



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Departamento de Engenharia Elétrica

FLÁVIO SCHULER DE LUCENA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Agosto 2011 – Dezembro 2011

FLÁVIO SCHULER DE LUCENA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Professor Doutor Cursino Brandão Jacobina

Campina Grande, Paraíba
Agosto 2011 – Dezembro 2011

FLÁVIO SCHULER DE LUCENA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Doutor Cursino Brandão Jacobina
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha Mãe, meus Irmãos, meus Avós, a todos meus familiares e ao meu inesquecível Pai que sempre sonhou com esse momento. Aos amigos, pelo apoio e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente a DEUS por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis dessa longa caminhada que é a vida, sempre me dando forças, apoio e sabedoria para seguir em frente lutando com a cabeça sempre erguida as batalhas da vida.

Gostaria de agradecer aos meus pais; a minha MÃE não tenho nem como transmitir em palavras todo o apoio que me deu e todo o esforço que sempre teve em me proporcionar condições para enfrentar as dificuldades durante essa longa jornada. Ao meu PAI, infelizmente, só posso agradecer em orações, gostaria muito que estivesse presente ao meu lado nesse momento de alegria que ele sempre sonhou pra mim e que lutou tanto por isso, pois o maior sonho dele era ver os filhos trilharem caminhos de sucesso e isso ele conseguiu. Pode até não estar fisicamente presente, mas sei que sempre esteve ao meu lado principalmente nos momentos mais difíceis quando tudo conspirava contra e eu recebia uma energia extra pra levantar a cabeça e seguir lutando cada vez mais forte.

Agradeço a toda minha família; irmãos, tios e padrasto que sempre estão e estiveram presente ao meu lado seja nas vitórias ou nas derrotas me apoiando e especialmente aos meus AVÓS que são e sempre serão como segundos PAIS educando, torcendo, vibrando e que são responsáveis por grande parte da minha educação e estão presente em toda minha formação de caráter e ser humano.

Agradeço à equipe da Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica, especialmente a Adail e Tchai por serem pessoas maravilhosas e que estão dispostos a ajudar da melhor maneira sem economizar esforços.

Não posso deixar de agradecer a todos os meus amigos que lutaram e vivenciaram junto comigo noites mal dormidas e muitos momentos de alegrias e tristezas ao longo desses 5 anos de curso e tenho certeza que hoje somos muito mais que colegas de curso e sim uma grande família e que sentirei muita saudade.

Agradeço ao Allan, Renato, Prof. Felisberto, Miguel, Ricardo, Filipe, Andressa, Acquilles, Cecília, Ana Luiza, Andrea, Roberto, Eduardo, Karollyne e a todos os colegas da MS Renováveis e das nossas parceiras Martifer Renováveis e Santander pelo apoio e confiança depositado sobre mim durante o estagio.

“Mesmo as noites totalmente sem estrelas podem anunciar a aurora de uma grande realização.”

Martin Luther King

RESUMO

Este relatório visa descrever as atividades desenvolvidas durante o estágio integrado do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), realizado na empresa MS Participações Societárias S.A., no setor de desenvolvimento e construção de parques eólicos. Encontra-se aqui descrito o histórico e organização da empresa, uma apresentação sobre como é construído um parque eólico e todas as dificuldades encontradas no desenvolvimento de um parque eólico hoje no Brasil. E um relato das principais atividades realizadas durante o estágio, que podemos citar principalmente a construção de três linhas de transmissão num total de 180 km para ligação dos parques eólicos às subestações que irão ser abastecidas por eles.

Palavras-chave: usina de energia eólica, linha de transmissão, licenciamento ambiental.

ABSTRACT

This report seeks to describe the activities developed throughout an internship integrated with the electrical engineering course at Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), done at MS Participações Societárias S.A., in the development and construction of wind farms sector. Here you will find a description of the history and organization of the company, and a presentation on how a wind farm is built and all of the difficulties encountered in the development of a wind farm in Brazil today. And a report on the main activities performed during the internship, particularly the construction of three transmission lines totaling 180 km connecting the wind farms to the substations that will supply them.

Keywords: wind farm, transmission line, environmental permits

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Orgonograma da Ms Participações societárias.....	13
Figura 2. Orgonograma da estrutura societária das spe´s	14
Figura 3. Áreas de atuação da martifer.....	15
Figura 4. Fotomontagem 1 da uee bela vista	21
Figura 5. Fotomontagem 2 da uee bela vista	22
Figura 6. Localização da uee bela vista bem como as principais vias de acesso.....	23
Figura 7. Principais características de coberturas de solo nas imediações da propriedade para a instalação da uee bela vista.	23
Figura 8. Planta baixa da área de implantação de cada aerogerador.....	28
Figura 9. Fotomontagem da uee Mar e terra.....	33
Figura 10. Fotomontagem da uee mar e terra	33
Figura 11. Localização da uee mar e terra, bem como as principais vias de acesso partindo de natal.	34
Figura 12. Principais características de cobertura do solo nas imediações da área para a instalação da uee mar e terra.....	35
Figura 13. Planta baixa da área de implantação de cada aerogerador.....	39
Figura 14. Aerogeradores suzlon s88 – visão interna.....	42
Figura 15. Aerogerador suzlon s88 – aparência geral	43
Figura 16. Localização de Uee icaraí, bem como as principais vias de acesso, partindo de fortaleza.....	46
Figura 17. Principais características de cobertura do solo nas mediações da aérea para instalação da uee icaraí.....	47
Figura 18. Planta baixa da área de implantação de cada aerogeror.	50
Figura 19. Aerogerador suzlon – s88 - medidas	52
Figura 20. Aerogeradores suzlon s88 – visao interna.....	53
Figura 21. Aerogeradores suzlon s88 – aparência geral	54
Figura 22. Fotomontagem 1 da uee embuaca	56
Figura 23. Fotomontagem 2 da uee embuaca	57
Figura 24. Planta baixa aérea de implantação de cada aerogerador.....	61
Figura 25. Linhas de transmissão de 230 kv com estruturas metálicas proximo à SE mossoró II	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 26. Linha de transmissao 230 kv: Ligando a SE Areia Branca ~ SE MOSSORO II.....	66
Figura 27. Divisão da Faixa em areas “a”, “b”, “c”.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parques eólicos em operação de propriedade da martifer	16
Tabela 2. Principais características do parque eólico bela vista	20
Tabela 3. Planta baixa da área de implantação de cada aerogerador	29
Tabela 4. Principais características do parque mar e terra.....	32
Tabela 5. Planta baixa da área de implantação de cada aerogerador	40
Tabela 6. Principais características do parque icaraí.....	44
Tabela 7. Planta baixa da área de implantação de cada aerogerador	50
Tabela 8. Principais características do parque embuaca.....	55
Tabela 9. Planta baixa da área de implantação de cada aerogerador	62
Tabela 10. Largura da faixa de servidão x tensão da lt.....	68
Tabela 11. Valores para as areas “A”, “b”, “c” da faixa de servidão	70

SUMÁRIO

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	vii
Lista de Ilustrações	viii
Lista de Tabelas	ix
Sumário	x
1 INTRODUÇÃO	12
2 Caracterização da Empresa e do Grupo Econômico	13
2.1 Grupo Martifer	14
2.2 Grupo Santander	17
2.3 Eólica Bela Vista	19
2.3.1 O Projeto.....	19
2.3.1.1 Localização	22
2.3.1.2 Estágio do Processo de Desenvolvimento	24
2.4 Eólica Mar E Terra.....	31
2.4.1 O Projeto.....	31
2.4.1.1 Localização	34
2.4.1.2 Estágio do Processo de Desenvolvimento	36
2.4.1.3 Projeto Básico - Elétrico	36
2.4.1.4 Projeto Básico - Civil	38
2.5 Eólica Icarai.....	44
2.5.1 O projeto.....	44
2.5.1.1 Localização	45
2.5.1.2 Estágio do Processo de Desenvolvimento	47
2.5.1.3 Projeto Básico - Elétrico	48
2.6 Eólica Embuaca.....	55
2.6.1 O projeto.....	55
2.6.1.1 Localização	57
2.6.1.2 Estágio do Processo de Desenvolvimento	58
2.6.1.3 Projeto Básico - Elétrico	58
2.6.1.4 Projeto Básico - Civil	60
2.6.1.5 Processo de Produção.....	62
2.6.1.6 Tecnologia.....	63
3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	65
3.1 Função e responsabilidade	65
3.1.1 Utilização da Faixa de Servidão e Benfeitorias	67
3.1.2 Benfeitorias Não Permitidas	68
3.1.3 Divisão da Faixa em “A”, “b” e “c”	69

3.1.4	Benfeitorias permitidas nas áreas “b” e “c”	71
3.1.5	Definição do traçado, autorização e topografia:	72
3.1.6	Negociação, Indenização e contrato:	72
3.1.7	Licenças ambientais, autorizações e anuências	73
4	ÁREAS DE IDENTIFICAÇÃO COM O CURSO	74
5	CONCLUSÃO	75
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1 INTRODUÇÃO

O estágio integrado é tratado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no curso de engenharia elétrica como disciplina curricular, tem como objetivo aproximar o acadêmico à realidade do ambiente de trabalho em uma empresa, proporcionando o uso na prática de toda teoria exposta em sala de aula, motivando o espírito de trabalho em uma equipe.

O estágio foi realizado junto ao departamento técnico da *MS Renováveis [1]*, localizada em Fortaleza (CE), por se tratar de uma HOLDING formada pelo Santander (72%) e Martifer Renováveis (28%), fiquei à disposição da equipe da Martifer, pois ela que é responsável por fazer todo o pré-desenvolvimento e desenvolvimento dos quatro Parques Eólicos que estão sendo desenvolvidos pela “MS”. O estágio foi orientado pelo Diretor Técnico Miguel Lobo. A principal função que exercida ao longo dessas quase 700 horas foi a auxiliar no pré-desenvolvimento de toda linha de transmissão que liga os parques eólicos às subestações.

Na primeira parte do relatório será apresentada a empresa concedente, onde brevemente será falado sobre seu histórico e sobre sua divisão organizacional.

No decorrer do trabalho serão descritas as principais atividades realizadas, as quais se resumem basicamente em realizar todo o processo de pré-construção da Linha de Transmissão para os quatro parques eólicos que estão sendo construído pela empresa. No capítulo referente às considerações finais será concluído acerca do aproveitamento e a importância do processo de estágio para a formação do engenheiro eletricista.

2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO GRUPO ECONÔMICO

A empresa MS RENOVÁVEIS, é o nome fantasia da empresa MS PARTICIPAÇÕES SOCIETÁRIAS S.A. que é uma holding formada pela união do *SANTANDER*[2], como investidor, e a *MARTIFER RENOVÁVEIS* [3] que é uma empresa de origem europeia e com grande experiência fora do Brasil na construção de Parques Eólicos.

A “MS” foi fundada em 2009 com o objetivo único e exclusivamente de construir quatro parques eólicos. Esses parques fazem parte do leilão do governo federal que foi vencido em 2009 e que visam o início do funcionamento para julho de 2012. Os quatro projetos somam um investimento que chegará próximo a 400 milhões de reais em investimentos que são investidos pelo Santander e Martifer. Na figura 1 abaixo temos o organograma da atual equipe da MS e na figura 2 o organograma da estrutura societária das SPEs.

Esses parques são nomeados geralmente de acordo com o local que está localizado, então eles foram batizados como Eólico Icarai, Eólica Embuaca, Eólica Mar e Terra e Eólica Bela Vista.

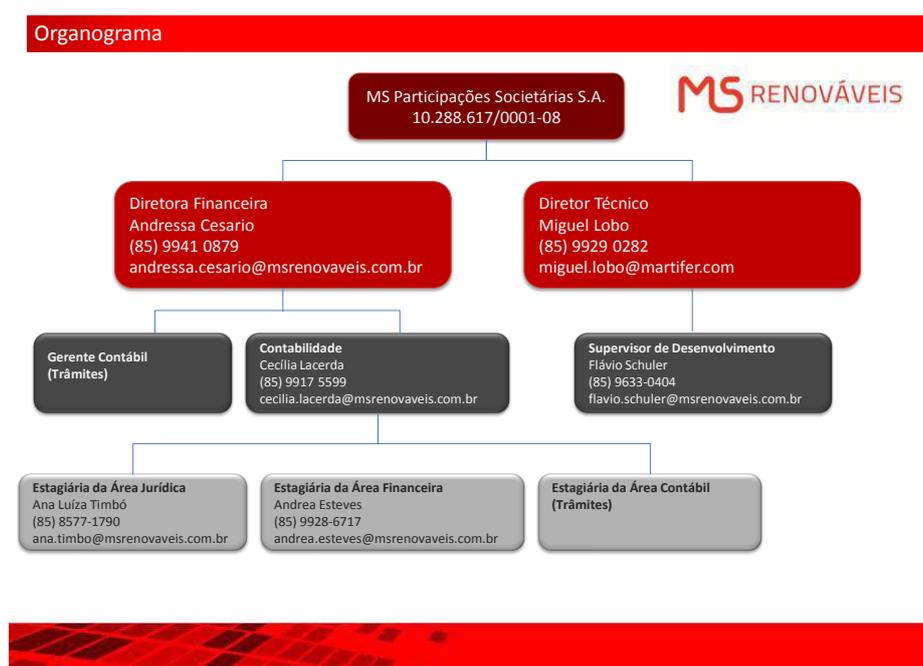


FIGURA 1. ORGONOGRAMA DA MS PARTICIPAÇÕES SOCIETÁRIAS

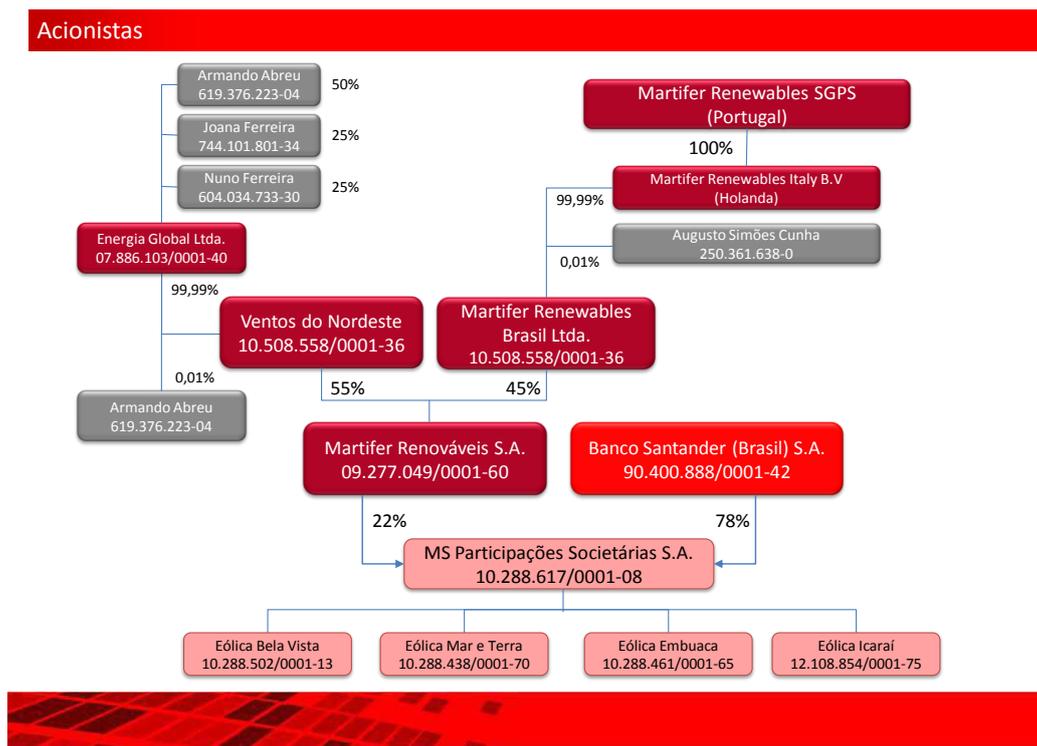


FIGURA 2. ORGONOGRAMA DA ESTRUTURA SOCIETÁRIA DAS SPE'S

2.1 GRUPO MARTIFER

O Grupo Martifer é um grupo internacional português fundado em 1990, originalmente com atuação em construções metálicas. Atualmente líder de mercado em construções metálicas da península Ibérica, desenvolve atividade também no setor das energias renováveis, apresentando crescente presença na Europa Central, Brasil, Angola e Austrália. O portfólio do grupo é extenso e compreende desde estruturas metálicas para recintos desportivos, aeroportos, centros comerciais, passando por unidades industriais, pontes, equipamentos culturais, parques eólicos, parques solares entre outros.

O Grupo Martifer é cotado na bolsa portuguesa, através da sua *holding* Martifer SGPS possuindo capital aberto com ações listadas na Euronext de Lisboa. Tem registrado crescimentos muito relevantes com as receitas operacionais dos últimos 3 anos sempre superiores a 600 milhões de Euros. O Grupo Martifer atua hoje em 2 setores:



FIGURA 3. ÁREAS DE ATUAÇÃO DA MARTIFER

Na área das Energias Renováveis exerce a sua atividade em três segmentos de negócio:

- **EQUIPAMENTOS PARA ENERGIA | MARTIFER ENERGY SYSTEMS** – Aproveitando a experiência adquirida nas estruturas metálicas, o Grupo explorou sinergias e criou a área de negócio de Equipamentos de Energia em 2004. A estratégia se baseou no desenvolvimento de diferentes tecnologias: i) em energia eólica, com a produção de componentes para a energia eólica, para qual objetivo, possui fábricas em operação em Portugal e nos EUA e com uma *joint venture* com a Repower Systems AG, da qual resulta a Repower Portugal, que visa fazer a montagem e montagem de aerogeradores em Portugal, bem como sua construção, operação e manutenção; ii) soluções *turnkey* de unidades industriais com elevado nível de incorporação tecnológica;
- **SOLAR | MARTIFER SOLAR** – criada em 2006, pretende conceber, desenhar, produzir e instalar sistemas solares, focalizando-se essencialmente na construção de projetos solares fotovoltaicos (usando os painéis solares produzidos nas suas fábricas), abarca hoje também toda a fase de desenvolvimento dos projetos para entidades externas;
- **RE DEVELOPER | MARTIFER RENEWABLES** – iniciada em 2005 dedica-se à produção de eletricidade através de fontes de energia renovável e posiciona-se como um player relevante no mercado de geração e comercialização de energia elétrica a partir de fonte renovável.

