobre danos materiais ocorridos durante a operação, de um complexo eólico. Adicionalmente, buscou-se identificar eventuais contribuições que as seguras poderiam prover no aprimoramento de projetos da infraestrutura eólica e a sociedade como um todo.

Para tal, foi inicialmente revisada a literatura sobre a energia eólica, desde seu funcionamento e características principais, como também a evolução dos equipamentos ao longo dos tempos para a utilização dos ventos como fonte de geração de energia elétrica. Foi descrito também o panorama dos parques eólicos em outros países do mundo e como está sendo o crescimento desta fonte de energia no Brasil.

A análise teve como principais características o levantamento dos equipamentos de maior importância com a descrição de seu funcionamento para entendimento das exposições a acidentes nos quais tais equipamentos podem estar envolvidos. Ademais foram analisadas as etapas pela qual o empreendimento passa até a entrada em operação.

Observou-se que, apesar de ser uma tecnologia recente, a energia eólica vem apresentando um rápido crescimento, com máquinas e equipamentos de melhor qualidade e eficiência e custos cada vez menores. Por outro lado, o rápido crescimento tem tornado o acompanhamento da durabilidade destes equipamentos de mais difícil mensuração, já que a cada ano, surgem novas tecnologias, não havendo um histórico suficiente para correção de possíveis erros de fabricação.

Para entendimento dos seguros, foram analisados os aspectos em que as apólices podem contribuir para a sociedade como um todo e o motivo pelo qual surgiu a necessidade de proteção de bens. Também foi descrito quais empresas desempenham um papel importante no âmbito securitário e a função de cada delas nas negociações prévias e durante a vigência das apólices.

Os resultados indicaram que a contratação das apólices de seguros mostrou-se viável financeiramente, no estudo de caso considerado, levando-se em conta o valor dos empreendimentos eólicos e todas as exposições às quais estão sujeitas. Verificou-se que o custo dos seguros se situou muito abaixo dos valores que poderiam ser desembolsados em casos de acidentes, principalmente considerando os altos valores dos equipamentos envolvidos nestes projetos e o impacto que um acidente poderia ter em relação ao tempo com a planta sem funcionar.

Vale ressaltar que o estudo de caso proposto nesta monografia traz limitações em relação às possibilidades de acidentes e custos envolvidos porque cada situação é única, e não deve ser generalizada. Além das particularidades de metodologias construtivas e equipamentos utilizados em cada parque, há também inúmeras possibilidades de acidentes, podendo alguns desses acidentes serem passíveis de indenização em apólices de seguros ou não.

Foi possível verificar, entretanto, que a relação entre o prêmio cobrado para a contratação da apólice é substancialmente inferior aos gastos que poderiam decorrer em caso de acidentes, principalmente considerando a frequência com os quais eles podem atingir os empreendimentos.

A principal contribuição deste trabalho está em mostrar que a proteção dos parques eólicos através da contratação de apólices tornam as etapas dos empreendimentos eólicos mais seguras em virtude das trocas de informações com as seguradoras, auxiliando a que evolução dos parques seja contínua e crescente.

