

## 4. CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO

### 4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As informações contidas neste capítulo são baseadas nos projetos dos parques eólicos em referência, e trata dos principais aspectos relacionados à sua instalação e operação, apresentando os estudos básicos que deram suporte aos projetos de engenharia do empreendimento, o dimensionamento do complexo eólico, as diversas etapas que compõem a fase de implantação, os custos e o cronograma do projeto.

### 4.2. FASES DO EMPREENDIMENTO

O Projeto do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** se efetivará em três fases, sendo: estudos e projetos, incluindo o planejamento do empreendimento; implantação, com a construção das vias de acesso, fundações, cabeamento elétrico, instalação e montagem dos aerogeradores; e, operação do empreendimento, que é o funcionamento propriamente dito dos aerogeradores para geração de eletricidade (Quadro 4.1).

**Quadro 4.1 – Fases do Empreendimento**

Fases e Componentes do Projeto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ESTUDOS E PROJETOS               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ ESTUDOS BÁSICOS</li> <li>▫ PROJETO BÁSICO DO COMPLEXO EÓLICO</li> <li>▫ ESTUDO AMBIENTAL</li> </ul> </li> <li>- IMPLANTAÇÃO               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ CONTRATAÇÃO DE EMPREITEIROS E MÃO DE OBRA</li> <li>▫ INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS</li> <li>▫ MOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS</li> <li>▫ LIMPEZA DA ÁREA/SUPRESSÃO VEGETAL</li> <li>▫ MELHOERIA/CONSTRUÇÃO DAS VIAS DE ACESSO EXTERNAS</li> <li>▫ CONSTRUÇÃO DAS VIAS DE ACESSO INTERNAS</li> <li>▫ CONSTRUÇÃO DA SUBESTAÇÃO E CASA DE CONTROLE</li> <li>▫ CONSTRUÇÃO DAS FUNDAÇÕES E DAS BASES</li> <li>▫ MONTAGEM DAS TORRES E AEROGERADORES</li> <li>▫ MONTAGEM ELÉTRICA</li> <li>▫ CABEAMENTO ELÉTRICO</li> <li>▫ INTERLIGAÇÃO ELÉTRICA</li> <li>▫ TESTES PRÉ-OPERACIONAIS E COMISSIONAMENTO</li> <li>▫ DESMOBILIZAÇÃO DA OBRA</li> </ul> </li> <li>- OPERAÇÃO               <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</li> <li>▫ MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS</li> </ul> </li> </ul>

## **4.2.1. Fase de Estudos e Projetos**

Nesta fase, foi determinada a capacidade nominal de cada parque eólico integrante do complexo eólico, tendo em vista as perspectivas de se gerar cerca de 220 MW. A partir de então foram procedidas às devidas ações para o processo de licenciamento junto a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e ao órgão ambiental competente, a SEMAR entre outras instituições envolvidas com a questão da geração de energia por produtores independentes.

O dimensionamento do complexo eólico teve como pressupostos os estudos básicos, envolvendo o estudo de viabilidade econômica, levantamento topográfico, estudo geotécnico do terreno e estudo da caracterização eólica da região.

Já na etapa posterior ao projeto de dimensionamento, seguiu-se com o estudo ambiental, primeiramente através da elaboração do Relatório Ambiental Simplificado (RAS) na fase de licenciamento prévio, e nesta etapa, com a apresentação de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o qual fica consubstanciado no presente documento.

### **4.2.1.1. Estudos Básicos**

#### **4.2.1.1.1. Estudo de Viabilidade Econômica**

O Estudo de Viabilidade Econômica envolveu uma avaliação de custo/benefícios do projeto por parte do empreendedor.

Para avaliação econômica do projeto foram considerados todos os custos de implantação, incluindo ainda custos de capital, custos de operação e manutenção do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III**.