A Martifer Renewables SGPS é a holding do segmento RE Developer. Detém um portfolio de projetos em desenvolvimento de cerca de 3.500 MW (dos quais 2.000

MW lhe são diretamente atribuíveis considerando as participações societárias) em empresas e projetos de geração de energia por meio das matrizes eólica e solar e um conjunto diverso de projetos em operação que se apresenta abaixo:

TABELA 1. PARQUES EÓLICOS EM OPERAÇÃO DE PROPRIEDADE DA MARTIFER

País	Fonte	Capacidade (MW)	Participação Martifer	Tipo de Tarifa
Portugal	Eólica	18,9	50%	Feed-in
Polônia	Eólica	10,0	100%	Mercado/PPA
Brasil	Eólica	14,7*	55%	PROINFA
Espanha	Solar/PV	7,2	100%	Feed-in
Total		50,8		

* Limitados a 13,73 MW de potência instalada

O Grupo Martifer está presente no Brasil desde Agosto de 2008, com a atividade econômica de geração de energia elétrica a partir de geradores eólicos, incluindo o desenvolvimento de estudos de viabilidade, implantação, montagem e administração de referidos projetos eólicos, e a comercialização de energia deles decorrentes.

O Grupo Martifer Renováveis no Brasil tem hoje uma estrutura com 19 empresas no setor das energias renováveis que comportam projetos em diversas fases de desenvolvimento. A holding do grupo no Brasil é a Martifer Renováveis S.A., detida em 55% pela Martifer Renewables Brasil Ltda. (inscrita no CNPJ sob o nº 10.508.558/0001-36) e pela Ventos do Nordeste Participações Ltda. em 45% (CNPJ nº 10.570.023/0001/95).

A empresa Ventos do Nordeste Participações Ltda. pertence ao Grupo Energia Global, um grupo com atuação na área das energias renováveis no Brasil, nomeadamente com projetos eólicos e de biomassa.

Na estrutura societária do Grupo as empresas de projeto mais relevantes, a esta data, são:

- Rosa dos Ventos S.A. - Possui 2 parques eólicos no Município de Aracati, Ceará, em operação desde Dezembro de 2008 - Canoa Quebrada e Lagoa do Mato - com um total de 14,7MW de potência instalada correspondente

a 7 aerogeradores Suzlon S88 de 2,1MW. Estes projetos possuem um PPA, por 20 anos, assinado com a Eletrobrás no âmbito do PROINFA com um total de energia contratada de 58.354 MWh/ano. Os projetos da Rosa dos Ventos encontram-se financiados em regime de *project finance* pelo BNB desde 2008.

- MS Geração e Energia e Participação S.A. – Contemplam 4 projetos eólicos, localizados nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, para os quais foi assegurada tarifa no leilão de energia de reserva de fonte eólica realizado na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), ocorrido em 14 de Dezembro de 2009.

De referir ainda que, em 2010, o Grupo Martifer intensificou a sua presença no Brasil com a constituição da Martifer – Construções Metálicas Ltda. que, registrada em Fortaleza-Ceará, vai atuar como sede de operações para desenvolvimento da área de negócio no mercado Brasileiro.

2.2 GRUPO SANTANDER

O Grupo Santander é uma instituição com sede na Espanha, o qual, em 2007, participou do consórcio que fechou um importante negócio na história da indústria bancária mundial, ao adquirir 86% das ações do banco holandês ABN AMRO, por 71 bilhões de euros.

O Grupo Santander foi fundado em 1857 e possuía, ao final do primeiro trimestre de 2011, cerca de 1,2 trilhões de euros em ativos, quase 1,4 trilhões de euros em fundos, mais de 90 milhões de clientes e mais de 14 mil agências, estando presente em aproximadamente 40 países e contando com mais de 181 mil funcionários. Um dos principais grupos financeiros de Espanha e da América Latina, desenvolve uma importante atividade de negócios na Europa, região na qual alcançou uma presença destacada no Reino Unido, por meio do Abbey National Bank Plc, assim como em Portugal. É um dos líderes em financiamento ao consumo na Europa, por meio do Santander Consumer, com presença em 12 países do continente e nos Estados Unidos.

Em 1957, o Grupo Santander entrou no mercado brasileiro por meio de um contrato operacional celebrado com o Banco Intercontinental do Brasil S.A. Em 1997,

adquiriu o Banco Geral do Comércio S.A., em 1998 adquiriu o Banco Noroeste S.A., em 1999 adquiriu o Banco Meridional S.A. (incluindo sua subsidiária, o Banco Bozano, Simonsen S.A.), e em 2000 adquiriu o Banespa. Com a compra do Banco Real, realizada em 24 de julho de 2007 e a posterior incorporação de suas ações em 29 de agosto de 2008, o Santander Brasil tem presença ativa em todos os segmentos do mercado financeiro, com uma completa gama de produtos e serviços em diferentes segmentos de clientes - pessoas físicas, pequenas e médias empresas, corporações, governos e instituições. A sua presença está estrategicamente concentrada nas regiões Sul e Sudeste, responsáveis pela maior fatia do PIB nacional. O Banco Santander (Brasil) S.A. possui uma participação de mercado expressiva nessas regiões, com destaque para o estado de São Paulo, onde é um dos bancos líderes.

Ao final do primeiro trimestre de 2011, o Banco Santander Brasil S.A. possuía uma carteira de mais de 23 milhões de clientes, 2.232 agências e 18.099 caixas eletrônicos, encerrando o ano com um total de ativos de aproximadamente R\$390 bilhões e patrimônio líquido de R\$74,0 bilhões. O Santander, no Brasil, possui uma participação de aproximadamente 25% dos resultados do Grupo Santander no Mundo, além de representar mais de 50% no resultado do Grupo Santander na América Latina. Hoje a sede brasileira é o quinto maior banco em ativos no Brasil, conforme dados do Banco Central de março de 2011.

O Banco Santander possui uma área denominada Asset & Capital Structuring (A&CS) que tem como uma de suas atividades o investimento de capital em projetos de energia renovável. No Brasil, essa área possui um fundo aprovado pelo Banco Santander Brasil S.A. para este tipo de investimentos. A área de A&CS já conta com mais de 600MW em projetos de energia eólica sob sua gestão e acompanhamento, além de já ter participado com sucesso de leilões do governo federal, tanto no Leilão de Energias Renováveis (LER) quanto no Leilão de Fontes Alternativas (LFA). Além disso, a equipe possui projetos para participar do próximo leilão e atua intensivamente na análise de novos projetos de energias renováveis, principalmente de fontes eólicas.

Na Espanha, essa mesma área atua há mais de 10 anos nesse ramo e já realizou diversos projetos de energia eólica adquirindo denso conhecimento sobre o setor e apresentando números surpreendentes ao longo dos anos.

A equipe é formada por profissionais com experiência tanto no ramo energético como no financeiro, que estão sempre em busca de novas oportunidades de

investimento, contribuindo para o desenvolvimento de novas fontes energéticas no país. A área atua com grande sinergia com uma das frentes mais importantes do banco, a sustentabilidade, e, além disso, ainda conta com outro produto totalmente direcionado a créditos de carbono, desde sua monetização até sua comercialização, gerando novamente sinergia com os projetos de energias renováveis e com a idéia de sustentabilidade fortemente presente na instituição, contribuindo para um desenvolvimento sustentável do país e do mundo.

2.3 EÓLICA BELA VISTA

2.3.1 O PROJETO

A empresa proponente Eólica Bela Vista Geração e Comercialização de Energia S.A. (“Bela Vista”) é uma Sociedade de Propósito Específico (“SPE”) detida 100% pela empresa MS Geração de Energia e Participações S.A., a qual por sua vez é controlada por dois grupos: 30,14% pela Martifer Renováveis e 69,86% pelo Santander. A Bela Vista foi criada especificamente para o desenvolvimento de um Parque Eólico de 27,3 MW de capacidade instalada e garantia física de 11,7 MW. A empresa vendeu 11 lotes no Leilão de Energia Renovável de 2009 (“LER 2009”) a um preço de R\$ 152,63/MWh. Os investimentos necessários para construção do parque somam R\$ 114,2 milhões.

A Eólica Bela Vista Geração e Comercialização de Energia S.A. (“Bela Vista”) é a empreendedora do projeto eólico denominado UEE Bela Vista, no município de Areia Branca, estado do Rio Grande do Norte. A planta eólica será constituída de 13 (treze) aerogeradores sendo 4 Suzlon S88 com 80 metros de altura e 9 aerogeradores S95 com 90 metros de altura, ambos com 2.100 kW, totalizando uma capacidade instalada de 27,3 MW.

O projeto participou do Leilão de Energia de Reserva, organizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL realizado em 14 de Dezembro de 2009, Edital de Leilão nº 003/2009, ocasião em que foi negociada toda a produção com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica-CCEE, em contrato de venda de energia por prazo de 20 anos. A empresa assegurou uma tarifa de R\$ 152,63 / MWh (data base do leilão

14 de Dezembro de 2009) para uma adjudicação contratada de 11 lotes de energia correspondentes a 96.360 MWh. A Eólica Bela Vista é a Sociedade de Propósito Específico (SPE) que tem por finalidade a comercialização da energia gerada à CCEE.

TABELA 2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PARQUE EÓLICO BELA VISTA

Parque	Capacidade Instalada	Lotes no Leilão	Garantia Física	Preço Base nov/2009	Investimento Previsto
Bela vista	27,3 MW	11	11,7 MW	R\$ 152,63 / MWh	R\$ 114,2 mm

Para o processo de desenvolvimento do projeto a empreendedora contratou os serviços de consultoria e acessória técnica da **BRASELCO Serviços Ltda**[4]. Visando realizar: a Identificação do Sítio para a implantação da UEE Bela Vista; Medição dos Recursos Eólicos no local; Obtenção do Registro para Habilitação Técnica, com vistas à participação nos leilões de energia, emitido pela ANEEL; das Licenças Ambientais emitidas pela IDEMA/RN; do Parecer de Acesso à Rede Elétrica emitido pela ONS; Realização dos Estudos de Micrositing e Cálculo das Produções Anuais de energia; Cálculo da Energia de Referência; e Desenvolvimento do Projeto Básico da planta eólica.

A estrutura básica prevista para o empreendimento conta com: estradas de acesso, plataformas, fundações, transformadores individuais, rede elétrica interna, rede de comunicação interna, subestação de saída, “bay de conexão”, linha de transmissão e casa de controle. Para a construção e operação do parque eólico foi já contratado, através de contrato fechado de *Engineering, Procurement and Construction* (EPC), o fornecedor **Suzlon Energia Eólica do Brasil**[5], Ltda. Neste contrato de engenharia, aquisição e montagem de equipamentos e construção de parque eólico em regime de empreitada integral por preço global (Turnkey Lump Sum) estão incluídas a contratação e a montagem dos equipamentos, a construção civil de todo o parque eólico, a rede elétrica interna, a subestação, a garantia e operação e manutenção futurados equipamentos eólicos.

Para a linha de transmissão e Bay de Conexão, itens não contemplados no contrato referido acima, foram selecionados respectivamente o fornecedor Alubar e a ABB, ambos por serem empresas especializadas na área elétrica e com provas dadas no Brasil neste tipo de infraestruturas permitindo elevado grau de confiança na

performance e no trabalho. Salientamos que para a Linha de Transmissão, à semelhança do parque eólico, foi adotada uma estrutura contratual de EPC fechado sendo portanto esta linha construída no âmbito de um contrato de Engenharia, Aquisição e Montagem de Equipamentos e Construção de Linha de Transmissão em regime de Empreitada Integral por Preço Global.

As figuras seguintes apresentam fotomontagens computacionais da UEE Bela Vista após a sua implantação:

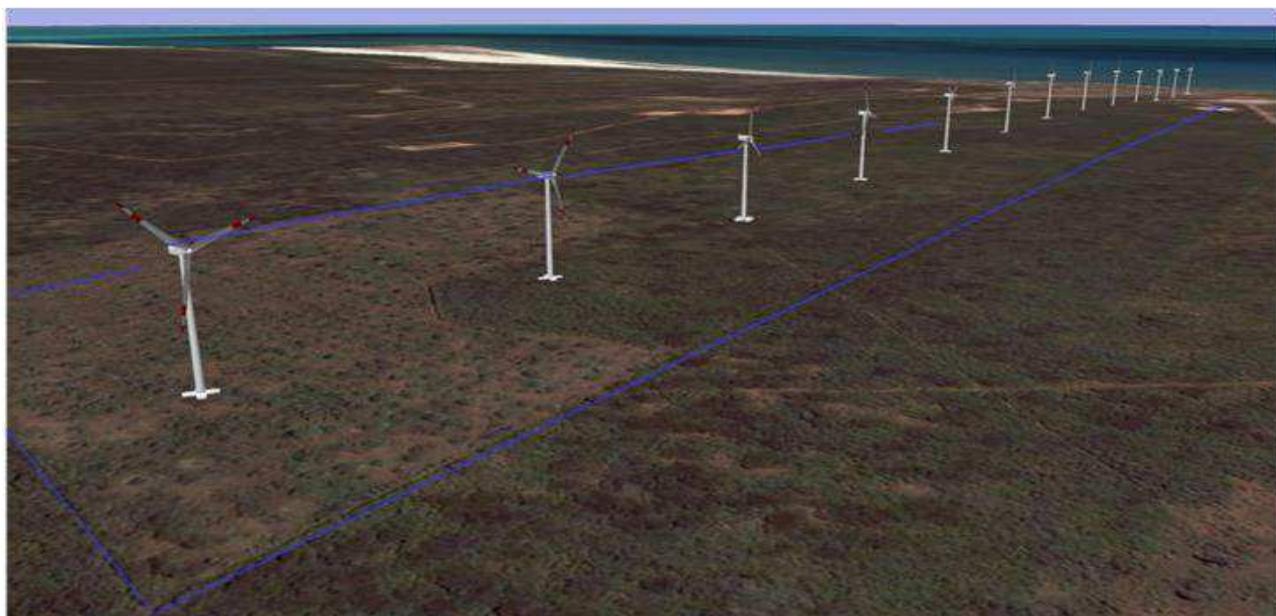


FIGURA 4. FOTOMONTAGEM 1 DA UEE BELA VISTA

As áreas não aproveitadas poderão ser utilizadas para outras atividades desde que não interfiram na operação da central eólica.

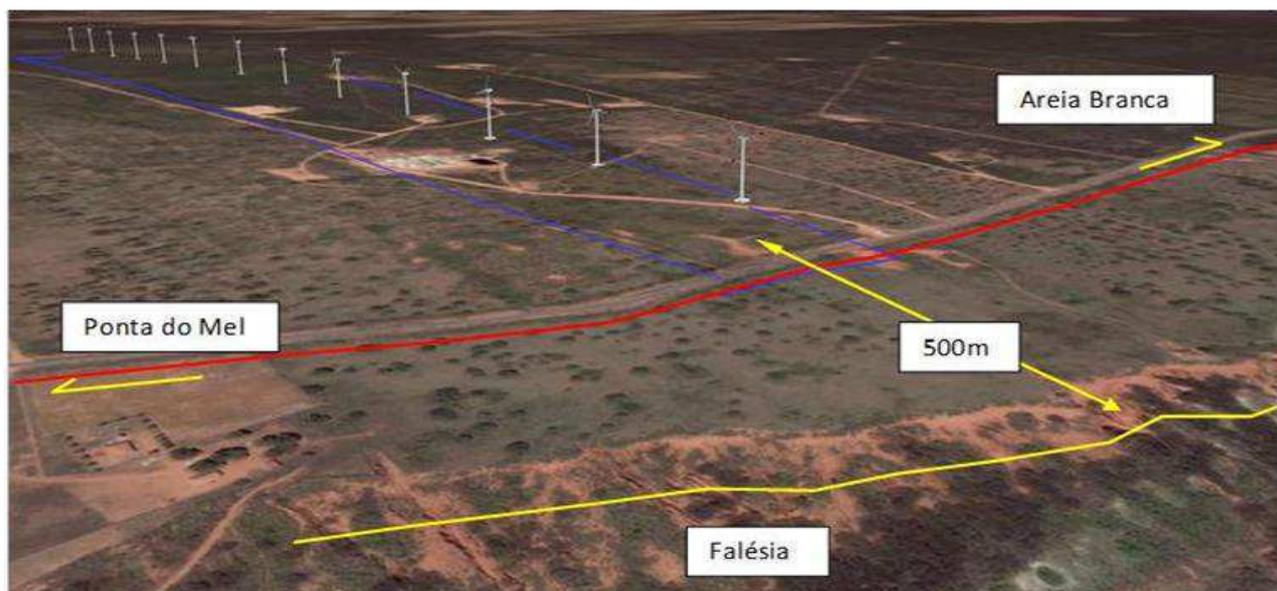


FIGURA 5. FOTOMONTAGEM 2 DA UEE BELA VISTA

2.3.1.1 LOCALIZAÇÃO

A UEE Bela Vista será implantada no município de Areia Branca, litoral oeste do estado do Rio Grande do Norte. A área destinada à implantação da centraleólica encontra-se referenciada pelas coordenadas geográficas $04^{\circ} 58' 34,5''S$, $36^{\circ} 54' 10,7'' W$ (SAD69) e deverá ocupar uma área total de 145,68 ha.