Como sugestão de trabalhos futuros pode-se considerar o papel que os outros ramos de seguros desempenham nos complexos eólicos como as apólices de garantia e responsabilidade civil. Também pode ser avaliado o papel que as apólices de seguros paramétricos desempenham, já que essas cobrem oscilações climáticas, bem como entender o motivo pelo qual tal seguro, tão difundido no exterior, ainda está em estágio tão inicial no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Aerogerador: Componentes básicos.** 2019. Disponível em <<http://sitesinteligencia.abdi.com.br/sites/energia-eolica/#/conceitos-basicos>>. Acesso em 20/05/2019.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **BIG – Banco de Informações de Geração.** 2019. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em março de 2019.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório de Acompanhamento da Implantação de Empreendimentos de Geração.** 2018. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/documents/655816/14483518/Relat%C3%B3rio+de+Acompanhamento+da+Implanta%C3%A7%C3%A3o+de+Empreendimentos+de+Gera%C3%A7%C3%A3o+N11+Mar%C3%A7o+2018/c74e72f2-cc88-3ea6-5608-d596a4a33154?version=1.1>>. Acesso em março de 2019.
- AMARANTE, O. A. C. do; ZACK, M. B e J.; SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.** 2001. Disponível em <https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.
- APÓLICE. **Você devida conhecer os brokers de resseguros.** 2019. Disponível em <<https://www.revistaapolice.com.br/2019/01/voce-devia-conhecer-os-brokers-de-resseguros/>>. Acesso em 06/04/2019.
- AXA CORPORATE SOLUTIONS SEGURO. **Condições gerais seguro de riscos em Engenharia.** 2018. Disponível em <https://www.axa.com.br/wp-content/uploads/2018/03/AXA_Engenharia.pdf>. Acesso em 06/04/2019.
- BARROS, M. M. M. DE; VARELLA, V. S. DE Q. **Fontes de Energia Renováveis Geração Eólica.** Disponível em <http://www.solar.coppe.ufrj.br/eolica/eol_txt.htm>. Acesso em abril de 2019.
- BRASIL. **Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002.** Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília.
- BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA Nº1, DE 23 DE JANEIRO DE 1986. Dispõem sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.
- BESCOR. **Seguro: uma história de 33 séculos.** 2019. Disponível em <http://www.bescor.sc.gov.br/wp-content/arquivos/arquivos-uteis/A%20Hist%F3ria%20do%20Seguro.pdf>> Acesso em 10/04/2019.
- BEZERRA, S. R. **Gestão de resseguros – módulo 1.** Apostila do curso de Gestão de Resseguros. 2014.
- BUENO, D. **Mercado de segurador encerra 2018 com lucro de R\$14,7bi.** 2019. Disponível em <<https://www.sonhoseguro.com.br/2019/02/mercado-segurador-encerra-2018-com-lucro-de-r-147-bi/>>. Acesso em 19/03/2019.
- CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Tipos de Leilões.** Disponível em <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/tipos_leiloes_n_logado?_adf.ctrl-state=ls8ji0ofh_1&_afLoop=965955091610698#!%40%40%3F_afLoop%3D965955091610698%26_adf.ctrl-state%3Dls8ji0ofh_5>. Acesso em abril de 2019.
- CNSEG - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE SEGUROS GERAIS, PREVIDÊNCIA PRIVADA E VIDA, SAÚDE SUPLEMENTAR E CAPITALIZAÇÃO. **Propostas do Setor Segurador Brasileiro 2019|2022.** 2017. Disponível em <<http://cnseg.org.br/data/files/D1/67/0B/E5/F7E7A61069CEB5A63A8AA8A8/Propostas%20do%20SETOR%20SEGURADOR%20BRASILEIRO%20-%202019%20%202022.pdf>>. Acesso em abril de 2019.
- CONSET CORRETAGEM DE SEGUROS. **Seguro de riscos de engenharia: respostas para as principais dúvidas.** 2019. Disponível em <<https://www.consetcorretoradeseguros.com.br/seguro-riscos-engenharia-o-que-e-condicoes-riscos/>>. Acesso em 06/04/2019.

CPFL ENERGIA. **Projeto de P&D “Panorama e Análise Comparativa da Tarifa de Energia Elétrica do Brasil com Tarifas Praticadas em Países Selecionados, Considerando a Influência do Modelo Institucional Vigente. Relatório V – Formação de Custos e Preços de Geração e Transmissão de Energia Elétrica.** 2015. Disponível em <<https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/inovacao/projetos/Documents/PB3002/formacao-de-custos-e-precos-de-geracao-e-transmissao.pdf>>. Acesso em abril de 2019.

CUOGHI, R. de S. **Aspectos de análise de risco das estruturas de concreto em situação de incêndio.** Dissertação de mestrado em Engenharia. Universidade de São Paulo, 2006.

DELGADO, F. WEISS, M. SILVA, T. B. **A Geopolítica das Energias Renováveis: considerações iniciais.** 2017. Disponível em <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/20395/FINAL_Coluna%20Opinio%20Fevereiro%20-%20Geopolitica%20dos%20Renovaveis%20-%20Fernanda-Mariana-Tatiana.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.