Segundo Cavallo et al. 1995 *apud* Castro et al. 1997 nas áreas de boas fontes de vento ( $450,0 \text{ W/m}^2$ ) de densidade de potência do vento, os aerogeradores garantem eletricidade a um custo de US\$ 0,053 por kWh (6% de juros, isentos de todas as taxas).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), mesmo com o deságio de 5,5%, o 5º Leilão de Energia (agosto/2013) marcou efetivamente a consolidação dessa fonte na matriz elétrica nacional, mantendo-se a meta de contratação esperada pela instituição e posicionando o setor eólico brasileiro em uma situação de muita expectativa.

O custo efetivo de qualquer sistema eólico é mais sensível ao custo de instalação e o AEO (kWh/ano) do que outros fatores.

O preço a ser pago as empresas empreendedoras para cada MWh gerado será especificado em contrato.

Serviram como premissas para a viabilidade do empreendimento, os seguintes dados:

- prazo máximo de implantação de 04 semestres;
- tempo mínimo de operação do projeto;
- produção média anual do complexo eólico;
- índice médio de disponibilidade anual; e,
- custo de operação e manutenção do empreendimento.

Com base nos itens acima apresentados, considerando as premissas econômicas básicas, como taxa de juros, previsão de inflação, impostos, contribuições pertinentes, e com base em uma análise de fluxo de caixa, o projeto mostrou plena viabilidade econômica.

#### 4.2.1.1.2. Levantamento Topográfico

O produto do levantamento topográfico subsidiou a análise do uso e ocupação do solo para a área do empreendimento.

Na Planta de Implantação Geral de cada um dos parques eólicos, apresentada na Documentação Cartográfica, Volume II - Anexos, são apresentadas as curvas de nível de 10,0 em 10,0 metros, retratando a morfologia atual do relevo, e também a poligonal delimitadora da área do projeto.

#### 4.2.1.1.3. Estudo de Caracterização Eólica

Os estudos do potencial eólico do estado do Piauí foram feitos utilizando um modelamento simplificado de conservação de massa, modelos de terreno (relevo e rugosidade) em resolução de 1 km x 1 km, e dados de vento de uma rede de torres de medição, principalmente ao longo do litoral. Já o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro calculou, para todo o território nacional, o regime de ventos através do modelo atmosférico de mesoescala denominado MesoMap, o qual apresentava resolução inicial de 3.6 km x 3.6 km, interpolada para as condições de relevo e rugosidade na resolução de 1 km x 1 km.

O modelamento de mesoescala é capaz de simular importantes mecanismos físicos atuantes na atmosfera e sua interação com as características do terreno, como por exemplo: canalização do vento em passos de montanhas, ventos causados por

gradientes térmicos, brisas montanha-vale, brisas marinhas, lacustres e terrestres, jatos noturnos, inversões térmicas, etc. Sobressaíram-se dos resultados do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro áreas promissoras no Estado do Piauí.

Os estudos acima indicaram que os municípios de Simões e Curral Novo do Piauí localizam-se numa região que apresenta vários locais propícios a aproveitamento eólico.

## O modelo MesoMap

Para escolher a área de projeto com precisão, foi feito um novo mapeamento do recurso eólico da região, utilizando modelos de terreno mais precisos. Nos últimos anos houve grandes avanços na capacidade computacional e nas tecnologias de sensoriamento remoto por satélites. Estão disponíveis modelos de relevo muito mais detalhados e representativos, levantados através de interferometria por radares duplos de pequena abertura a bordo do ônibus espacial *Endeavour (Shuttle Radar Topography Mission - SRTM, NASA/ESA)*. Também os modelos de rugosidade tiveram grande avanço com a disponibilização de imagens de alta resolução fornecidas por sensores/espectrômetros a bordo de satélites, sendo validados por modelos de uso do solo e por amostragens em campo.