O local de implantação do projeto eólico se encontra a, aproximadamente, 278 km de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte. Partindo de Natal, a principal rota de acesso à área do empreendimento é feita pela BR-304, na qual se segue por, aproximadamente, 207 km até a Cidade de Açu. Neste ponto, toma-se a RN-016, e percorre-se 28 km até chegar à cidade de Carnaubais. Depois se prossegue pela RN-404 por 40 km até chegar à localidade de Ponta do Mel. Neste ponto segue em direção a Areia Branca e após percorrer mais 3 km, chega-se à Fazenda Bela Vista, local onde será implantado o projeto.



FIGURA 6. LOCALIZAÇÃO DA UEE BELA VISTA BEM COMO AS PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO.



FIGURA 7. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE COBERTURAS DE SOLO NAS IMEDIAÇÕES DA PROPRIEDADE PARA A INSTALAÇÃO DA UEE BELA VISTA.

A área destinada à implantação da usina eólica pode ser caracterizada por sedimentos arenosos compactados, com terreno composto por vegetação rasteira, plantação de coqueiros, vegetação arbustiva e áreas alagáveis. O relevo é caracterizado

como simples e pouco acidentado. As construções existentes dentro da Fazenda Bela Vista são: casa sede, casa do morador e galpões.

Atualmente o projeto possui direitos de propriedade salvaguardados através de contratos específicos anexos. A propriedade onde o empreendimento será implantado possui proprietário único, fato este que minimiza riscos fundiários.

Informações específicas e necessárias para a caracterização da área de implantação do projeto eólico, bem como das regiões circunvizinhas, foram obtidas através de carta topográfica municipal e de zoneamento ambiental da área do projeto, além de imagens de satélites recentes e modelos digitais de elevação - DEM.

Um ponto importante na caracterização do terreno foi o tratamento de todas as fontes de informações georeferenciadas para um único modelo de projeção. Desta forma, todos dados de entrada foram condicionados para a projeção UTM e datum SIRGAS 2000.

2.3.1.2 ESTÁGIO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto básico e estudos de vento e anemométricos que permitiram o cadastramento em leilão foram conduzidos pela Braselco para o período de 01/04/2008 a 31/03/2009. Foram ainda certificados pela *Megajoule*[6] II, Consultoria em Energias Renováveis, S.A., que atestou que a campanha de medição de dados de vento na estação de referência foi concebida, planeada e monitorizada segundo as boas práticas do setor eólico, respeitando as recomendações técnicas da International Energy Agency - IEA, International Electrotechnical Commission - IEC, American Wind Energy Association - AWEA e National Renewable Energy Laboratory – NREL, fato este que certificou a capacidade de geração elétrica dos referidos parques.

O levantamento Planialtimétrico apresentou o traçado das curvas de nível de 1,0 em 1,0 metro, refratando a morfologia atual do relevo, e também a poligonal delimitadora da área do projeto. O estudo Planialtimétrico atualizado é de responsabilidade do técnico em agrimensura Edmar Machado Júnior, CREA/CE 005284-TD.

2.3.1.3 PROJETO BÁSICO - ELÉTRICO

A UEE Bela Vista, com potência prevista de 27,3 MW, é constituída por 13 (treze) turbinas eólicas, divididas em 2 conjuntos com 4 máquinas Suzlon S88, com 80 metros de altura, e 9 máquinas S95 com 90 metros de altura. Cada uma das 13 turbinas da central eólica será equipada com um gerador assíncrono trifásico de 4 pólos, com alimentação simples e tensão de saída de 600 V (60Hz) e com fator de potência nominal $\cos(\varphi)$ de 0,92. Cada aerogerador conta com um banco de capacitores chaveáveis (14 ao todo) para correção do fator de potência, permitindo que a máquina opere entre $0,92(\text{ind}) < \cos(\varphi) < 0,99(\text{cap})$.

A capacidade nominal de cada gerador é 2.100 kW na velocidade rotacional de 1.836 rpm. A faixa de velocidade operacional do gerador é entre 1.800 e 2.100 rpm.

Cada turbina eólica possui um sistema de controle micro-processado, abrigado na parte inferior interna da torre metálica, com módulos de supervisão e controle completos o que garante a segurança e a otimização de sua operação. O sistema de controle monitora as principais variáveis operacionais da turbina, atuando automaticamente e interrompendo o seu funcionamento na ocorrência de determinados eventos específicos. O sistema também permitirá, de forma remota, o acompanhamento e o controle operacional da máquina.

No interior da torre metálica de sustentação do aerogerador, descerão condutores elétricos que transportarão a energia elétrica produzida pelo gerador em baixa tensão até a sua subestação unitária. A ligação dos condutores entre a base de concreto do aerogerador e a base da subestação unitária terá instalação subterrânea em eletrodutos diretamente enterrados no solo e envelopados com concreto.

Cada subestação unitária será montada em um cubículo especial para instalação ao tempo, que abrigará um transformador elevador trifásico com capacidade de 2.500 kVA que é ligado na configuração delta (BT-Baixa Tensão) / estrela (MT- Média Tensão), nos níveis de tensão 600 V / 34,5 kV. No secundário do transformador será instalado um disjuntor extraível, 34,5 kV, com funções de proteção programáveis, controlado remotamente pelo sistema SCADA. A saída do disjuntor de média tensão

será conectada, a partir de uma linha de transporte, a um barramento de transição, que fará a interconexão entre as máquinas de cada conjunto.

Além do transformador, disjuntor e medidores, o cubículo da subestação unitária também deverá abrigar os transformadores de corrente e os respectivos relés de proteção, chaves de controle da instrumentação (V/A/Hz/kW), botoeiras e sinalizadores para operação segura no local. Os barramentos de transição serão construídos em linhas subterrâneas, em média tensão - 34,5 kV.

De cada barramento, que interconecta um conjunto de aerogeradores, partirá um ramal de alimentação que irá se conectar ao barramento intermediário, localizado na subestação elevadora de saída da central eólica. As conexões dos alimentadores à SE de saída serão protegidas por disjuntores tripolares de MT, controlados remotamente pelo sistema SCADA, e abrigados em cubículos de MT próprios em instalação abrigada. Em suma, o barramento intermediário servirá de ponto de interconexão entre cada alimentador e o primário do transformador elevador da SE.

Os cubículos abrigarão, além dos disjuntores, os transformadores de corrente e os respectivos relés de proteção, além das chaves, da instrumentação (V/A/Hz/kW), botoeiras e sinalizadores para operação local.

A subestação elevadora também deverá contar com um barramento duplo a 4 chaves permitindo operações de by-pass entre os barramentos, em 230 kV.

Na subestação de saída da central eólica será instalado um transformador elevador trifásico com capacidade de 40.000/50.000 kVA, na ligação estrela (MT) / delta (AT-Alta Tensão) e com os níveis de tensão 34,5 kV / 230 kV. No secundário do transformador, que terá um controle de tap ajustável, será instalado um disjuntor de 230 kV com funções de proteção programáveis e controlado remotamente pelo sistema SCADA, além de uma chave seccionadora de curto-circuito a terra, a qual garante proteção em situações de manutenção no vão do disjuntor. Na saída do disjuntor também poderão ser instalados registradores dos parâmetros de qualidade de energia.

Da saída da subestação partirá uma linha de transmissão, em circuito simples, com nível de tensão de 230 kV e comprimento aproximado de 52 km até a Subestação de Mossoró. A conexão da linha de transmissão da central eólica na SE Mossoró será feita a partir de um “bay de conexão”, permitindo a adequada e segura interligação da

central eólica ao sistema de distribuição da CHESF. A linha de transmissão deverá ser de instalação aérea segundo os padrões da CHESF.

A UEE Bela Vista deverá ter uma conexão compartilhada com a UEE Mar e Terra de acordo com o resultado do leilão de energia. Neste caso uma única subestação elevadora de saída deverá ser construída com transformador de 40/50MVA.

2.3.1.4 PROJETO BÁSICO - CIVIL

As obras e instalações civis previstas para a UEE Bela Vista estão, basicamente, relacionadas à fundação do aerogerador, ao pátio de manobras, instalações das SEs unitárias e de saída da central e estruturas de apoio, como guaritas de segurança, sala de controle e depósito ou almoxarifado.

A figura abaixo apresenta uma planta baixa da área de implantação de cada aerogerador, que inclui dimensões da fundação da turbina eólica, do pátio de manobras dos guindastes e das vias de acesso. Este projeto teve como base os projetos civis padrões para o aerogerador Suzlon S88 e S95, fornecidos pelo fabricante.

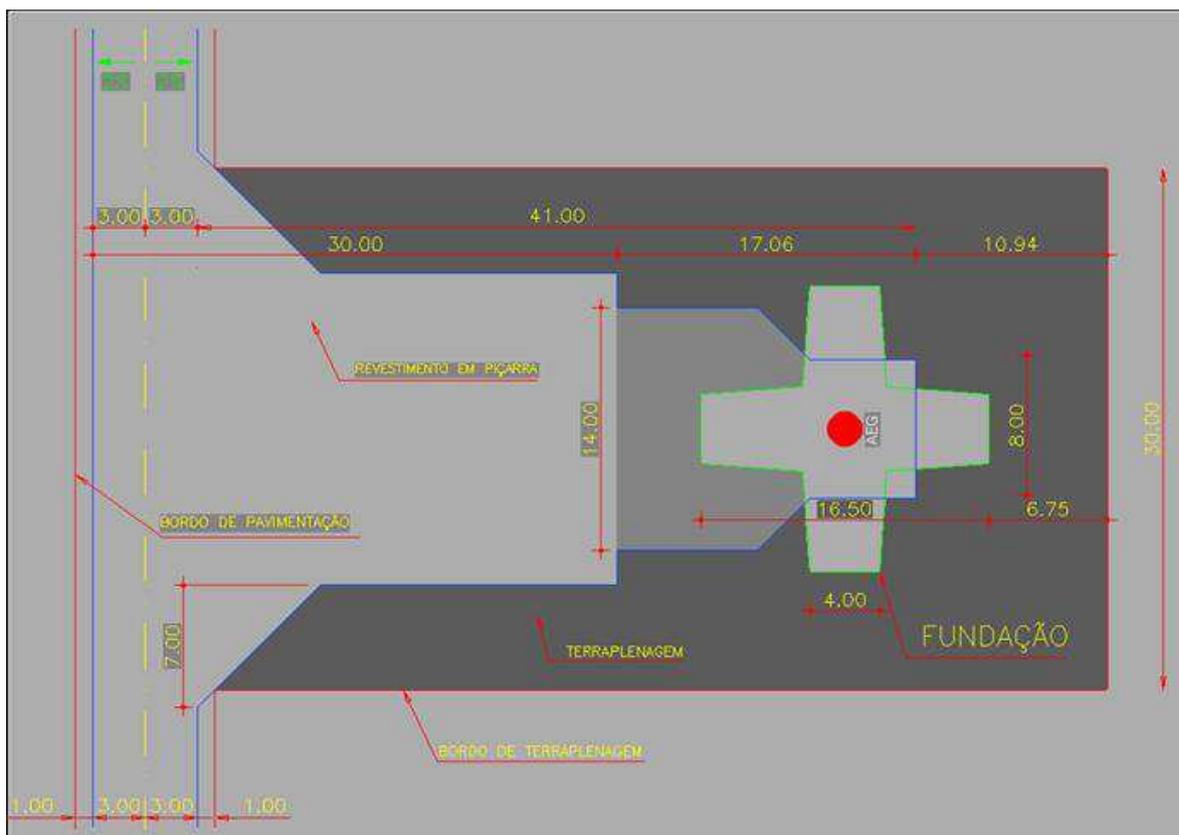


FIGURA 8. PLANTA BAIXA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DE CADA AEROGERADOR

Na fase de elaboração dos projetos executivos das obras civis deverão ser realizados estudos de engenharia para a adequação mais rigorosa do projeto de fundação padrão, visando atender as condições de resistência mecânica do solo do local.

A adequação do projeto de fundação do aerogerador visa também a sua adaptação às normas e leis vigentes do país, permitindo-se, em alguns casos, a aplicação do projeto padrão sem grandes alterações, e em outros, a utilização de novo projeto, específico para o local onde se deseja implantar a central eólica.

Também serão incluídos os projetos das vias de acesso ao sítio, o que inclui a definição do traçado, a partir do levantamento das interferências portuárias, rodoviárias e/ou ferroviárias de acessibilidade para os suprimentos do empreendimento eólico.

As dimensões e pesos das principais partes do aerogerador Suzlon S88 estão listados na tabela abaixo. Tais informações serão utilizadas para a realização das adequações das interferências e para o dimensionamento da capacidade de suporte dos pavimentos juntamente com as cargas dos guindastes.

TABELA 3. PLANTA BAIXA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DE CADA AEROGERADOR

Componente	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Peso (t)
Nacele	9,376	3,99	4,06	75,0
1° Elemento da Torre	17,290	-	-	61,4
2° Elemento da Torre	17,315	-	-	27,7
3° Elemento da Torre	19,705	-	-	39,4
4° Elemento da Torre	23,119	-	-	28,4
Rotor, c/ 3 pás	88,000	88,000	3,18	35,2

2.3.1.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO

Os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. A topografia e a rugosidade do solo são fatores de grande influência na distribuição de frequência de ocorrência dos ventos e de sua velocidade em um local. Além disso, a quantidade de energia eólica extraível numa região depende das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica instalados.

Um sistema eólico é constituído pelos seguintes componentes principais:

- Rotor: pás que captam a energia cinética dos ventos;
- Gerador: responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica;
- Mecanismos de controle: destinados a orientação do rotor, ao controle de velocidade, ao controle de carga etc;
- Torre: necessária para sustentar e posicionar o rotor em altura conveniente para o seu funcionamento;
- Transformador: responsável pelo acoplamento elétrico entre o aerogerador e a rede elétrica.

O funcionamento da turbina eólica é resultante da ação do fluxo de massa de ar incidente em seu rotor. Parte da energia cinética contida no vento é absorvida pelas pás da turbina, provocando a rotação do rotor. Essa rotação é transmitida por um eixo de rotação até um multiplicador de velocidade, do qual sai um eixo de alta rotação que é

conectado ao gerador elétrico assíncrono de indução. O gerador é responsável pela transformação de energia mecânica rotacional em energia elétrica.

O sistema de monitoramento completo, garante uma operação segura e confiável do aerogerador a qualquer hora. Este sistema de supervisão e controle que monitora as principais variáveis operacionais (tensão e frequência elétricas, temperatura, vibração etc.) e interrompe automaticamente o seu funcionamento quando algum problema de gravidade for detectado.

A energia elétrica produzida pelo gerador em tensão de 600V é elevada para 34.500V através de um transformador em cada aerogerador e injetada na rede de distribuição, que passa ao lado de todos os aerogeradores. No final da linha, um transformador se encarrega de elevar a tensão de 34,5 kV para 230 kV e a energia é enviada para a subestação de ligação.

2.3.1.6 TECNOLOGIA

As opções tecnológicas tomada para estes projetos foram os modelo de aerogeradores Suzlon S95 e S88, equipamento utilizado pelo Grupo Martifer em diversos projetos, nomeadamente em Portugal, Romênia e Brasil que com elevada e comprovada capacidade operacional e de rendimento se revela adequado às condições de vento características do Brasil.

O projeto de engenharia do modelo de aerogerador Suzlon S88, classe IEC II-A, é baseado numa máquina com rotor de três pás, eixo horizontal de concepção *upwind*, ou seja, o rotor opera na frente da torre, e controle de potência por *Pitch* - passo variável.

A máquina é projetada para emitir baixos índices de ruído e é capaz de produzir eletricidade com velocidades de vento a partir de 4 m/s (*cut-in*), atingindo sua capacidade nominal em velocidades próximas a 14 m/s e interrompendo a sua geração em velocidades de vento superiores à 25 m/s (*cut-out*).

Para o modelo S88 com, 80 metros de altura, o cubo do rotor fixa as 3 pás que varrem uma área circular de 6.082 m² e 88 m de diâmetro. Estruturalmente, a turbina será constituída de uma torre tubular, em aço, com cerca de 77,5 metros de altura (resultando em altura do cubo de 80m). A torre será fixada ao solo por meio de uma fundação de concreto armado, com dimensões aproximadas de 16 m x 16 m.

À medida que os parques eólicos com ventos de alta velocidade tornam-se saturados, o foco passa a ser o fornecimento de soluções eficientes que se adaptem a ventos de baixa velocidade. As turbinas S9X vão ao encontro desta demanda. Levando em consideração a dinâmica dos regimes de vento, a Suzlon projetou a linha S9X formada pelas turbinas S95 e S97, com 2.1 MW de potência. O design da linha S9X é uma evolução do modelo S88, que hoje responde por 4.100 MW de capacidade instalada em 11 países e apresenta índices globais de disponibilidade acima de 97%, fazendo deste o modelo mais robusto da Suzlon até o momento.

2.4 EÓLICA MAR E TERRA

2.4.1 O PROJETO

A Eólica Mar e Terra Geração e Comercialização de Energia S.A. (“Mar e Terra”) é a empreendedora do projeto eólico denominado UEE Mar e Terra, no município de Areia Branca, estado do Rio Grande do Norte. A planta eólica será constituída de 11 (onze) aerogeradores Suzlon S88 (1 aerogerador com 80 metros de altura e 10 aerogeradores com 100 metros de altura) de 2.100 kW, totalizando uma capacidade instalada de 23.100 kW.