DUDLEY, D. **China Is Set To Become The World’s Renewable Energy Superpower, according to the new Report.** 2019. Revista Forbes. Disponível em <<https://www.forbes.com/sites/dominicdudley/2019/01/11/china-renewable-energy-superpower/#71a41067745a> <https://www.forbes.com/sites/dominicdudley/2019/01/11/china-renewable-energy-superpower/#71a41067745a>>. Acesso em março de 2019.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Primeiro Leilão de Energia Eólica do País Viabiliza a Construção de 1805,7 MW.** 2009. Disponível em <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-90/20091214_1.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.

FENABER. **Mercado Ressegurador no Brasil.** 2019. Disponível em <<http://fenaber.org.br/index.php/pt/resseguros/mercado-ressegurador-no-brasil>>. Acesso em 17/03/2019.

FREITAS, O. **Parte de estrutura milionária está à deriva na área rural do município da Fronteira Oeste.** 2016. Disponível em <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2016/06/em-capitulos-os-motivos-do-fracasso-de-um-investimento-de-r-300-milhoes-5939096.html>>. Acesso em 20/04/2019.

FUNENSEG. **Seguros de Risco de Engenharia.** 8ª ed. Rio de Janeiro, 2008.

GARBE, E. A.; MELLO, R. de; TOMASELLI, I. Projeto Conceitual e Análise de Viabilidade Econômica de Unidade de Geração de Energia Elétrica Eólica na Lagoa de Patos – RS. **Economia & Energia**, ano XV, n. 83, out-dez 2011.

GCUBE. **Assessing the major risks to the US Wind Market.** 2018. Disponível em <<http://www.gcube-insurance.com/reports/2018-us-claims-update/>>. Acesso em 20/04/2019.

GONZATTO, M. Em capítulos, os motivos do fracasso de um investimento de R\$300 milhões. **Gaúchazh Geral.** 2016. Disponível em <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2016/06/em-capitulos-os-motivos-do-fracasso-de-um-investimento-de-r-300-milhoes-5939096.html>>. Acesso em 20/04/2019.

IMIA. **Insurance of Wind Turbines – update.** 2002. Disponível em <<https://www.imia.com/wp-content/uploads/2013/05/wgp2602E.pdf>>. Acesso em 19/03/2019.

INSTITUTO ESCOLHAS. Quanto é Gerar Energia? Método. 2019. Disponível em <http://quantoeenergia.escolhas.org/metodo>. Acesso em abril de 2019.

IRENA - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Finance & Investment.** 2019. Disponível em <<https://www.irena.org/financeinvestment>>. Acesso em fevereiro de 2019.

JLT. **Riscos de Engenharia.** 2019. Disponível em <https://www.abgr.com.br/XIseminario2015/images/Apresentacao/Panel02_Enzo_riscosengenharia.pdf>. Acesso em 06/04/2019.

LIMA, C. de A. **A História do Seguro.** 2018. Disponível em <https://www.revistaapolice.com.br/2018/10/a-historia-do-seguro/>. Acesso em abril de 2019.

LOPES, RICARDO ADALBÓ. **Energia eólica** – 2ª edição. São Paulo: Artliber Editora, 2012.

MDS BRASIL. **Como funciona o mercado de resseguro?** 2017. Disponível em <https://www.mdsinsure.com.br/seguro-das-seguradoras-como-funciona-mercado-resseguro/>. Acesso em 23/03/2019.

ME- BRASIL, MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Mercado de seguros e resseguros.** 2019. Disponível em <http://www.fazenda.gov.br/assuntos/politica-microeconomica/atuacao-spe/mercado-de-seguro-ressuguros>. Acesso em 25/04/2019.

MELO, J. L. **Análise das Etapas de Desenvolvimento de Projetos de Energia Eólica – Estudo de Caso.** Trabalho de Conclusão de Curso de Especialista em Economia e Meio Ambiente. Universidade Federal do Paraná, 2015.

MELLO, S. R. B. de. Resseguro e cláusulas contratuais conflitantes e a necessidade de harmonização e melhor compreensão jurídica. **Revista Jurídica de Seguros**, n.3, novembro de 2015.

MENDONÇA, A. P. **Dez anos sem monopólio do resseguro.** 2017. Disponível em <https://economia.estadao.com.br/blogs/antonio-penteado-mendonca/dez-anos-sem-monopolio-do-resseguro/>. Acesso em 19/03/2019.