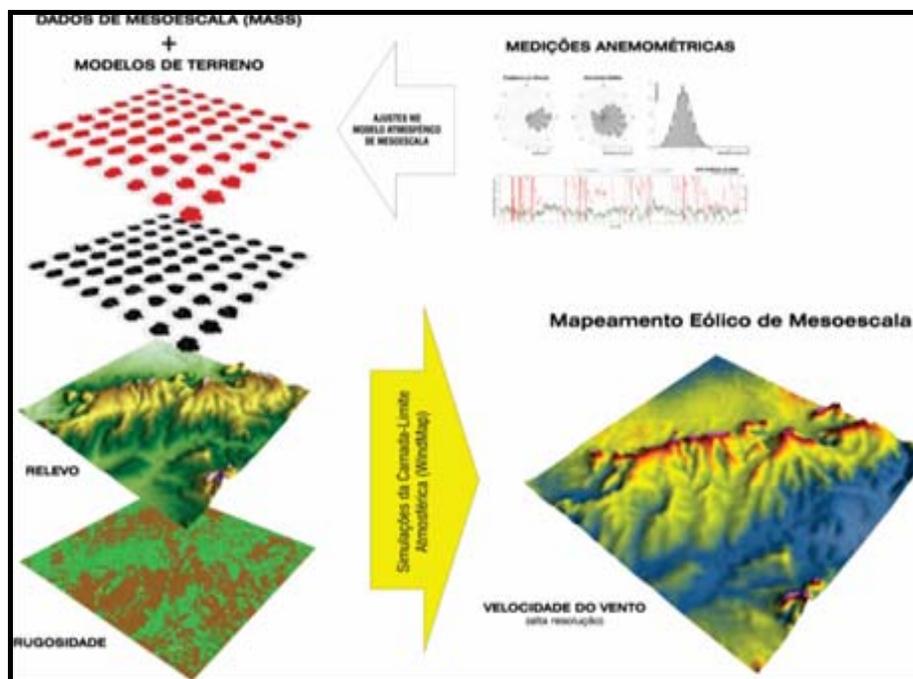
O mapeamento detalhado da região de Simões e Curral Novo do Piauí foi realizado utilizando novamente o modelo de mesoescala MesoMap (AWS TrueWind LLC) desta vez utilizando modelos de terreno em maior resolução. O modelo de relevo foi desenvolvido a partir da base topográfica SRTM e o modelo de rugosidade foi elaborado a partir de imagens de satélite, modelos de vegetação, uso do solo e amostragens em campo. A resolução final de mapeamento teve um nível de detalhamento bastante superior ao do mapeamento citado anteriormente (100m x 100m). O mapeamento detalhado identificou com melhor precisão as áreas mais promissoras para aproveitamentos eólicos, especificando locais na região de interesse onde a velocidade do vento média anual é de 8,5 m/s, a 80 m de altura.

## O Modelo WindMap

O mapeamento final da área dos parques eólicos foi feito utilizando o software WindMap, que calcula as velocidades médias e direções de vento a partir dos modelos digitais de terreno (relevo e rugosidade) em alta resolução e dos dados validados das medições anemométricas (Item C). Constituinte um desenvolvimento recente dos métodos baseados na equação da continuidade (conservação de massa ou escoamento não divergente), originários do NOABL (*Numerical Objective Analysis of Boundary Layer*), o WindMap utiliza o método dos elementos finitos para calcular o campo de velocidade do escoamento em todo o domínio de cálculo, que constitui-se de uma malha tridimensional de pontos sobre o terreno. Essa malha é representada através de um *grid* gerado com

base num sistema de coordenadas conforme o terreno, de modo a refinar o detalhamento da malha na região próxima à superfície (Figura 4.1).