O projeto participou do Leilão de Energia Reserva, organizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL realizado em 14 de Dezembro de 2009, Edital de Leilão nº 003/2009, ocasião em que foi negociada toda a produção com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica-CCEE, em contrato de venda de energia por prazo de 20 anos. A empresa assegurou uma tarifa de R\$ 152,64 / MWh (data base do leilão 14 de Dezembro de 2009) para uma adjudicação contratada de 8 lotes de energia correspondentes a 70.080 MWh. A Eólica Mar e Terra é a Sociedade de Propósito Específico (“SPE”) que tem por finalidade a comercialização da energia gerada à CCEE.

TABELA 4. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PARQUE MAR E TERRA

Parque	Capacidade Instalada	Lotes no Leilão	Garantia Física	Preço Base nov/2009	Investimento Previsto
Mar e Terra	23,1 MW	8	8,3 MW	R\$ 152,64 / MWh	R\$ 97,3mm

Para o processo de desenvolvimento do projeto a empreendedora contratou os serviços de consultoria e acessória técnica da BRASELCO Serviços Ltda visando realizar: a Identificação do Sítio para a implantação da UEE Mar e Terra; Medição dos Recursos Eólicos no local; Obtenção do Registro para Habilitação Técnica, com vistas à participação nos leilões de energia, emitido pela ANEEL; das Licenças Ambientais emitidas pela IDEMA/RN; do Parecer de Acesso à Rede Elétrica emitido pela ONS; Realização dos Estudos de Micrositing e Cálculo das Produções Anuais de energia; Cálculo da Energia de Referência; e Desenvolvimento do Projeto Básico da planta eólica.

A estrutura básica prevista para o empreendimento conta com: estradas de acesso, plataformas, fundações, transformadores individuais, rede elétrica interna, rede de comunicação interna, subestação de saída, “bay de conexão”, linha de transmissão e casa de controle. Para a construção e operação do parque eólico foi já contratado, através de contrato fechado de *Engineering, Procurement and Construction* (EPC), o fornecedor Suzlon Energia Eólica do Brasil, Ltda. Neste contrato de engenharia, aquisição e montagem de equipamentos e construção de parque eólico em regime de empreitada integral por preço global (Turnkey Lump Sum) estão incluídos a contratação e montagem dos equipamentos, a construção civil de todo o parque eólico, a rede elétrica interna, a subestação, a garantia e operação e manutenção futurados equipamentos eólicos.

Para a linha de transmissão e Bay de Conexão, itens não contemplados no contrato referido acima, foram selecionados respectivamente o fornecedor Alubar e a ABB, ambos por serem empresas especializadas na área elétrica e com provas dadas no Brasil neste tipo de infraestruturas permitindo elevado grau de confiança na performance e no trabalho. Salientamos que para a Linha de Transmissão, à semelhança do parque eólico, foi adotada uma estrutura contratual de EPC fechado sendo portanto esta linha construída no âmbito de um contrato de Engenharia, Aquisição e Montagem

de Equipamentos e Construção de Linha de Transmissão em regime de Empreitada Integral por Preço Global.

As figuras seguintes apresentam fotomontagens computacionais da UEE Mar e Terra após a sua implantação:



FIGURA 9. FOTOMONTAGEM DA UEE MAR E TERRA

As áreas não aproveitadas poderão ser utilizadas para outras atividades desde que não interfiram na operação da central eólica.

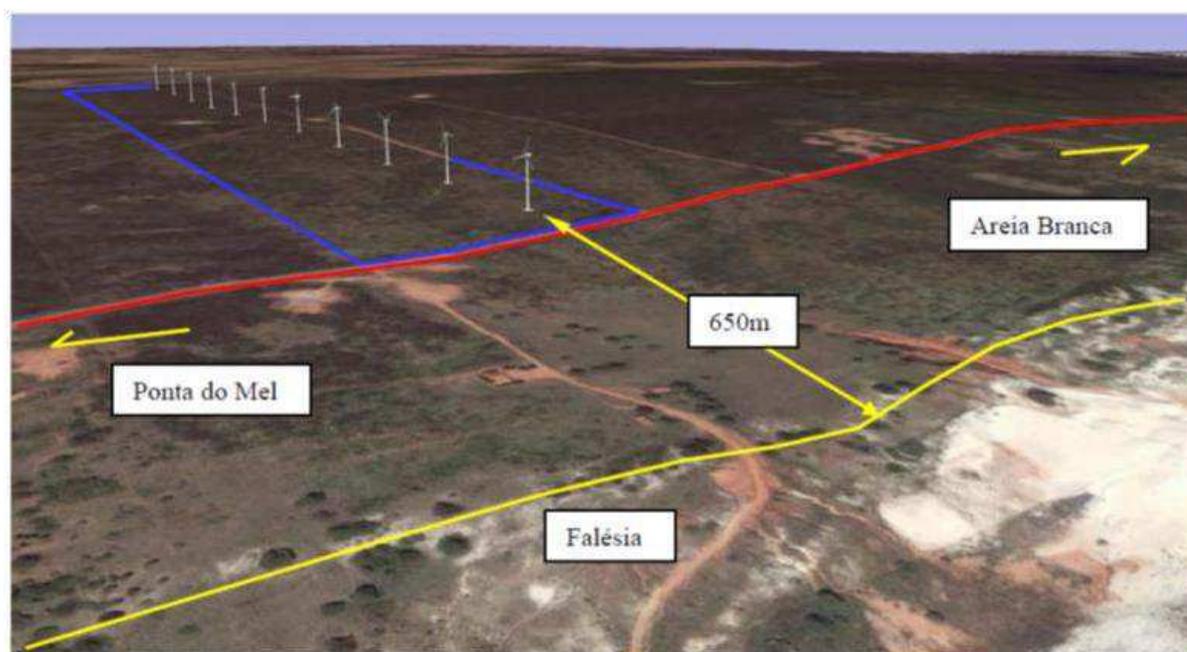


FIGURA 10. FOTOMONTAGEM DA UEE MAR E TERRA

2.4.1.1 LOCALIZAÇÃO

A UEE Mar e Terra será localizada no município de Areia Branca, litoral do estado do Rio Grande do Norte. A área destinada à implantação da central eólica encontra-se referenciada pelas coordenadas geográficas 04° 58' 25,1" S, 36° 55' 03,7" W (SIRGAS2000) e deverá ocupar uma área total de 135,36 ha.

O local de implantação do projeto eólico encontra-se a aproximadamente 280 km de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte. Partindo de Natal, a principal rota de acesso à área do empreendimento é feita pela BR-304, na qual se segue por, aproximadamente, 207 km até a Cidade de Açu. Neste ponto, toma-se a RN-016, e percorre-se 28 km até chegar à cidade de Carnaubais. Depois se prossegue pela RN-404 por 40 km até chegar à localidade de Ponta do Mel. Neste ponto segue em direção a Areia Branca e após percorrer mais 5 km, chega-se à Fazenda Mar e Terra, local onde será implantado o projeto.



FIGURA 11. LOCALIZAÇÃO DA UEE MAR E TERRA, BEM COMO AS PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO PARTINDO DE NATAL.



FIGURA 12. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE COBERTURA DO SOLO NAS IMEDIAÇÕES DA ÁREA PARA A INSTALAÇÃO DA UEE MAR E TERRA.

A área destinada à implantação da usina eólica pode ser caracterizada por sedimentos arenosos compactados. O terreno é composto por vegetação rasteira, plantação de coqueiros, vegetação arbustiva e áreas alagáveis. O relevo é caracterizado como simples e pouco acidentado. As construções existentes dentro da Fazenda Mar e Terra são: casa sede, casa do morador e galpões.

Atualmente o projeto possui direitos de propriedade salvaguardados através de contratos específicos anexos. A propriedade onde o empreendimento será implantado possui proprietário único, fato este que minimiza riscos fundiários.

Informações específicas e necessárias para a caracterização da área de implantação do projeto eólico, bem como das regiões circunvizinhas, foram obtidas através de carta topográfica municipal e de zoneamento ambiental da área do projeto, além de imagens de satélites recentes e modelos digitais de elevação - DEM.

Um ponto importante na caracterização do terreno foi o tratamento de todas as fontes de informações georeferenciadas para um único modelo de projeção. Desta forma, todos dados de entrada foram condicionados para a projeção UTM e datum SIRGAS2000.

2.4.1.2 ESTÁGIO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto básico e estudos de vento e anemométricos que permitiram o cadastramento em leilão foram conduzidos pela Braselco para o período de 01/04/2008 a 31/03/2009. Foram ainda certificados pela Megajoule II, Consultoria em Energias Renováveis, S.A., que atestou que a campanha de medição de dados de vento na estação de referência foi concebida, planejada e monitorizada segundo as boas práticas do setor eólico, respeitando as recomendações técnicas da International Energy Agency - IEA, International Electrotechnical Commission - IEC, American Wind Energy Association - AWEA e National Renewable Energy Laboratory – NREL, fato este que certificou a capacidade de geração elétrica dos referidos parques.

O levantamento Planialtimétrico apresentou o traçado das curvas de nível de 1,0 em 1,0 metro, refratando a morfologia atual do relevo, e também a poligonal delimitadora da área do projeto. O estudo Planialtimétrico atualizado é de responsabilidade do técnico em agrimensura Edmar Machado Júnior, CREA/CE 005284-TD.

2.4.1.3 PROJETO BÁSICO - ELÉTRICO

A UEE Mar e Terra, com potência prevista de 23,1 MW, é constituída por 11 turbinas eólicas, divididas em 2 conjuntos com 10 máquinas com altura de 100 metros e 1 máquina com altura de 80 metros. A capacidade nominal de cada gerador é x kW na velocidade rotacional de 1.836 rpm e a faixa de velocidade operacional do gerador é entre 1.800 e 2.100 rpm.

Cada uma das 11 turbinas da central eólica será equipada com um gerador assíncrono trifásico de 4 pólos, com alimentação simples e tensão de saída de 600 V e com frequência de 60Hz..

Cada turbina eólica possui um sistema de controle micro-processado, abrigado na parte inferior interna da torre metálica, com módulos de supervisão e controle completos; o que garante a segurança e a otimização de sua operação. O sistema de controle monitora as principais variáveis operacionais da turbina, atuando automaticamente e interrompendo o seu funcionamento na ocorrência de determinados eventos específicos. O sistema também permitirá, de forma remota, o acompanhamento e o controle operacional da máquina.

No interior da torre metálica de sustentação do aerogerador, descerão condutores elétricos que transportarão a energia elétrica produzida pelo gerador em baixa tensão até a sua subestação unitária. A ligação dos condutores entre a base de concreto do aerogerador e a base da subestação unitária terá instalação subterrânea em eletrodutos diretamente enterrados no solo e envelopados com concreto.

Cada subestação unitária será montada em um cubículo especial para instalação ao tempo, que abrigará um transformador elevador trifásico com capacidade de 2.500 kVA que é ligado na configuração delta (BT) / estrela (MT), nos níveis de tensão 600 V / 34,5 kV. No secundário do transformador será instalado um disjuntor extraível, 34,5 kV, com funções de proteção programáveis, controlado remotamente pelo sistema SCADA. A saída do disjuntor de MT será conectada, a partir de uma linha de transporte, a um barramento de transição, que fará a interconexão entre as máquinas de cada conjunto.

Os cubículos abrigarão, além dos disjuntores, os transformadores de corrente e de potência, respectivos relés de proteção, além de instrumentação (V/A/Hz/kW), botoeiras e sinalizadores para operação local.

Os alimentadores serão construídos em linhas subterrâneas, em média tensão - 34,5 kV.

Cada alimentador será conectado ao barramento intermediário (localizado na subestação elevadora de saída da central eólica). As conexões dos alimentadores a SE de saída serão protegidas por disjuntores tripolares de MT extraíveis, controlados remotamente pelo sistema SCADA, e abrigados em cubículos de MT próprios em instalação abrigada. Em suma, o barramento intermediário servirá de ponto de interconexão entre cada alimentador e o primário do transformador elevador da SE.

O barramento intermediário conectará todos os alimentadores provenientes dos aerogeradores a um disjuntor geral em MT e ao transformador elevador trifásico com capacidade de 40/50MVA, na ligação estrela (MT) / delta (AT) e com os níveis de tensão 34,5 kV / 230 kV.

No secundário do transformador, que terá um controle de tap ajustável, será instalado um disjuntor de 230 kV com funções de proteção programáveis e controladas remotamente pelo sistema SCADA. Na saída do transformador será conectado um

disjuntor em alta tensão, transformadores de corrente e de potência, chave seccionadora e pára-raios.

Os transformadores de corrente e de potência serão utilizados para aquisição de parâmetros elétricos necessários na medição e proteção da SE. Transformadores de corrente tipo bucha também serão utilizados antes e após o transformador elevador.

Da saída da subestação partirá uma linha de transmissão, provavelmente, compartilhada, em circuito simples, com nível de tensão de 230 kV, com comprimento aproximado de 52 km até a Subestação de Mossoró. A conexão da linha de transmissão da central eólica na SE Mossoró será feita a partir de um “bay de conexão” exclusivo, permitindo a adequada e segura interligação da central eólica ao sistema de distribuição da CHESF. A linha de transmissão deverá ser de instalação aérea, sustentada por estruturas metálicas, segundo os padrões da CHESF.

A UEE Mar e Terra deverá ter uma conexão compartilhada com a UEE Areia Branca de acordo com o resultado do leilão de energia. Neste caso uma única subestação elevadora de saída deverá ser construída com transformador de 40/50MVA.

2.4.1.4 PROJETO BÁSICO - CIVIL

As obras e instalações civis previstas para a UEE Mar e Terra estão, basicamente, relacionadas à fundação do aerogerador, ao pátio de manobras, instalações das SEs unitárias e de saída da central e estruturas de apoio, como guaritas de segurança, sala de controle e depósito ou almoxarifado.

A figura abaixo apresenta uma planta baixa da área de implantação de cada aerogerador, que inclui dimensões da fundação da turbina eólica, do pátio de manobras dos guindastes e das vias de acesso. Este projeto teve como base os projetos civis padrões para o aerogerador Suzlon S88, fornecidos pelo fabricante.

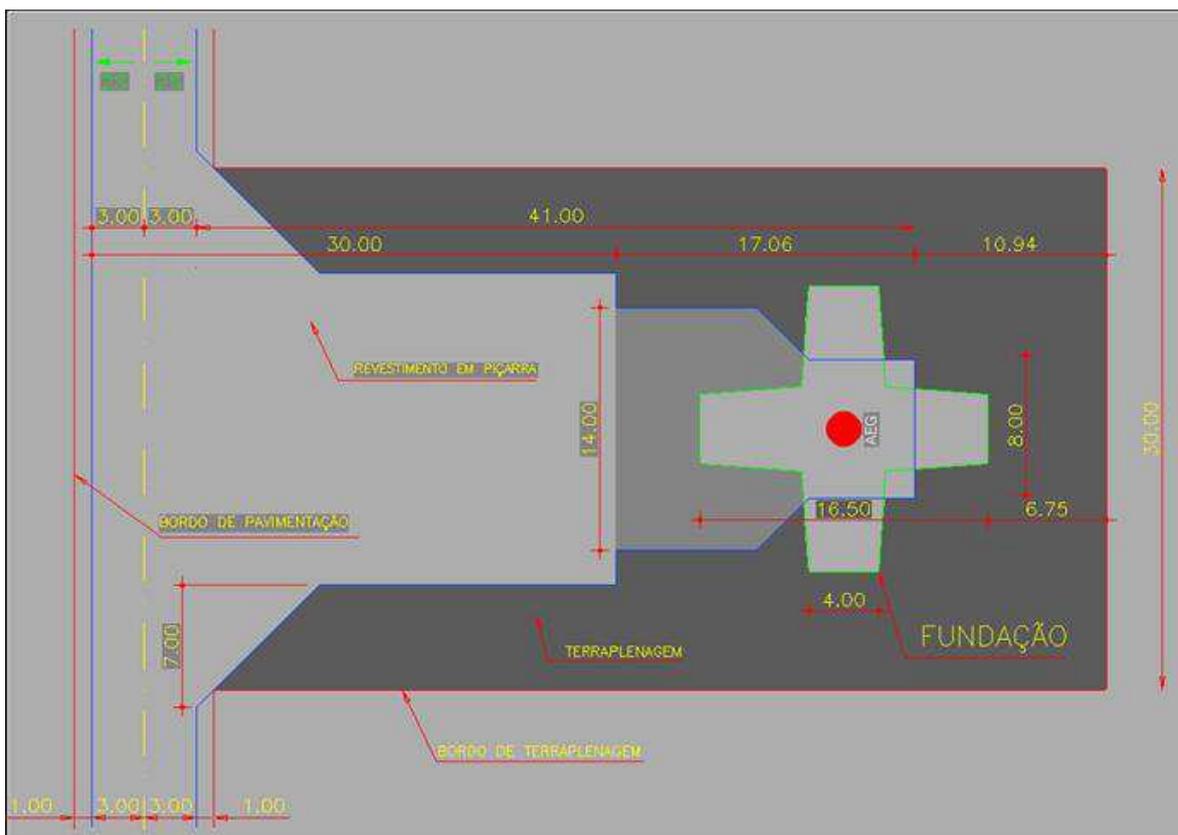


FIGURA 13. PLANTA BAIXA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DE CADA AEROGERADOR

Na fase de elaboração dos projetos executivos das obras civis deverão ser realizados estudos de engenharia para a adequação mais rigorosa do projeto de fundação padrão, visando atender as condições de resistência mecânica do solo do local.

A adequação do projeto de fundação do aerogerador visa também a sua adaptação às normas e leis vigentes do país, permitindo-se, em alguns casos, a aplicação do projeto padrão sem grandes alterações, e em outros, a utilização de novo projeto, específico para o local onde se deseja implantar a central eólica.