MME – BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Energia Eólica no Brasil e no Mundo.** 2017. Disponível em <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/15+-+Energia+E%C3%B3lica+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29+-+NOVO/f63a15ea-9d2c-4d27-9400-5d7c3fd97b22?version=1.4>. Acesso em março de 2019.

MME – BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2030.** 2007. Disponível em <http://www.mme.gov.br/documents/10584/177708/03.+Gera%C3%A7%C3%A3o+Hidrel%C3%A9trica/2e526579-f2fe-46ad-8e7b-c874497a8f37?version=1.0>. Acesso em fevereiro de 2019.

O GLOBO. **Por falta de linhas de transmissão, 13 usinas eólicas estão paradas no NE.** 2016. Disponível em <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2016/01/por-falta-de-linhas-de-transmissao-13-usinas-eolicas-estao-paradas-no-ne.html>. Acesso em 20/04/2019.

PINTO, MILTON. **Fundamentos de Energia Eólica.** São Paulo: Editora LTC, 2013.

POTENCIAL SEGURADORA. **Você sabe o que é uma apólice de seguros?** 2018. Disponível em <https://blog.pottencial.com.br/o-que-e-uma-apolice-de-seguros/>. Acesso em 23/03/2019.

RANGEL, M. S.; BORGES, P. B.; SANTOS, I. F. S. dos. Análise comparativa de custos e tarifas de energias renováveis no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.5, n.3, pp. 267-277, 2016.

REIS, P. **Vídeos sobre acidentes em aerogeradores.** 2019. Disponível em <https://www.portal-energia.com/acidentes-aerogeradores/>. Acesso em 20/04/2019.

SANTOS, F. M. **Gerenciamento de Escopo, Custo e Tempo em Projetos de Geração de Energia Eólica no Mercado Brasileiro.** Trabalho de Conclusão de curso de MBA em Gerenciamento de Projetos. Fundação Getúlio Vargas. 2018.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Cadeia de Valor da Energia Eólica no Brasil.** 2017. Disponível em [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/1188c835f8e432ddd43bc39d27853478/\\$File/9960.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/1188c835f8e432ddd43bc39d27853478/$File/9960.pdf). Acesso em fevereiro de 2019.

SILVA, L. C. *et al.* **Implantação de Parques Eólicos no Brasil.** XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2015.

STAUT, Fabiano. **O processo de Implantação de Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, 2016.

SUSEP – SUPERINTENDÊNCIA DE SEGUROS PRIVADOS. **História do Seguro: Início da Atividade Seguradora no Brasil**. 1997. Disponível em <<http://www.susep.gov.br/menu/a-susep/historia-do-seguro>>. Acesso em abril de 2019.

SUSEP – SUPERINTENDÊNCIA DE SEGUROS PRIVADOS. **A origem dos seguros compreensivos**. 2019. Disponível em <http://www.susep.gov.br/setores-susep/cgpro/coseb/Seguros_Compreensivos.pdf>. Acesso em 10/04/2019.

TERRA BRASIS. **Terra Report**. 2018. Disponível em < <http://www.terrabrasis.com.br/wp/wp-content/uploads/2019/01/Terra-Report-Brasil-201809-v07.pdf>>. Acesso em 19/04/2019.

TOLMASQUIM, M. T. 2016. **Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear**. Disponível em < <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-173/Energia%20Termel%C3%A9trica%20-%20Online%2013maio2016.pdf>>. Acesso em março de 2019.

TUDO SOBRE SEGUROS. **História do Seguro**. 2019. Disponível em <https://www.tudosobreseguros.org.br/tss-um-pouco-de-historia/>. Acesso em abril de 2019.

UNIVERSO PROJETO. **Definições de Probabilidade e Impactos dos Riscos**. 2013. Disponível em <https://universoprojeto.wordpress.com/tag/matriz-de-probabilidade-e-impacto/>. Acesso em abril de 2019.

TZIRULNIK, Ernesto. **Seguro de Riscos de Engenharia: instrumento do desenvolvimento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2015.

WENZEL, G. M. **Projeto Aerodinâmico de Pás de Turbinas Eólicas de Eixo Horizontal**. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Mecânica. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2007.