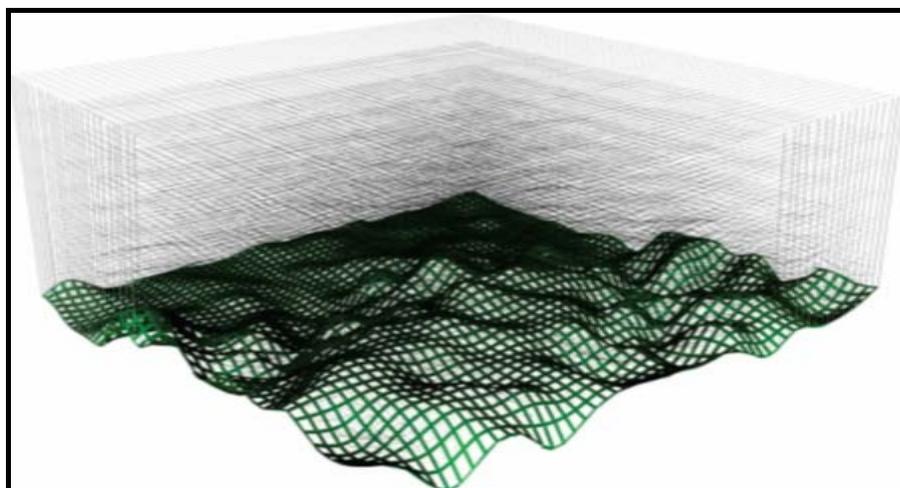
**Figura 4.1 - Metodologia de Cálculo do Regime de Ventos**



Fonte: Memorial Descritivo do Parque Eólico Ventos de Santa Joana I.

O processo de cálculo é realizado por elementos finitos, em um domínio tridimensional, conforme mostrado na Figura 4.2. O terreno é representado por uma malha regular de  $m$  elementos no sentido N-S,  $n$  elementos no sentido L-O. No sentido vertical são definidos  $w$  elementos, e o espaçamento vertical entre nós da malha pode ter variação logarítmica ou geométrica, de forma a concentrar mais elementos na proximidade da superfície do solo, onde ocorrem os gradientes mais significativos.

**Figura 4.2 - Domínio Tridimensional de Cálculo WindMap**



Fonte: Memorial Descritivo do Parque Eólico Ventos de Santo Augusto I.

## Mapa de Potencial Eólico

De forma exemplificadora, o resultado do mapeamento eólico de um dos parques eólicos por simulação de camada-limite atmosférica WindMap pode ser observado na Figura 4.1, indicando, por escala de cores, a velocidade média anual para toda a área do parque eólico, de modo a subsidiar as próximas etapas do projeto (estudos de adequabilidade e estudos de posicionamento de aerogeradores – *micrositing*).

## Condições Climáticas

As médias climatológicas mensais e anuais de densidade do ar foram calculadas a partir de extrapolações de dados medidos na região e de séries climatológicas de longo prazo registradas em estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET Campos Sales), no período de 1961 a 1990 (pressão atmosférica e temperatura), e utilizando a Atmosfera Padrão ISA (NOAA/NASA), altura de rotor das turbinas e altitude média do terreno nos locais dos aerogeradores (Quadro 4.2).

**Quadro 4.2 - Médias Climatológicas**

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
Altitude: 878 metros													
Temperatura [°C]	23.1	22.2	21.7	21.7	21.3	21	20.9	22	23.5	24.5	24.5	24	22.5
Pressão Atmosférica [hPa]	916.2	916.8	917	917.5	918	920.1	920.3	920.2	918.4	917.7	916.9	916.5	<b>918.0</b>
Densidade do Ar [kg/m <sup>3</sup> ]	1.077	1.081	1.083	1.084	1.086	1.090	1.090	1.086	1.078	1.074	1.073	1.074	<b>1.082</b>

Fonte: Memorial Descritivo do Parque Eólico Ventos de Santo Augusto I.

Esses resultados foram utilizados na correção da curva de potência dos aerogeradores para as condições locais de operação. As curvas de potência foram utilizadas nos cálculos de produção de energia.

## Medições Anemométricas

Para detalhar com precisão o recurso eólico disponível, a Casa dos Ventos Energias Renováveis S.A. instalou uma torre anemométrica na região. As características do sítio eólico (local de medição) e os sumários mensais de dados anemômetros são apresentadas no Quadro 4.3.