Também serão incluídos os projetos das vias de acesso ao sítio, o que inclui a definição do traçado, a partir do levantamento das interferências portuárias, rodoviárias e/ou ferroviárias de acessibilidade para os suprimentos do empreendimento eólico.

As dimensões e pesos das principais partes do aerogerador Suzlon S88 estão listados na tabela abaixo. Tais informações serão utilizadas para a realização das adequações das interferências e para o dimensionamento da capacidade de suporte dos pavimentos juntamente com as cargas dos guindastes.

TABELA 5. PLANTA BAIXA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DE CADA AEROGERADOR

Componente	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Peso (t)
Nacele	9,376	3,99	4,06	75,0
1° Elemento da Torre	17,290	-	-	61,4
2° Elemento da Torre	17,315	-	-	27,7
3° Elemento da Torre	19,705	-	-	39,4
4° Elemento da Torre	23,119	-	-	28,4
Rotor, c/ 3 pás	88,000	88,000	3,18	35,2

2.4.1.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO

Os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. A topografia e a rugosidade do solo são fatores de grande influência na distribuição de frequência de ocorrência dos ventos e de sua velocidade em um local. Além disso, a quantidade de energia eólica extraível numa região depende das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica instalados.

Um sistema eólico é constituído pelos seguintes componentes principais:

- Rotor: pás que captam a energia cinética dos ventos;
- Gerador: responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica;
- Mecanismos de controle: destinados a orientação do rotor, ao controle de velocidade, ao controle de carga etc;
- Torre: necessária para sustentar e posicionar o rotor em altura conveniente para o seu funcionamento;
- Transformador: responsável pelo acoplamento elétrico entre o aerogerador e a rede elétrica.

O funcionamento da turbina eólica é resultante da ação do fluxo de massa de ar incidente em seu rotor. Parte da energia cinética contida no vento é absorvida pelas pás da turbina, provocando a rotação do rotor. Essa rotação é transmitida por um eixo de rotação até um multiplicador de velocidade, do qual sai um eixo de alta rotação que é

conectado ao gerador elétrico assíncrono de indução. O gerador é responsável pela transformação de energia mecânica rotacional em energia elétrica.

O sistema de monitoramento completo, garante uma operação segura e confiável do aerogerador a qualquer hora. Este sistema de supervisão e controle que monitora as principais variáveis operacionais (tensão e frequência elétricas, temperatura, vibração etc.) e interrompe automaticamente o seu funcionamento quando algum problema de gravidade for detectado.

A energia elétrica produzida pelo gerador em tensão de 600V é elevada para 34.500V através de um transformador em cada aerogerador e injetada na rede de distribuição, que passa ao lado de todos os aerogeradores. No final da linha, um transformador se encarrega de elevar a tensão de 34,5 kV para 230 kV e a energia é enviada para a subestação de ligação.

2.4.1.6 TECNOLOGIA

A tecnologia tomada para este projeto foi o modelo de aerogeradores Suzlon S88, , equipamento utilizado pelo Grupo Martifer em diversos projetos, nomeadamente em Portugal, Romênia e Brasil que com elevada e comprovada capacidade operacional e de rendimento se revela adequado às condições de vento características do Brasil.

O projeto de engenharia do modelo de aerogerador Suzlon S88, classe IEC II-A, é baseado numa máquina com rotor de três pás, eixo horizontal de concepção upwind, ou seja, o rotor opera na frente da torre, e controle de potência por Pitch - passo variável.

A máquina é projetada para emitir baixos índices de ruído e é capaz de produzir eletricidade com velocidades de vento a partir de 4 m/s (cut-in), atingindo sua capacidade nominal em velocidades próximas a 14 m/s e interrompendo a sua geração em velocidades de vento superiores à 25 m/s (cut-out).

O cubo do rotor fixa as 3 pás que varrem uma área circular de 6.082 m² e 88 m de diâmetro. Estruturalmente, a turbina será constituída de uma torre tubular, em aço, com cerca de 77,5 metros de altura (resultando em altura do cubo de 80m). A torre será fixada ao solo por meio de uma fundação de concreto armado, com dimensões aproximadas de 16 m x 16 m. As principais dimensões do aerogerador são apresentadas na figura.

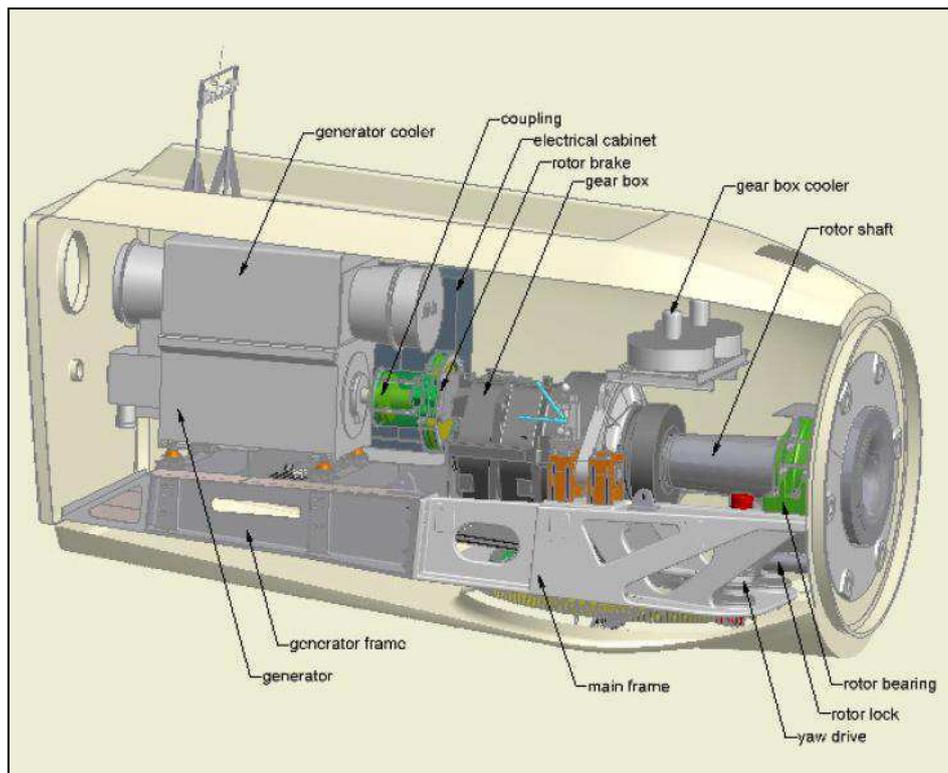


FIGURA 14. AEROGERADORES SUZLON S88 – VISÃO INTERNA

A figura 14 apresentada esquematiza os principais equipamentos eletromecânicos abrigados na nacele da turbina Suzlon S88 2.100kW. Todo o controle operacional da máquina, dos parâmetros elétricos da energia produzida e procedimentos de proteção são feitos automaticamente a partir de um sistema de controle computadorizado (inclui os sistemas de supervisão, proteção e controle) abrigado na parte inferior e interna da torre metálica. Para tanto o sistema de controle utiliza informações dos diferentes sensores instalados em vários locais da máquina.

As turbinas eólicas Suzlon apresentam alto desempenho por incorporar diversas inovações tecnológicas, tais como:

- Sistema Exclusivo de Passo: o passo de expansão total sem paralelos de -5° a $+88^{\circ}$ com resolução de $0,1^{\circ}$ e resulta em domínio máximo de energia e perdas mínimas. O sistema inclui passo lógico inteligente automático e controle de passo eletromecânico independente para cada pá.
- Mecanismo de Deslizamento Macro Sem Igual: este mecanismo pioneiro e flexível absorve ruídos e ajuda a produzir energia limpa com um fator de energia de até 0,99 - mesmo em regimes de vento de alta turbulência.

- **Tecnologia de Ponta para Fabricação:** as pás do rotor são otimizadas aerodinamicamente para oferecer forças de elevação altas e valores de resistência ao ar baixos. Fabricadas usando a avançada Modelagem por Infusão de Resina - Resin Infusion Moulding (RIM) - auxiliada por vácuo, as pás do rotor têm uma baixa taxa de peso-movimento para garantir a maior produção de energia a custos inferiores. A técnica RIM resulta em uma estrutura homogênea que tem peso leve, grande força e pouco desgaste para aumentar o tempo de vida da pá.
- **Sistema de Controle Avançado:** sensores calibrados com precisão, instalados em cada junção crítica, monitoram de perto fatores como temperatura, velocidade do vento, vibrações etc. O monitoramento remoto e a opção de controle aumentam a facilidade de operação.
- **Design bem balanceado:** a S88 - 2.1 MW foi projetada para suportar as condições ambientais mais severas. O design robusto da turbina eólica, com sua distribuição uniforme de peso garante altos níveis de segurança, confiança e de maior vida útil.

As figuras abaixo ilustram aerogeradores *Suzlon S88* já instalados e operando em parques da Martifer Renováveis Brasil:



FIGURA 15. AEROGERADOR SUZLON S88 – APARÊNCIA GERAL

2.5 EÓLICA ICARAÍ

2.5.1 O PROJETO

A Eólica Icarai Geração e Comercialização de Energia S.A. (“Icarai”) é a empreendedora do projeto eólico denominado UEE Icarai, no município de Amontada, estado do Ceará. A planta eólica será constituída de 8 (oito) aerogeradores Suzlon S88 de 2.100 kW, totalizando uma capacidade instalada de até 16.800 kW.

O projeto participou do Leilão de Energia de Reserva, organizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL realizado em 14 de Dezembro de 2009, Edital de Leilão nº 003/2009, ocasião em que foi negociada toda a produção com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica-CCEE, em contrato de venda de energia por prazo de 20 anos. A empresa assegurou uma tarifa de 151,08 R\$/MWh (data base do leilão 14 de Dezembro de 2009) para uma adjudicação contratada de 7 lotes de energia correspondentes a 61.320 MWh. A Eólica Icarai é a Sociedade de Propósito Específico (SPE) que tem por finalidade a comercialização da energia gerada à CCEE.

TABELA 6. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PARQUE ICARAÍ

Parque	Capacidade Instalada	Lotes no Leilão	Garantia Física	Preço Base nov/2009	Investimento Previsto
Icarai	16,8 MW	7	7,8 MW	R\$ 151,08 / MWh	R\$ 83 mm

Para o processo de desenvolvimento do projeto a empreendedora contratou os serviços de consultoria e acessória técnica da BRASELCO Serviços Ltda visando realizar: a Identificação do Sítio para a implantação da UEE Icarai; Medição dos Recursos Eólicos no local; Obtenção do Registro para Habilitação Técnica, com vistas à

participação nos leilões de energia, emitido pela ANEEL; das Licenças Ambientais emitidas pela IDEMA/RN; do Parecer de Acesso à Rede Elétrica emitido pela ONS; Realização dos Estudos de Micrositing e Cálculo das Produções Anuais de energia; Cálculo da Energia de Referência; e Desenvolvimento do Projeto Básico da planta eólica.

A estrutura básica prevista para o empreendimento conta com: estradas de acesso, plataformas, fundações, transformadores individuais, rede elétrica interna, rede de comunicação interna, subestação de saída, “bay de conexão”, linha de transmissão e casa de controle. Para a construção e operação do parque eólico foi já contratado, através de contrato fechado de *Engineering, Procurement and Construction* (EPC), o fornecedor Suzlon Energia Eólica do Brasil, Ltda. Neste contrato de engenharia, aquisição e montagem de equipamentos e construção de parque eólico em regime de empreitada integral por preço global (Turnkey Lump Sum) estão incluídos a contratação e montagem dos equipamentos, a construção civil de todo o parque eólico, a rede elétrica interna, a subestação, a garantia e operação e manutenção futurados equipamentos eólicos.

Para a linha de transmissão e Bay de Conexão, itens não contemplados no contrato referido acima, foram selecionados respectivamente o fornecedor Alubar e a ABB, ambos por serem empresas especializadas na área elétrica e com provas dadas no Brasil neste tipo de infraestruturas permitindo elevado grau de confiança na performance e no trabalho. Salientamos que para a Linha de Transmissão, à semelhança do parque eólico, foi adotada uma estrutura contratual de EPC fechado sendo portanto esta linha construída no âmbito de um contrato de Engenharia, Aquisição e Montagem de Equipamentos e Construção de Linha de Transmissão em regime de Empreitada Integral por Preço Global.

2.5.1.1 LOCALIZAÇÃO

A UEE Icarai será localizada no município de Amontada, litoral do estado do Ceará. A área destinada à implantação da central eólica encontra-se referenciada pelas coordenadas geográficas 3° 01' 30,8"S e 39° 37' 45"W (SIRGAS2000) e deverá ocupar cerca de uma área total de 69,17 ha.

O local de implantação do projeto eólico se encontra a, aproximadamente, 210 km de Fortaleza, capital do estado do Ceará. A partir de Fortaleza, o acesso ao sítio é

feito através da BR020 seguindo pela BR 222, na Cidade de Umirim toma-se a BR 402 até a Cidade de Amontada. Neste ponto toma-se a CE 176 em direção a Localidade de Icaraízinho. A área está localiza cerca de 2 km a leste de Icaraízinho.



FIGURA 16. LOCALIZAÇÃO DE UEE ICARAÍ, BEM COMO AS PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO, PARTINDO DE FORTALEZA

O terreno da UEE Icarai é caracterizado pela presença de sedimentos arenosos litorâneos, homogêneo com respeito às condições de orografia e rugosidade. A área, quase em sua totalidade, apresenta relevo simples, com declividades suaves, com presença de vegetação rasteira e campo de dunas. Não são observados obstáculos na área interna da propriedade.

Principais características de cobertura do solo nas imediações da área para a instalação da UEE Icarai



FIGURA 17. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE COBERTURA DO SOLO NAS MEDIAÇÕES DA AÉREA PARA INSTALAÇÃO DA UEE ICARAÍ

Atualmente o projeto possui direitos de propriedade salvaguardados através de contratos específicos.

Informações específicas e necessárias para a caracterização da área de implantação do projeto eólico, bem como das regiões circunvizinhas, foram obtidas através de carta topográfica municipal e de zoneamento ambiental da área do projeto, além de imagens de satélites recentes e modelos digitais de elevação - DEM.

Um ponto importante na caracterização do terreno foi o tratamento de todas as fontes de informações georeferenciadas para um único modelo de projeção. Desta forma, todos dados de entrada foram condicionados para a projeção UTM e datum SIRGAS2000.

2.5.1.2 ESTÁGIO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto básico e estudos de vento e anemométricos que permitiram o cadastramento em leilão foram conduzidos pela Braselco para o período de 01/04/2008 a 31/03/2009. Foram ainda certificados pela Megajoule II, Consultoria em Energias Renováveis, S.A., que atestou que a campanha de medição de dados de vento na estação de referência foi concebida, planejada e monitorizada segundo as boas práticas do setor eólico, respeitando as recomendações técnicas da International Energy Agency - IEA, International Electrotechnical Commission - IEC, American Wind Energy Association - AWEA e National Renewable Energy Laboratory – NREL, fato este que certificou a capacidade de geração elétrica dos referidos parques.

O levantamento Planialtimétrico apresentou o traçado das curvas de nível de 1,0 em 1,0 metro, refratando a morfologia atual do relevo, e também a poligonal delimitadora da área do projeto. O estudo Planialtimétrico atualizado é de responsabilidade do técnico em agrimensura Edmar Machado Júnior, CREA/CE 005284-TD.

2.5.1.3 PROJETO BÁSICO - ELÉTRICO

A UEE Icarai, com potência prevista de 16,8 MW, é constituída por 8 (oito) turbinas eólicas modelo S88 de 80 metros. Cada conjunto corresponderá a um alimentador que conduzirá a energia gerada até a Subestação de saída. A capacidade nominal de cada gerador é 2.100 kW, e a velocidade operacional do gerador é entre 1.800 e 2.100 rpm.

Cada uma das 8 turbinas da central eólica será equipada com um gerador assíncrono trifásico de 4 pólos, com alimentação simples e tensão de saída de 600 V (60Hz).

Cada turbina eólica possui um sistema de controle micro-processado, abrigado na parte inferior interna da torre metálica, com módulos de supervisão e controle completos; o que garante a segurança e a otimização de sua operação. O sistema de controle monitora as principais variáveis operacionais da turbina, atuando automaticamente e interrompendo o seu funcionamento na ocorrência de determinados eventos específicos. O sistema também permitirá, de forma remota, o acompanhamento e o controle operacional da máquina.

Os cubículos abrigarão, além dos disjuntores, os transformadores de corrente e de potência, respectivos relés de proteção, além de instrumentação (V/A/Hz/kW), botoeiras e sinalizadores para operação local.

Os alimentadores serão construídos em linhas subterrâneas, em média tensão - 34,5 kV.

Cada alimentador será conectado ao barramento intermediário (localizado na subestação elevadora de saída da central eólica). As conexões dos alimentadores à SE de saída serão protegidas por disjuntores tripolares de MT extraíveis, controlados remotamente pelo sistema SCADA, e abrigados em cubículos de MT próprios em

instalação abrigada. Em suma, o barramento intermediário servirá de ponto de interconexão entre cada alimentador e o primário do transformador elevador da SE.

O barramento intermediário conectará todos os alimentadores provenientes dos aerogeradores a um disjuntor geral em MT e ao transformador elevador trifásico com capacidade de 15 MVA, na ligação estrela (MT) / delta (AT) e com os níveis de tensão 34,5 kV / 69 kV.

No secundário do transformador, que terá um controle de tap ajustável, será instalado um disjuntor de 69 kV com funções de proteção programáveis e controladas remotamente pelo sistema SCADA. Na saída do transformador será conectado um disjuntor em alta tensão, transformadores de corrente e de potência, chave seccionadora e pára-raios.