**Quadro 4.3 - Torre VA 8702: Características do Sítio Eólico (Local de Medição) e Sumários Mensais de Dados Anemômetros**

<b>Torre</b>	VA 8702				
<b>Latitude UTM</b>	315412,9	E	<b>Latitude</b>	S 7° 43' 26.700"	
<b>Longitude UTM</b>	9145843	S	<b>Longitude</b>	W 40° 40' 25.300"	
<b>Zona</b>	24				
<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>H 80m</b>		<b>H 60m</b>	
		<b>Vel 1 (m/s)</b>	<b>Sd 1 (m/s)</b>	<b>Vel 2 (m/s)</b>	<b>Sd 2 (m/s)</b>
2011	Jan	6.291	2.918	4.802	0.826
2011	Feb	6.420	2.535	6.084	2.441
2011	Mar	5.080	1.826	4.772	1.723
2011	Apr	7.537	2.740	7.161	2.640
2011	May	9.886	2.981	9.438	2.905
2011	Jun	10.011	2.849	9.539	2.778
2011	Jul	10.584	2.832	10.131	2.760
2011	Aug	10.102	2.751	9.663	2.662
2011	Sep	10.899	2.839	10.463	2.807
2011	Oct	8.285	2.969	7.929	2.849
2011	Nov	7.557	2.747	7.229	2.667
2011	Dec	7.497	2.603	7.133	2.481
2012	Jan	7.524	2.574	7.171	2.482
2012	Feb	7.672	2.676	7.285	2.592
2012	Mar	7.591	2.612	7.226	2.513
2012	Apr	7.927	2.628	7.539	2.520
2012	May	9.236	2.820	8.830	2.739
2012	Jun	9.787	2.530	9.354	2.441
2012	Jul	10.767	2.147	10.342	2.134
2012	Aug	11.474	2.478	11.045	2.470
2012	Sep	10.421	2.539	9.998	2.483
2012	Oct	10.113	2.932	9.726	2.885
2012	Nov	6.510	2.556	6.234	2.441
2012	Dec	7.048	2.408	6.710	2.299
2013	Jan	6.478	2.743	6.173	2.646
2013	Feb	7.948	2.699	7.555	2.599
2013	Mar	6.471	3.080	6.135	2.959
2013	Apr	6.819	3.038	6.403	2.884
2013	May	8.690	2.608	8.195	2.482
2013	Jun	9.174	2.192	8.664	2.107
2013	Jul	10.145	2.242	9.629	2.192
2013	Aug	11.069	2.590	10.561	2.551
2013	Sep	10.407	2.722	9.904	2.653

Fonte: Casa dos Ventos Energias Renováveis S.A. (2015).

Continuação do Quadro 4.3

<b>Torre</b>	VA 8702				
<b>Latitude UTM</b>	315412,9	E	<b>Latitude</b>	S 7° 43' 26.700"	
<b>Longitude UTM</b>	9145843	S	<b>Longitude</b>	W 40° 40' 25.300"	
<b>Zona</b>	24				
<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>H 80m</b>		<b>H 60m</b>	
		<b>Vel 1 (m/s)</b>	<b>Sd 1 (m/s)</b>	<b>Vel 2 (m/s)</b>	<b>Sd 2 (m/s)</b>
2013	Oct	9.071	3.146	8.634	3.039
2013	Nov	7.916	2.767	7.497	2.654
2013	Dec	6.123	2.310	5.769	2.190
2014	Jan	8.042	2.572	7.585	2.453
2014	Feb	7.792	2.882	7.349	2.789
2014	Mar	6.702	2.660	6.299	2.534
2014	Apr	7.161	3.083	6.756	2.946
2014	May	8.929	2.602	8.450	2.490
2014	Jun	10.383	2.553	9.861	2.491
2014	Jul	10.472	2.113	9.954	2.084
2014	Aug	11.068	2.653	10.571	2.589
2014	Sep	10.194	3.279	9.730	3.175
2014	Oct	9.933	3.203	9.484	3.111
2014	Nov	7.426	2.714	7.048	2.603
2014	Dec	7.494	2.804	7.072	2.694
2015	Jan	7.632	2.711	7.186	2.589
2015	Feb	6.750	2.551	6.360	2.438

Fonte: Casa dos Ventos Energias Renováveis S.A. (2015).

A torre tem 80 m de altura e é equipada com anemômetros calibrados em túnel de vento. Os equipamentos foram instalados em conformidade com as recomendações da Agência Internacional de Energia (*Recommended Practices in Anemometry*, IEA) e norma IEC 61400-12-1. Nesta torre, foram instalados dois anemômetros nas alturas de 80 e 60 m e um sensor de direção nas alturas de 80m. Além destes, foram instalados um barômetro e um termohigrômetro. A torre foi equipada com todos os demais acessórios necessários ao funcionamento da estação anemométrica, incluindo armazenadores digitais de dados (datalogger, modelo SecondWind NOMAD2), baterias, painéis solares, pára-raios, luzes de sinalização, etc. Os anemômetros utilizados foram da marca Thies, modelo Thies Clima e as windvanes também da marca Thies, modelo Thies Clima.

#### 4.2.1.1.4. Estudo de Análise de Risco

Para o **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUI III** foi elaborado um Estudo de Análise de Risco – EAR, além do Plano de Gerenciamento de Risco – PGR e do Plano de Resposta à Emergência – PRE.

O Estudo de Análise de Risco – EAR teve por finalidade identificar, analisar e avaliar os eventuais riscos impostos a objetos vulneráveis (meio ambiente, comunidades circunvizinhas e instalações) advindas dos parques eólicos.

Estes estudos foram elaborados pela empresa GEOCONSULT Consultoria, Geologia & Meio Ambiente Ltda., tendo como Responsável Técnico o Engenheiro Mecânico Francisco Olímpio Moura Carneiro, CREA-CE N°. 45.593-D e são apresentados no Volume II – Anexos deste EIA e seus principais resultados discutidos no Capítulo 12.

#### 4.2.1.2. **Projeto Básico do Complexo Eólico**

Este documento apresenta, de forma resumida, a configuração do empreendimento **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III**.

As informações contidas neste capítulo são baseadas nos memoriais descritivos dos parques eólicos, de responsabilidade do engenheiro Jean Rodrigo Fernandes RNP N° 2005118958.

##### 4.2.1.2.1. Dimensionamento do Complexo Eólico

Um parque eólico é composto por unidades geradoras individuais chamadas aerogeradores ou turbinas eólicas, posicionadas de modo a captar a energia.

Os aerogeradores são instalados no topo de uma torre de concreto ou aço, de forma cônica tubular, sendo apoiados sobre uma fundação em concreto armado, estaqueada quando necessário, e interligados através de uma rede elétrica de média tensão aérea a uma subestação elevadora situada no interior do parque. Essa subestação tem por finalidade elevar a tensão da geração a um valor apropriado ao transporte da energia.

Resumidamente, os aerogeradores ou turbinas eólicas podem ser subdivididos em 3 partes: (a) os segmentos que formam a torre; (b) a nacelle, que abriga os componentes internos (gerador, sistemas de segurança, sistema de transmissão e conversão de velocidade - caixa multiplicadora na maioria dos casos, existindo também aerogeradores sem caixa multiplicadora); (c) o rotor, composto por 3 pás de fibra de vidro, com diâmetro de 100 m, conectadas a um eixo principal ou cubo (hub), que transmite o movimento de rotação das pás ao gerador através do sistema de transmissão, transformando a energia cinética do vento em energia mecânica de rotação, que por sua vez é transformada em energia elétrica por meio do gerador.

A nacela é orientável, rodando em torno de um eixo vertical, por forma a posicionar-se no azimute do vento dominante.

Os parques que compõe o **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** utilizarão dois modelos de aerogeradores – GE 2.3-107 e GE 2.3-116, que encerrarão capacidade instalada de 18.4 MW, 20.7, 27.6 MW ou 29.9 MW para cada parque eólico, dependendo da quantidade de aerogerador, conforme discriminado no Quadro 4.4.