Os transformadores de corrente e de potência serão utilizados para aquisição de parâmetros elétricos necessários na medição e proteção da SE. Transformadores de corrente tipo bucha também serão utilizados antes e após o transformador elevador.

Da saída da subestação partirá uma linha de transmissão em circuito simples e exclusivo, com nível de tensão de 69 kV e comprimento aproximado de 63 km até a SE MARCO (MRC). A conexão da linha de transmissão da central eólica na SE MRC será feita a partir de um “Bay de conexão” exclusivo, permitindo a adequada e segura interligação da central eólica ao sistema de distribuição da COELCE. A linha de transmissão deverá ser de instalação aérea, sustentada por estruturas metálicas, segundo os padrões da COELCE.

2.5.1.4 PROJETO BÁSICO - CIVIL

As obras e instalações civis previstas para a UEE Icarai estão, basicamente, relacionadas à fundação do aerogerador, ao pátio de manobras, instalações das SEs unitárias e de saída da central e estruturas de apoio, como guaritas de segurança, sala de controle e depósito ou almoxarifado.

A figura abaixo apresenta uma planta baixa da área de implantação de cada aerogerador, que inclui dimensões da fundação da turbina eólica, do pátio de manobras dos guindastes e das vias de acesso. Este projeto teve como base os projetos civis padrões para o aerogerador Suzlon S88, fornecidos pelo fabricante.

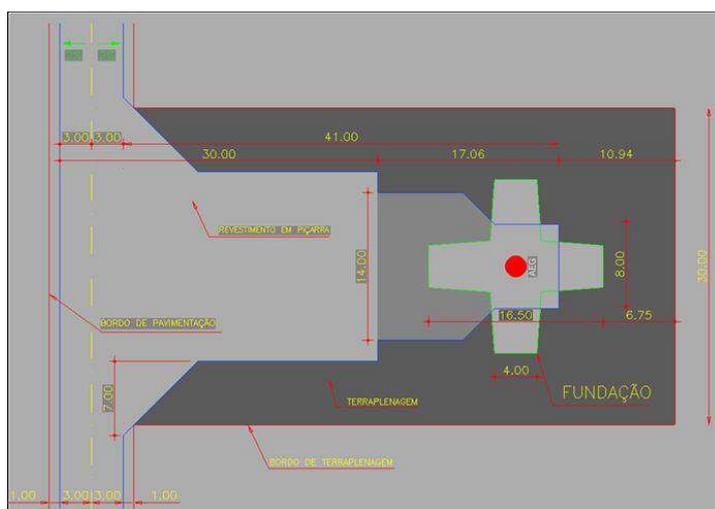


FIGURA 18. PLANTA BAIXA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DE CADA AEROGEROR.

Na fase de elaboração dos projetos executivos das obras civis deverão ser realizados estudos de engenharia para a adequação mais rigorosa do projeto de fundação padrão, visando atender as condições de resistência mecânica do solo do local.

A adequação do projeto de fundação do aerogerador visa também a sua adaptação às normas e leis vigentes do país, permitindo-se, em alguns casos, a aplicação do projeto padrão sem grandes alterações, e em outros, a utilização de novo projeto, específico para o local onde se deseja implantar a central eólica.

Também serão incluídos os projetos das vias de acesso ao sítio, o que inclui a definição do traçado, a partir do levantamento das interferências portuárias, rodoviárias e/ou ferroviárias de acessibilidade para os suprimentos do empreendimento eólico.

As dimensões e pesos das principais partes do aerogerador Suzlon S88 estão listados na tabela abaixo. Tais informações serão utilizadas para a realização das adequações das interferências e para o dimensionamento da capacidade de suporte dos pavimentos juntamente com as cargas dos guindastes.

TABELA 7. PLANTA BAIXA DA ÁREA DE IMPLANTACÃO DE CADA AEROGERADOR.

Componente	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Peso (t)
Nacele	9,376	3,99	4,06	75,0
1° Elemento da Torre	17,290	-	-	61,4
2° Elemento da Torre	17,315	-	-	27,7
3° Elemento da Torre	19,705	-	-	39,4
4° Elemento da Torre	23,119	-	-	28,4

Rotor, c/ 3 pás	88,000	88,000	3,18	35,2
-----------------	--------	--------	------	------

2.5.1.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO

Os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. A topografia e a rugosidade do solo são fatores de grande influência na distribuição de frequência de ocorrência dos ventos e de sua velocidade em um local. Além disso, a quantidade de energia eólica extraível numa região depende das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica instalados.

Um sistema eólico é constituído pelos seguintes componentes principais:

- Rotor: pás que captam a energia cinética dos ventos;
- Gerador: responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica;
- Mecanismos de controle: destinados a orientação do rotor, ao controle de velocidade, ao controle de carga etc;
- Torre: necessária para sustentar e posicionar o rotor em altura conveniente para o seu funcionamento;
- Transformador: responsável pelo acoplamento elétrico entre o aerogerador e a rede elétrica.

O funcionamento da turbina eólica é resultante da ação do fluxo de massa de ar incidente em seu rotor. Parte da energia cinética contida no vento é absorvida pelas pás da turbina, provocando a rotação do rotor. Essa rotação é transmitida por um eixo de rotação até um multiplicador de velocidade, do qual sai um eixo de alta rotação que é conectado ao gerador elétrico assíncrono de indução. O gerador é responsável pela transformação de energia mecânica rotacional em energia elétrica.

O sistema de monitoramento completo garante uma operação segura e confiável do aerogerador a qualquer hora. Este sistema de supervisão e controle que monitora as principais variáveis operacionais (tensão e frequência elétricas, temperatura, vibração etc.) e interrompe automaticamente o seu funcionamento quando algum problema de gravidade for detectado.

A energia elétrica produzida pelo gerador em tensão de 600V é elevada para 34.500V através de um transformador em cada aerogerador e injetada na rede de distribuição, que passa ao lado de todos os aerogeradores. No final da linha, um transformador se encarrega de elevar a tensão de 34,5 kV para 230 kV e a energia é enviada para a subestação de ligação.

2.5.1.6 TECNOLOGIA

A tecnologia tomada para este projeto foi o modelo de aerogeradores Suzlon S88, equipamento utilizado pelo Grupo Martifer em diversos projetos, nomeadamente em Portugal, Romênia e Brasil que com elevada e comprovada capacidade operacional e de rendimento se revela adequado às condições de vento características do Brasil.

O projeto de engenharia do modelo de aerogerador Suzlon S88, classe IEC II-A, é baseado numa máquina com rotor de três pás, eixo horizontal de concepção upwind, ou seja, o rotor opera na frente da torre, e controle de potência por Pitch - passo variável.

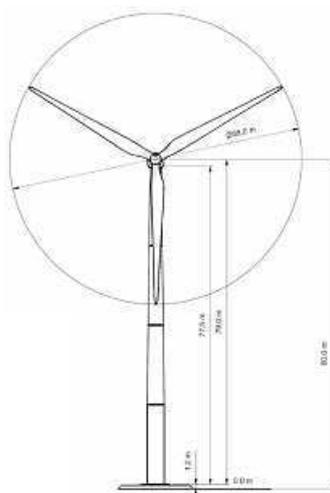


FIGURA 19. AEROGERADOR SUZLON – S88 - MEDIDAS

A máquina é projetada para emitir baixos índices de ruído e é capaz de produzir eletricidade com velocidades de vento a partir de 4 m/s (cut-in), atingindo sua capacidade nominal em velocidades próximas a 14 m/s e interrompendo a sua geração em velocidades de vento superiores à 25 m/s (cut-out).

O cubo do rotor fixa as 3 pás que varrem uma área circular de 6.082 m² e 88 m de diâmetro. Estruturalmente, a turbina será constituída de uma torre tubular, em aço, com cerca de 77,5 metros de altura (resultando em altura do cubo de 80m). A torre será

fixada ao solo por meio de uma fundação de concreto armado, com dimensões aproximadas de 16 m x 16 m. As principais dimensões do aerogerador são apresentadas na figura.

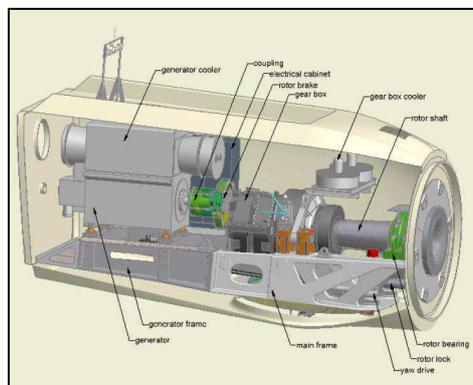


FIGURA 20. AEROGERADORES SUZLON S88 – VISAO INTERNA

A figura apresentada esquematiza os principais equipamentos eletro-mecânicos abrigados na nacela da turbina Suzlon S88 2.100kW. Todo o controle operacional da máquina, dos parâmetros elétricos da energia produzida e procedimentos de proteção são feitos automaticamente a partir de um sistema de controle computadorizado (inclui os sistemas de supervisão, proteção e controle) abrigado na parte inferior e interna da torre metálica. Para tanto o sistema de controle utiliza informações dos diferentes sensores instalados em vários locais da máquina.

As turbinas eólicas Suzlon apresentam alto desempenho por incorporar diversas inovações tecnológicas, tais como:

- Sistema Exclusivo de Passo: o passo de expansão total sem paralelos de -5° a $+88^{\circ}$ com resolução de $0,1^{\circ}$ e resulta em domínio máximo de energia e perdas mínimas. O sistema inclui passo lógico inteligente automático e controle de passo eletromecânico independente para cada pá.
- Mecanismo de Deslizamento Macro Sem Igual: este mecanismo pioneiro e flexível absorve ruídos e ajuda a produzir energia limpa com um fator de energia de até 0,99 - mesmo em regimes de vento de alta turbulência.
- Tecnologia de Ponta para Fabricação: as pás do rotor são otimizadas aerodinamicamente para oferecer forças de elevação altas e valores de resistência ao ar baixos. Fabricadas usando a avançada Modelagem por

Infusão de Resina - Resin Infusion Moulding (RIM) - auxiliada por vácuo, as pás do rotor têm uma baixa taxa de peso-movimento para garantir a maior produção de energia a custos inferiores. A técnica RIM resulta em uma estrutura homogênea que tem peso leve, grande força e pouco desgaste para aumentar o tempo de vida da pá.

- Sistema de Controle Avançado: sensores calibrados com precisão, instalados em cada junção crítica, monitoram de perto fatores como temperatura, velocidade do vento, vibrações etc. O monitoramento remoto e a opção de controle aumentam a facilidade de operação.

- Design bem balanceado: a S88 - 2.1 MW foi projetada para suportar as condições ambientais mais severas. O design robusto da turbina eólica, com sua distribuição uniforme de peso garante altos níveis de segurança, confiança e de maior vida útil.

As figuras abaixo ilustram aerogeradores *Suzlon S88* já instalados e operando em parques da Martifer Renováveis Brasil:



FIGURA 21. AEROGERADORES SUZLON S88 – APARÊNCIA GERAL

2.6 EÓLICA EMBUACA

2.6.1 O PROJETO

A Embuaca Geração e Comercialização de Energia S.A. (“Embuaca”) é a empreendedora do projeto eólico denominado UEE Embuaca, no município de Trairi, estado do Ceará. A planta eólica será constituída por 13 (treze) turbinas eólicas, divididas em 2 conjuntos com 8 máquinas Suzlon S88, com 100 metros de altura, e 5 máquinas S95 com 90 metros de altura ambas de 2.100 kW, totalizando uma capacidade instalada de 27,3 MW.

O projeto participou do Leilão de Energia Reserva, organizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL realizado em 14 de Dezembro de 2009, Edital de Leilão nº 003/2009, ocasião em que foi negociada toda a produção com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica-CCEE, em contrato de venda de energia por prazo de 20 anos. A empresa assegurou uma tarifa de 151,07 R\$/MWh (data base do leilão 14 de Dezembro de 2010) para uma adjudicação contratada de 11 lotes de energia correspondentes a 96.360 MWh. A Eólica Embuaca é a Sociedade de Propósito Específico (SPE) que tem por finalidade a comercialização da energia gerada à CCEE.

TABELA 8. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PARQUE EMBUACA

Parque	Capacidade Instalada	Lotes no Leilão	Garantia Física	Preço Base nov/2009	Investimento Previsto
Embuaca	27,3 MW	11	11,1 MW	R\$ 151,07 / MWh	R\$ 115,4 mm

Para o processo de desenvolvimento do projeto a empreendedora contratou os serviços de consultoria e acessória técnica da BRASELCO Serviços Ltda visando realizar: a Identificação do Sítio para a implantação da UEE Embuaca; Medição dos Recursos Eólicos no local; Obtenção do Registro para Habilitação Técnica, com vistas à participação nos leilões de energia, emitido pela ANEEL; das Licenças Ambientais emitidas pela IDEMA/RN; do Parecer de Acesso à Rede Elétrica emitido pela ONS; Realização dos Estudos de Micrositing e Cálculo das Produções Anuais de energia;

Cálculo da Energia de Referência; e Desenvolvimento do Projeto Básico da planta eólica.

A estrutura básica prevista para o empreendimento conta com: estradas de acesso, plataformas, fundações, transformadores individuais, rede elétrica interna, rede de comunicação interna, subestação de saída, “bay de conexão”, linha de transmissão e casa de controle. Para a construção e operação do parque eólico foi já contratado, através de contrato fechado de *Engineering, Procurement and Construction* (EPC), o fornecedor Suzlon Energia Eólica do Brasil, Ltda. Neste contrato de engenharia, aquisição e montagem de equipamentos e construção de parque eólico em regime de empreitada integral por preço global (Turnkey Lump Sum) estão incluídos a contratação e montagem dos equipamentos, a construção civil de todo o parque eólico, a rede elétrica interna, a subestação, a garantia e operação e manutenção futurados equipamentos eólicos.

Para a linha de transmissão e Bay de Conexão, itens não contemplados no contrato referido acima, foram selecionados respectivamente o fornecedor Alubar e a ABB, ambos por serem empresas especializadas na área elétrica e com provas dadas no Brasil neste tipo de infraestruturas permitindo elevado grau de confiança na performance e no trabalho. Salientamos que para a Linha de Transmissão, à semelhança do parque eólico, foi adotada uma estrutura contratual de EPC fechado sendo portanto esta linha construída no âmbito de um contrato de Engenharia, Aquisição e Montagem de Equipamentos e Construção de Linha de Transmissão em regime de Empreitada Integral por Preço Global.

As figuras seguintes apresentam fotomontagens computacionais da UEE Embuaca após a sua implantação:



FIGURA 22. FOTOMONTAGEM 1 DA UEE EMBUACA

As áreas não aproveitadas poderão ser utilizadas para outras atividades desde que não interfiram na operação da central eólica.

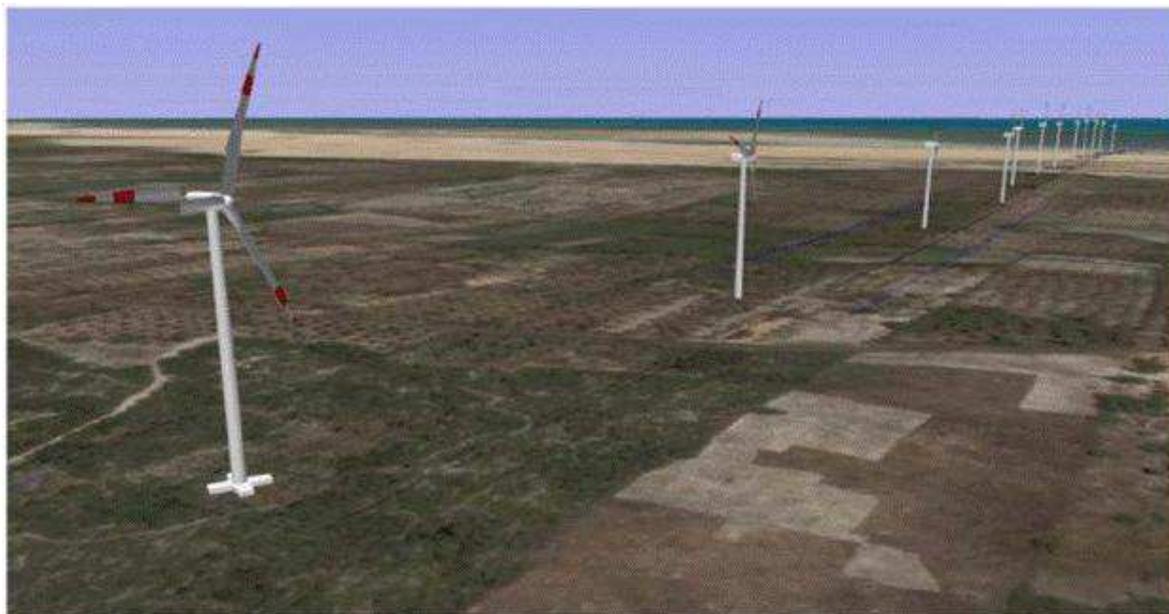


FIGURA 23. FOTOMONTAGEM 2 DA UEE EMBUACA

2.6.1.1 LOCALIZAÇÃO

A UEE Embuaca será localizada no município de Trairi, litoral oeste do estado do Ceará. A área destinada à implantação da central eólica encontra-se referenciada pelas coordenadas geográficas $03^{\circ} 13' 05,7''S$ e $39^{\circ} 19' 45,9''W$ (SIRGAS2000) e deverá ocupar uma área total de 64,45 ha.

O local de implantação do projeto eólico se encontra a, aproximadamente, 157 km de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Partindo de Fortaleza, a principal rota de acesso à área do empreendimento é feita pela BR-222, na qual se segue por, aproximadamente, 96 km até a localidade de São Luiz do Curu. Neste ponto, toma-se a CE-163, e percorre-se 61 km até a localidade de Embuaca, local do Empreendimento.

A área destinada à implantação da usina eólica pode ser caracterizada por sedimentos arenosos. O terreno é composto por vegetação rasteira, plantação de cajueiros, vegetação arbustiva, pequenos riachos e Dunas. O relevo é caracterizado como simples e pouco acidentado.

Atualmente o projeto possui direitos de propriedade salvaguardados através de contratos específicos.

Informações específicas e necessárias para a caracterização da área de implantação do projeto eólico, bem como das regiões circunvizinhas, foram obtidas através de carta topográfica municipal e de zoneamento ambiental da área do projeto, além de imagens de satélites recentes e modelos digitais de elevação - DEM.

Um ponto importante na caracterização do terreno foi o tratamento de todas as fontes de informações georeferenciadas para um único modelo de projeção. Desta forma, todos dados de entrada foram condicionados para a projeção UTM e datum SIRGAS2000.

2.6.1.2 ESTÁGIO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto básico e estudos de vento e anemométricos que permitiram o cadastramento em leilão foram conduzidos pela Braselco para o período de 01/04/2008 a 31/03/2009. Foram ainda certificados pela Megajoule II, Consultoria em Energias Renováveis, S.A., que atestou que a campanha de medição de dados de vento na estação de referência foi concebida, planeada e monitorizada segundo as boas práticas do setor eólico, respeitando as recomendações técnicas da International Energy Agency - IEA, International Electrotechnical Commission - IEC, American Wind Energy Association - AWEA e National Renewable Energy Laboratory – NREL, fato este que certificou a capacidade de geração elétrica dos referidos parques.

O levantamento Planialtimétrico apresentou o traçado das curvas de nível de 1,0 em 1,0 metro, refratando a morfologia atual do relevo, e também a poligonal delimitadora da área do projeto. O estudo Planialtimétrico atualizado é de responsabilidade do técnico em agrimensura Edmar Machado Júnior, CREA/CE 005284-TD.

2.6.1.3 PROJETO BÁSICO - ELÉTRICO

A UEE Embuaca, com potência prevista de 27,3 MW, é constituída por 13 (treze) turbinas eólicas, divididas em 2 conjuntos com 8 máquinas Suzlon S88, com 100 metros de altura, e 5 máquinas S95 com 90 metros de altura. Cada uma das 13 turbinas da central eólica será equipada com um gerador assíncrono trifásico de 4 pólos, com

alimentação simples e tensão de saída de 600 V (60Hz) e com fator de potência nominal $\cos(\varphi)$ de 0,92. Cada aerogerador conta com um banco de capacitores chaveáveis (14 ao todo) para correção do fator de potência, permitindo que a máquina opere entre $0,92(\text{ind}) < \cos(\varphi) < 0,99(\text{cap})$.

A capacidade nominal de cada gerador é 2.100 kW na velocidade rotacional de 1.836 rpm. A faixa de velocidade operacional do gerador é entre 1.800 e 2.100 rpm.

Cada turbina eólica possui um sistema de controle micro processado, abrigado na parte inferior interna da torre metálica, com módulos de supervisão e controle completos; o que garante a segurança e a otimização de sua operação. O sistema de controle monitora as principais variáveis operacionais da turbina, atuando automaticamente e interrompendo o seu funcionamento na ocorrência de determinados eventos específicos. O sistema também permitirá, de forma remota, o acompanhamento e o controle operacional da máquina.

Os cubículos abrigarão, além dos disjuntores, os transformadores de corrente e de potência, respectivos relés de proteção, além de instrumentação (V/A/Hz/kW), botoeiras e sinalizadores para operação local.

Os alimentadores serão construídos em linhas subterrâneas, em média tensão – 13,8 kV, as quais deverão possuir bitolas mínimas para atendimento de cargas da ordem de 10.000 kVA.

Cada alimentador será conectado ao barramento intermediário (localizado na subestação elevadora de saída da central eólica). As conexões dos alimentadores a SE de saída serão protegidas por disjuntores tripolares de MT extraíveis, controlados remotamente pelo sistema SCADA, e abrigados em cubículos de MT próprios em instalação abrigada. Em suma, o barramento intermediário servirá de ponto de interconexão entre cada alimentador e o primário do transformador elevador da SE.

No secundário do transformador, que terá um controle de tap ajustável, será instalado um disjuntor de 69 kV com funções de proteção programáveis e controladas remotamente pelo sistema SCADA. Na saída do transformador será conectado um disjuntor em alta tensão, transformadores de corrente e de potência, chave seccionadora e para-raios.

Os transformadores de corrente e de potência serão utilizados para aquisição de parâmetros elétricos necessários na medição e proteção da SE. Transformadores de corrente tipo bucha também serão utilizados antes e após o transformador elevador.

O processo de licenciamento foi desenrolado considerando que da saída da subestação partiria uma linha de transmissão em circuito simples e exclusivo, com nível de tensão de 69 kV e comprimento aproximado de 55 km até a Subestação São Luiz do Curú. A conexão da linha de transmissão da central eólica na SE São Luiz do Curú seria feita a partir de um “bay de conexão” exclusivo, permitindo a adequada e segura interligação da central eólica ao sistema de distribuição da COELCE. A linha de transmissão deverá ser de instalação aérea, sustentada por estruturas metálicas, segundo os padrões da COELCE.

Foi estudada uma solução alternativa de ligação à subestação de Faisa II que por se revelar viável e economicamente interessante desencadeou um processo paralelo de pedido de autorização que se encontra em curso e que contempla uma linha de transmissão, em circuito duplo, com nível de tensão de 230 kV, com comprimento aproximado de 60 km até a Subestação de Pecém II, que também será compartilhada com Tractebel. A conexão da linha de transmissão da central eólica na Subestação Pecém II será feita a partir de um “bay de conexão” exclusivo, permitindo a adequada e segura interligação da central eólica ao sistema de distribuição da CHESF. A linha de transmissão deverá ser de instalação aérea, sustentada por estruturas metálicas, segundo os padrões da CHESF. Nesta solução as estruturas elétricas - Subestação, Linha de Transmissão e Bay de Conexão - são partilhadas com os Projetos Faísas e Tractebel.

2.6.1.4 PROJETO BÁSICO - CIVIL

As obras e instalações civis previstas para a UEE Embuaca estão, basicamente, relacionadas à fundação do aerogerador, ao pátio de manobras, instalações das SEs unitárias e de saída da central e estruturas de apoio, como guaritas de segurança, sala de controle e depósito ou almoxarifado.

A figura abaixo apresenta uma planta baixa da área de implantação de cada aerogerador, que inclui dimensões da fundação da turbina eólica, do pátio de manobras dos guindastes e das vias de acesso. Este projeto teve como base os projetos civis padrões para o aerogerador Suzlon S88 e S95, fornecidos pelo fabricante.

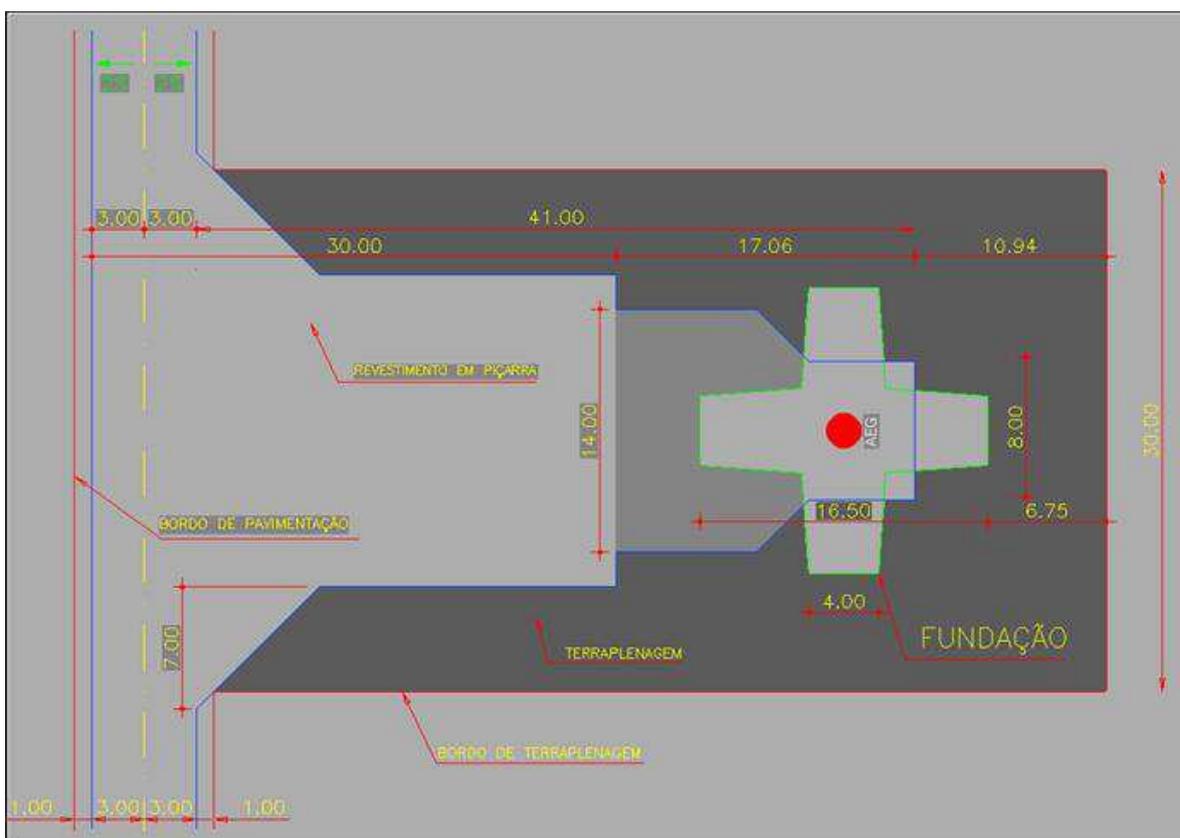


FIGURA 24. PLANTA BAIXA AÉREA DE IMPLANTAÇÃO DE CADA AEROGERADOR

Na fase de elaboração dos projetos executivos das obras civis deverão ser realizados estudos de engenharia para a adequação mais rigorosa do projeto de fundação padrão, visando atender as condições de resistência mecânica do solo do local.

A adequação do projeto de fundação do aerogerador visa também a sua adaptação às normas e leis vigentes do país, permitindo-se, em alguns casos, a aplicação do projeto padrão sem grandes alterações, e em outros, a utilização de novo projeto, específico para o local onde se deseja implantar a central eólica.

Também serão incluídos os projetos das vias de acesso ao sítio, o que inclui a definição do traçado, a partir do levantamento das interferências portuárias, rodoviárias e/ou ferroviárias de acessibilidade para os suprimentos do empreendimento eólico.

As dimensões e pesos das principais partes do aerogerador Suzlon S88 estão listados na tabela abaixo. Tais informações serão utilizadas para a realização das adequações das interferências e para o dimensionamento da capacidade de suporte dos pavimentos juntamente com as cargas dos guindastes.

TABELA 9. PLANTA BAIXA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DE CADA AEROGERADOR

Componente	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Peso (t)
Nacele	9,376	3,99	4,06	75,0
1° Elemento da Torre	17,290	-	-	61,4
2° Elemento da Torre	17,315	-	-	27,7
3° Elemento da Torre	19,705	-	-	39,4
4° Elemento da Torre	23,119	-	-	28,4
Rotor, c/ 3 pás	88,000	88,000	3,18	35,2

2.6.1.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO

Os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. A topografia e a rugosidade do solo são fatores de grande influência na distribuição de frequência de ocorrência dos ventos e de sua velocidade em um local. Além disso, a quantidade de energia eólica extraível numa região depende das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica instalados.

Um sistema eólico é constituído pelos seguintes componentes principais:

- Rotor: pás que captam a energia cinética dos ventos;
- Gerador: responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica;
- Mecanismos de controle: destinados a orientação do rotor, ao controle de velocidade, ao controle de carga etc;

- Torre: necessária para sustentar e posicionar o rotor em altura conveniente para o seu funcionamento;
- Transformador: responsável pelo acoplamento elétrico entre o aerogerador e a rede elétrica.

O funcionamento da turbina eólica é resultante da ação do fluxo de massa de ar incidente em seu rotor. Parte da energia cinética contida no vento é absorvida pelas pás da turbina, provocando a rotação do rotor. Essa rotação é transmitida por um eixo de rotação até um multiplicador de velocidade, do qual sai um eixo de alta rotação que é conectado ao gerador elétrico assíncrono de indução. O gerador é responsável pela transformação de energia mecânica rotacional em energia elétrica.

O sistema de monitoramento completo, garante uma operação segura e confiável do aerogerador a qualquer hora. Este sistema de supervisão e controle que monitora as principais variáveis operacionais (tensão e frequência elétricas, temperatura, vibração etc.) e interrompe automaticamente o seu funcionamento quando algum problema de gravidade for detectado.

A energia elétrica produzida pelo gerador em tensão de 600V é elevada para 34.500V através de um transformador em cada aerogerador e injetada na rede de distribuição, que passa ao lado de todos os aerogeradores. No final da linha, um transformador se encarrega de elevar a tensão de 34,5 kV para 230 kV e a energia é enviada para a subestação de ligação.

2.6.1.6 TECNOLOGIA

As opções tecnológicas tomada para estes projetos foram os modelo de aerogeradores Suzlon S95 e S88, equipamento utilizado pelo Grupo Martifer em diversos projetos, nomeadamente em Portugal, Romênia e Brasil que com elevada e comprovada capacidade operacional e de rendimento se revela adequado às condições de vento características do Brasil.

O projeto de engenharia do modelo de aerogerador Suzlon S88, classe IEC II-A, é baseado numa máquina com rotor de três pás, eixo horizontal de concepção *upwind*, ou seja, o rotor opera na frente da torre, e controle de potência por *Pitch* - passo variável.

A máquina é projetada para emitir baixos índices de ruído e é capaz de produzir eletricidade com velocidades de vento a partir de 4 m/s (*cut-in*), atingindo sua capacidade nominal em velocidades próximas a 14 m/s e interrompendo a sua geração em velocidades de vento superiores à 25 m/s (*cut-out*).

Para o modelo S88 com, 80 metros de altura, o cubo do rotor fixa as 3 pás que varrem uma área circular de 6.082 m² e 88 m de diâmetro. Estruturalmente, a turbina será constituída de uma torre tubular, em aço, com cerca de 77,5 metros de altura (resultando em altura do cubo de 80m). A torre será fixada ao solo por meio de uma fundação de concreto armado, com dimensões aproximadas de 16 m x 16 m. As diferenças para o modelo S95 com 90 metros de altura estão apenas nos comprimentos de cada segmento do aerogerador e no diâmetro das pás que passa a ser de 95 metros.

À medida que os parques eólicos com ventos de alta velocidade tornam-se saturados, o foco passa a ser o fornecimento de soluções eficientes que se adaptem a ventos de baixa velocidade. As turbinas S9X vão ao encontro desta demanda. Levando em consideração a dinâmica dos regimes de vento, a Suzlon projetou a linha S9X formada pelas turbinas S95 e S97, com 2.0 MW de potência. O design da linha S9X é uma evolução do modelo S88, que hoje responde por 4.100 MW de capacidade instalada em 11 países e apresenta índices globais de disponibilidade acima de 97%, fazendo deste o modelo mais robusto da Suzlon até o momento.

3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

DESENVOLVIDAS

Grande parte do estágio foi feita em campo. Descobri que a função de um engenheiro vai muito além de numero e livros. Fui designado a desenvolver um trabalho que é delicado e bem difícil: Construção da Linha de transmissão.

No estágio foi necessário muito paciência e dedicação para aprender como deve ser construída uma linha de transmissão e isso só foi possível com a leitura de normas da ANEEL, o conhecimento das disciplinas da área de potência e de controle, que forneceram a base para entender o funcionamento e organizar os processos.

Para que os parques eólicos se conectem às subestações mais próximas e assim entrem SIN(sistema integrado nacional) é necessário que sejam construídas grandes linhas de transmissões, pois os parques geralmente se localizam em praias, longe de centros urbanos .

3.1 Função e responsabilidade

Recebi a função de responsável por todo o processo que envolvesse as construções das linhas de transmissão. Fomos a campo com uma equipe de topografia e éramos encarregados em determinar qual seria o melhor traçado para fazermos a linha de transmissão. Possuía na sede da empresa um engenheiro electricista a quem eu respondia e que orientou todo o processo e sempre que necessário sanou as dúvidas e assim o trabalho foi desenvolvido de maneira correta.

No início, foi bastante difícil, pois pouco é visto em trabalho de campo na universidade, mas com ajuda e paciência fomos evoluindo uma importante etapa na construção da linha de transmissão que era o seu caminhamento final. E assim determinamos o traçado que ligava a subestação AREIA BRANCA que fica localizada dentro do parque eólico de MAR E TERRA até a subestação de MOSSORO II da Chesf que fica na cidade de Mossoró, ambos no município de Mossoró no Rio Grande do Norte.

Essa linha de transmissão que pode ser observada na figura 26, é uma Linha de Transmissão de 230 kV ligando a subestação de Areia Branca à subestação de Mossoro II, essa linha possui 60 km de extensão. Para construir uma linha de transmissão são necessárias diversas etapas e parece ser bem mais simples do que se imagina.



FIGURA 25. LINHA DE TRANSMISSAO 230 kV: Ligando a SE Areia Branca ~ SE MOSSORO II

Pontos básicos para levantamento da linha de transmissão:

- Definição do traçado;
- Autorização de passagem;
- Topografia;
- Avaliação do valor a ser indenizado devido o impacto causado pela passagem da LT;
- Negociação de passagem;
- Indenização;
- Contrato para liberação da faixa de servidão;
- Licenças ambientais: Licença Prévia, Licença de instalação, Licença de desmatamento, Liberação COMAR (Comando Aéreo Regional), Liberação do IPHAN, Anuência da Prefeitura, Licença da ANEEL, Autorização do Ministério Público, Autorização da ONS, DUP (declaração de utilidade pública).