**Quadro 4.4 – Discriminação dos Aerogeradores a Serem Utilizados nos Parques Eólicos**

Parque Eólico	Quantidade de Aerogeradores	Modelo do Aerogerador	Potência Unitária	Altura do Hub	Potência Total
Ventos de Santo Augusto I	8	GE 2.3-107	2.3 MW	80,0	18.4 MW
Ventos de Santo Augusto II	12	GE 2.3-116	2.3 MW	80,0	27.6 MW
Ventos de Santo Augusto VI	13	GE 2.3-107	2.3 MW	80,0	29.9 MW
Ventos de Santo Augusto VII	8	GE 2.3-107	2.3 MW	80,0	18.4 MW
Ventos de Santo Augusto VIII	8	GE 2.3-107	2.3 MW	80,0	18.4 MW
Ventos de São Virgílio 01	13	GE 2.3-107	2.3 MW	80,0	29.9 MW
Ventos de São Virgílio 02	13	GE 2.3-116	2.3 MW	80,0	29.9 MW
Ventos de São Virgílio 03	09	GE 2.3-116	2.3 MW	80,0	20.7 MW
Ventos de Santo Onofre IV	12	GE 2.3-107	2.3 MW	80,0	27.6 MW

Na área que abrange as instalações do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** serão instalados ou construídos:

- 96 (noventa e seis) aerogeradores que incluem as respectivas torres, naceles, rotores de três pás e transformadores;
- Plataformas de manobra para os guindastes;
- Vias de acesso internas;
- Subestações unitárias;
- Cabeamento elétrico;
- 01 Subestação elevadora de tensão elétrica e respectiva casa de comando e controle.

A disposição dos aerogeradores a serem instalados no terreno (*micrositing*) destinado ao **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** levou em conta aspectos técnicos, socioambientais e operacionais relevantes para o empreendimento.

O detalhamento do projeto é apresentado nos memoriais descritivos e nas plantas do projeto - Plantas de Implantação Geral, apresentados no Volume II – Anexos.

#### 4.2.1.2.2. Turbinas Eólicas

Basicamente a instalação de um gerador eólico consiste na unidade geradora completa, composto por rotor, pás, conversor e demais componentes mecânicos, elétricos e de controle, instalados no topo de uma torre que está fixada em uma fundação de concreto.

Os aerogeradores a serem implantados no **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** serão de fabricação da General Electric GE, modelos GE 2.3-107 2.3MW Class IIS e GE 2.3-116 2.3MW Class 2B.

#### Aerogerador GE 2.3-107 2.3MW Class IIS

O modelo de aerogerador GE 2.3-107 possui 2.3 MW de potência unitária. As turbinas eólicas são de eixo horizontal com 3 pás com 53,0 m de comprimento, fixadas pelo cubo do rotor, varrendo uma área circular de 8.992,0 m<sup>2</sup> e 107,0 m de diâmetro, sendo estruturalmente constituído de uma torre tubular em aço com 79,7 m de altura. As características gerais da turbina são descritas com mais detalhes no Quadro 4.5.

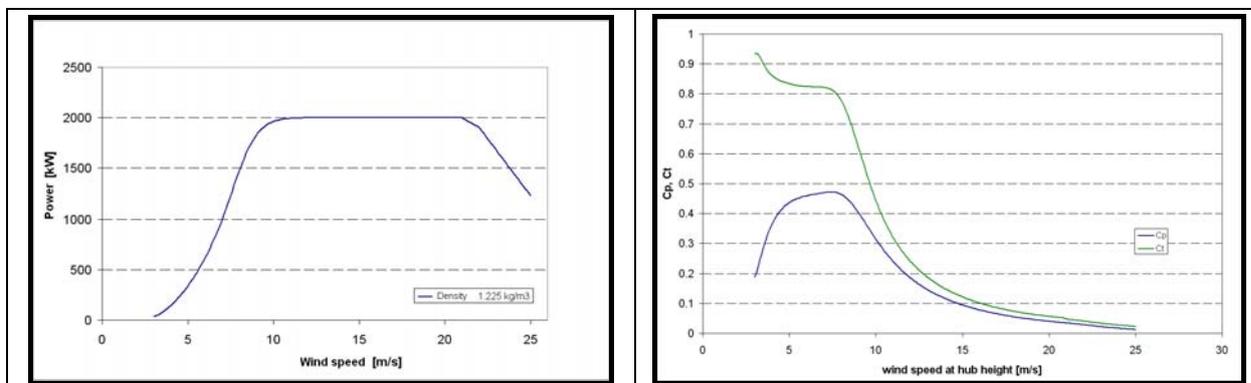
**Quadro 4.5 - Características Gerais da Turbina GE 2.3 – 107**