A utilização da faixa de servidão e segurança de uma LT deve ser limitada ao que for compatível com sua operação, estabilidade de estruturas, manutenção e segurança, bem como a proteção ao meio ambiente e a segurança de terceiros. O bom

estado de conservação da faixa de servidão e segurança é fator fundamental para o bom desempenho da LT.

As empresas de energia elétrica, por disposição legal no *Código de Águas*[7] – Decreto Lei No. 24.643, de 10/07/1934, artigo 151, letra “c”, adotam para faixa de passagem o processo de servidão administrativa, regulamentado pelo Decreto No. 35.851, de 16/07/1954.

A Norma Técnica NBR 5422 - Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica, da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, define os parâmetros mínimos para fixação dessa faixa de segurança, principalmente quanto ao cálculo da largura e das distâncias de segurança, em função da natureza ou tipo de utilização do terreno.

A ocupação e conservação adequada da faixa de servidão e de segurança contribui para a segurança de pessoas e bens em sua proximidade e também para maior rapidez na localização de anomalias e para a execução dos serviços de manutenção

A linha de transmissão desenvolvida foi de 230 kV com estrutura metálica e cabos de alumínio. Utilizamos uma linha tão grande para alimentar dois parques eólicos que necessitavam apenas de uma linha de 69 kV porque sempre há interesse do investidor em compartilhar a capacidade do sistema de transmissão com outros projetos que estão em construção e próximos ao empreendimento em questão e assim diminuir o custo do projeto. Essa prática é muito utilizado devido ao grande custo em construir uma LT e também pela grande dificuldade que se encontra no processo de construção.

A faixa de servidão necessária para a LT de 230 kV foi de 40 metros de largura. Esse valor é alcançado através de normativas da ANEEL que determinam a largura da faixa de servidão e essa faixa de servidão é determinada em função das características civis, elétricas e mecânicas de LT, visando garantir a operação, manutenção e inspeção de linha, além da perfeita segurança das instalações e terceiros.

3.1.1 UTILIZAÇÃO DA FAIXA DE SERVIDÃO E BENFEITORIAS

A linha de transmissão desenvolvida foi de 230 kV com estrutura metálica e cabos de alumínio. Utilizamos uma linha tão grande para alimentar dois parques eólicos que necessitavam apenas de uma linha de 69 kV porque sempre há interesse do investidor em compartilhar a capacidade do sistema de transmissão com outros projetos

que estão em construção e próximos ao empreendimento em questão e assim diminuir o custo do projeto. Essa prática é muito utilizado devido ao grande custo em construir uma LT e também pela grande dificuldade que se encontra no processo de construção.

A faixa de servidão necessária para a LT de 230 kV foi de 40 metros de largura. Esse valor é alcançado através de normativas da ANEEL que determinam a largura da faixa de servidão e essa faixa de servidão é determinada em função das características civis, elétricas e mecânicas de LT, visando garantir a operação, manutenção e inspeção de linha, além da perfeita segurança das instalações e terceiros.

TABELA 10. LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO X TENSÃO DA LT

LINHA DE TRANSMISSÃO	
Tensão de LT	Largura da Faixa de Servidão
230 kV	40 metros
138 kV	30 metros
69 kV	15 metros
34,5 kV	7,5 metros

3.1.2 BENFEITORIAS NÃO PERMITIDAS

Dentro da faixa de servidão e segurança não são permitidas benfeitorias ou atividades que propiciem a permanência ou aglomeração constante ou eventual de pessoas ou aquelas que coloquem em risco a operação da LT. Estas benfeitorias ou atividades basicamente são:

- Instalações e/ou construções residenciais de qualquer natureza, tais como edículas, garagens, barracos, favelas, residências e lotes com frente para a faixa de servidão;
- Instalações e/ou construções industriais de qualquer natureza, tais como olarias, fornos, chaminés, estações de bombeamento, depósitos, galpões, escritórios, guaritas, rede de dutos etc.;

- Instalações e/ou construções comerciais de qualquer natureza, tais como bares, depósitos, bancas de jornal, barracas, “trailers”, lojas, salas de jogos etc.;
- Instalações e/ou construções agro-pastoris, tais como currais, chiqueiros, galinheiros, granjas, silos, cochos de sal, bebedouros, estábulos ou similares, estacionamentos de máquinas agrícolas etc.;
- Instalações e/ou construções de igrejas, salões comunitários, templos, escolas e cemitérios, entre outros.
- Áreas para a prática de esporte e/ou lazer, tais como praças, monumentos, clubes, piscinas, parques infantis, campos de futebol, quadras esportivas, pistas de atletismo ou corrida, bancos de jardim, coretos, pistas de aero-modelismo, “motocross”, “bicicross”, “pesque-e-pagues” etc.;
- Feiras livres, festas locais, quermesses, calçadas ou passeios para pedestres ao longo do eixo da LT etc;
- Cabinas telefônicas, pontos de ônibus ou táxi, guaritas, portarias etc.;
- Estacionamentos de veículos automotores, bicicletas, carroças etc.;
- Movimentos de terra, escavações, deposições de terra, exploração de jazidas, buracos ou erosões cuja evolução possa colocar em risco a estabilidade das estruturas ou a integridade dos cabos condutores, cabos pára-raios ou fios contrapesos;
- Placas de publicidade, "outdoors", antenas de rádio ou televisão etc.;
- Depósito de materiais inflamáveis ou combustíveis, materiais metálicos, sucata, entulho, lixo, ferro velho, areia, explosivos etc;
- Realização de queimadas de qualquer natureza;
- Irrigação artificial por aspersão ou com jato d’água dirigido para cima;
- Desvios de água que venham a comprometer a estabilidade das estruturas;
- Pedreiras, mineração ou outras atividades que venham a modificar o perfil do solo;
- Qualquer outra atividade que provoque redução da distância entre os cabos da LT e o solo;
- Estruturas de novas linhas de transmissão ou redes de distribuição, TV a cabo, telecomunicações etc.

3.1.3 DIVISÃO DA FAIXA EM “A”, “B” E “C”

Conforme a Figura 27 abaixo, as áreas "A", "B" e "C" estão definidas de acordo com o seu grau de importância para operação, manutenção e segurança da LT.

Na área "A" nenhuma benfeitoria será permitida, sob pena de impedir o acesso de veículos e equipamentos ou a execução dos serviços de manutenção nas estruturas.

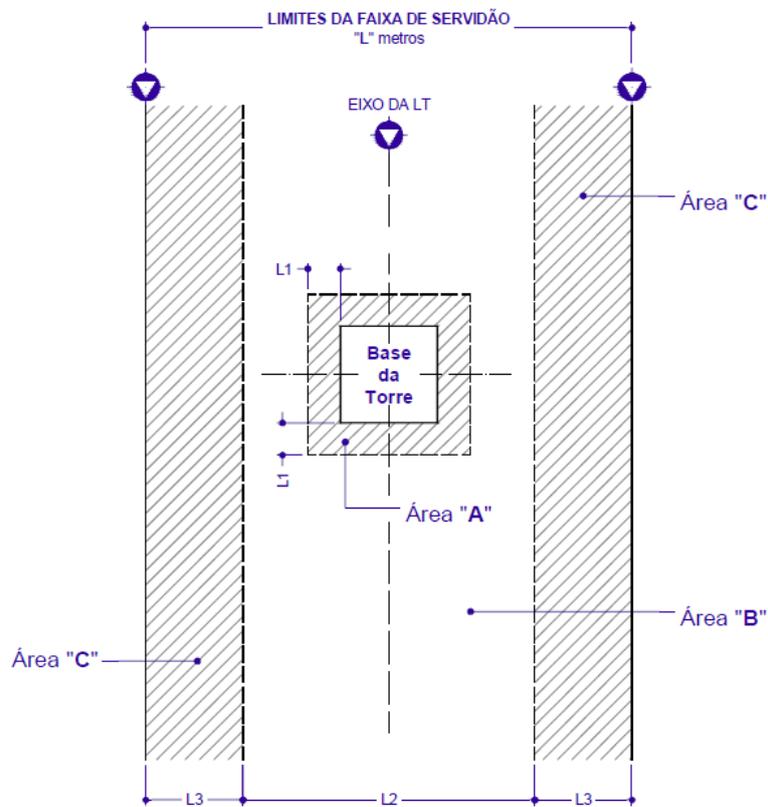


FIGURA 26. DIVISÃO DA FAIXA EM AREAS "A", "B", "C"

TABELA 11. VALORES PARA AS AREAS "A", "B", "C" DA FAIXA DE SERVIDÃO

Valores de L1, L2 e L3		
Para L= 40 m	Para L= 30 m	Para L= 20 m
L1= 4 m	L1= 2 m	L1= 2 m
L2= 24 m	L2= 18 m	L2= 12 m
L3= 8 m	L3= 6 m	L3= 4 m

3.1.4 BENFEITORIAS PERMITIDAS NAS ÁREAS “B” E “C”

Toda e qualquer utilização da faixa de segurança deverá ser precedida de análise e autorização por parte da CPFL, sendo que toda solicitação e a devida permissão, ou proibição, deverão ser formalizadas por escrito.

É permitida a cultura de cereais, horticultura, floricultura, pastagens e fruticultura, desde que constituída de espécies cuja altura máxima na idade adulta garanta que a distância do condutor mais baixo à vegetação nunca seja inferior a 4 metros.

É permitida a existência de açudes, lagoas e canais de água transversais ao eixo da LT, desde que autorizados pelo órgão de preservação ambiental, e muros, desde que obedecendo a distância mínima de 4 metros entre seu topo e o condutor mais baixo da LT. Cercas e alambrados são permitidos desde que observados as distâncias mínimas de segurança exigidas na Norma ABNT NBR 5422 - **Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica**[8], e desde que não prejudiquem a operação, inspeção e manutenção da LT e a segurança das instalações e de terceiros. Na implantação de novas linhas de transmissão, as luminárias, postes de linhas de distribuição ou de redes telefônicas existentes poderão permanecer na área "C", desde que obedecidas as exigências do parágrafo anterior. Caso contrário, deverão ser relocados. Abaixo, na figura 27 observa-se a existência do plantio de benfeitorias de pequeno porte na faixa de servidão conforme é autorizado.



FIGURA 27 LINHAS DE TRANSMISSÃO DE 230 kV COM ESTRUTURAS METÁLICAS PROXIMO À SE MOSSRO II

3.1.5 DEFINIÇÃO DO TRAÇADO, AUTORIZAÇÃO E TOPOGRAFIA:

Precisam ser levadas em conta, o menor percurso, as benfeitorias que irão ser encontradas, as passagens de rios, estradas, casas, entre outras dezenas de coisas que precisam ser analisadas antes de definir o melhor traçado.

Tivemos um grande problema nesse caso, pois cruzamos na região com poços de petróleo da Petrobras que têm total domínio sobre a área daí nosso traçado precisou ser refeito diversas vezes até a Petrobrás ficar satisfeita e nos dar a anuência para passarmos sem problemas. Além disso, também cruzamos com uma futura linha da Chesf e como só descobrimos ao passarmos com a topografia foi preciso refazer o final inteiro o que gerou muito trabalho. Importante deixar claro que uma LT de 230 kV não pode sofrer variação em sua inclinação de +/- 30°.

A topografia é tida como a base para um sucesso no processo de construção da linha, pois sendo bem feita. Os proprietários irão aceitar facilmente a negociação evitando processos judiciais, os valores da indenização não serão exorbitantes se a topografia preocupar-se em desviar de imóveis, ou outras bem feitorias de grande porte. Ainda é um papel importante da benfeitoria sempre pedir permissão antes de passar pela propriedade das pessoas, pois isso pode gerar além de um desconforto uma situação que o proprietário fica tão chateado que impossibilita total a negociação da área.

3.1.6 NEGOCIAÇÃO, INDENIZAÇÃO E CONTRATO:

Após ser definido todo traçado iniciou-se o processo de indenização. A indenização é feita utilizando como base uma avaliação de cada propriedade no comprimento e largura que a estamos atravessando e esse Laudo de Avaliação é feita por uma empresa contratada por fora para fazer esse tipo de serviço e essa fase de fazer as indenizações foi sem duvidas a parte mais difícil do trabalho ao longo desses meses. Temos que ir de porta em porta na casa de cada proprietário explicar como é feita a passagem da LT, a necessidade e importância de passarmos sem problemas, após ser aceita a negociação fazia o contrato com a ajuda de uma equipe de advogados que nos acompanhava e fazia o pagamento dos valores indenizados. Foram negociados em de

60% de um total de 180 proprietários. Um trabalho longo que durou em torno de quase dois meses e o total das avaliações somadas chegou à quase 4 milhões de reais.

Nos casos que não aceitaram as negociações de nenhum jeito, muitas vezes oferecendo bem mais do que era informado nas avaliações somos obrigados a entrar com a DUP (declaração de utilidade pública) que é um documento expedido pela ANEEL após um longo e demorado processo que prova que a linha é de domínio público e é para um “bem” maior da população e sendo assim o proprietário é obrigado a aceitar e se não concordar com o valor indenizado em juízo irá iniciar um processo contra a empresa, mas a LT não espera o fim do processo irá passar por dentro da propriedade de todo jeito.

3.1.7 LICENÇAS AMBIENTAIS, AUTORIZAÇÕES E ANUÊNCIAS

Sem dúvidas a fase mais difícil para construir um parque eólico é a parte burocrática, são tantas licenças, tantos órgãos ambientais e não ambientais e tanta burocracia que é necessário ser enfrentada que tem momentos que todo pensam “não é possível que tudo só dar errado”, foi incrível descobrir com experiência própria que ser engenheiro não consiste apenas em fazer contas matemáticas, testes em laboratório, programas e dezenas de outras coisas na área da exata. Para levantar empreendimentos somos nós engenheiros que somos os responsáveis por tirar todas as licenças ambientais que pode ter certeza são muitas, autorizações de órgão governamentais, anuências de órgão públicos. Abaixo, na figura 27 observa-se

4 ÁREAS DE IDENTIFICAÇÃO COM O CURSO

As disciplinas do curso de engenharia elétrica tiveram um papel fundamental para o entendimento das atividades realizadas durante o estágio. As disciplinas na área de controle foram fundamentais para ter um bom domínio de como fazer uma boa programação e controle de processos. Principalmente a disciplina de PCP (planejamento, gerenciamento e controle da produção).

As disciplinas da parte de potência também foram muito importantes para se ter o conhecimento de como funciona uma linha de transmissão na parte de como é feita a transmissão, geração e distribuição frequência. Instalações elétricas foi de suma importância pois a maioria dos testes fazia a instalação elétrica dos equipamentos.

Em geral, todas as disciplinas do curso de engenharia contribuíram de forma direta ou indireta para a realização do estágio, pois é através delas que o aluno desenvolve o raciocínio lógico para exercer a função de engenheiro.

5 CONCLUSÃO

As atividades realizadas durante o estágio foram válidas tanto pelo aspecto técnico quanto pela experiência de trabalho em uma empresa multinacional, com a grande diversidade cultural e étnica que existe no ambiente de trabalho é possível enriquecer o lado pessoal também, vivenciando políticas e regras internas da empresa para que haja um equilíbrio e respeito em uma população multicultural.

O aprendizado em relação às atividades desenvolvidas foi um processo contínuo através de buscas de informações com outros engenheiros da empresa e das subcontratadas, muita pesquisa sobre normas da ANEEL e resoluções de como deveriam ser dado entrada em todos os processos para liberação ambiental principalmente que é sem dúvida uma das grandes dificuldades em construir um parque eólico.

Foi um estágio muito importante que atendeu todas as expectativas em relação a empresa e deu um amplo conhecimento sobre linhas de transmissão conhecendo os detalhes básicos que precisam ser checados ao projetar uma linha e que apenas a vivência no diárias são capazes de ensinar. Assim percebe-se que o estágio curricular vem cumprindo sua finalidade, de ser um período de experiência para o futuro engenheiro, agregando tanto informações técnicas como também o desenvolvimento das relações interpessoais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Disponível em:<www.msrenovaveis.com.br>. Acesso em: 01-02-2012
- [2] **Santander: Boletim sobre o investimento em parque eólico.** Disponível em: <http://www.santander.com.br/portal/wps/gcm/package/wps/Boletim_16-12-11_71454.zip/int_fev_parqueseolicos.htm> . acesso em: 20-01-2012
- [3] **Construção de Parques Eólicos.** Disponível em: <www.martifer.com>. Acesso em : 04-01-2012
- [4] **Empresa de Desenvolvimento de Projetos Eolicos.** Disponível em: <www.braselco.com.br>. Acesso em : 10-11-2011
- [5] **Fabricante de Aerogeradores.** Disponível em: <www.suzlon.com>. Acesso em : 10-12-2011
- [6] **Estudo e Certificação de Ventos.** Disponível em: <www.megajoule.com.br>. Acesso em : 10-01-2012
- [7] **CODIGO DAS AGUAS:** Decreto LEI 7.062, de novembro de 1944
- [8] Norma Técnica NBR 5422 NB 182/1985: **Projeto de linhas aéreas para transmissão de energia elétrica,**
- [9] Disponível em:< http://pt.wikipedia.org/wiki/Parque_e%C3%B3lico>. Acesso em : 20-01-2012
- [10] Kranert, **Energia eólica.** Energia, v-4,n23,p 24-30, 1982.
- [11] **Energia do vento e da água.** São Paulo, gecho, 1994 64p. p 12-13
- [12] Resolução da ANEEL 279/