<b>ROTOR</b>	Diâmetro	107 m
	Área de Rotor	8.992 m <sup>2</sup>
<b>PÁS</b>	Número de pás	3
	Comprimento das pás	53 m
	Perfil	GE
	Material	Fibra de vidro reforçada com resina de poliéster
<b>TORRE</b>	Tipo	Modular
	Altura	79,7 m
<b>MULTIPLICADORA</b>	Tipo	1 etapa planetária e 2 etapas de eixos paralelos
<b>GERADOR</b>	Tipo	Assíncrono duplamente alimentado
	Potência nominal	2.3 MW
	Tensão	690 V AC
	Frequência	50 Hz / 60 Hz
	Classe de proteção	IP 54
	Fator de potência	0,95 CAP - 0,95 IND em todo o espectro de potência.

Fonte: Memorial Descritivo do Parque Eólico Ventos de Santo Augusto I.

No Gráfico 4.2 são apresentadas as Curvas de Desempenho da turbina GE 2.3 - 107 calculadas pelo fabricante.

**Gráfico 4.2 - Curvas de Desempenho da Turbina GE 2.3-107**



Fonte: Memorial Descritivo do Parque Eólico Ventos de Santo Augusto I.

### Aerogerador GE 2.3-116 2.3MW Class 2B

O modelo de aerogerador GE 2.3-116 possui 2.3 MW de potência unitária. As turbinas eólicas são de eixo horizontal com 3 pás com 56.9 m de comprimento, fixadas pelo cubo do rotor, varrendo uma área circular de 10.568,0 m<sup>2</sup> e 116,0 m de diâmetro, sendo estruturalmente constituído de uma torre tubular em aço com 79,7 m de altura. As características gerais da turbina são citadas com mais detalhes no Quadro 4.6.

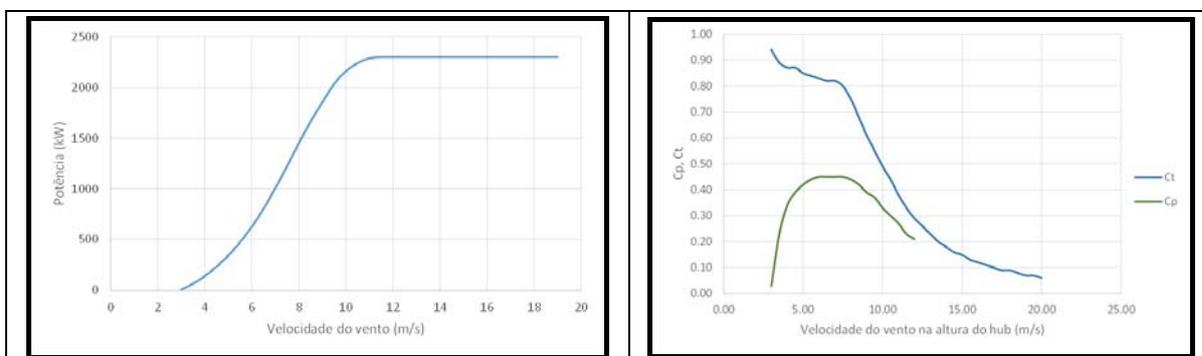
**Quadro 4.6 - Características Gerais da Turbina GE 2.3 – 116**

<b>ROTOR</b>	Diâmetro	116 m
	Área de Rotor	10.568,32 m <sup>2</sup>
<b>PÁS</b>	Número de pás	3
	Comprimento das pás	56.9 m
	Perfil	GE
	Material	Fibra de vidro reforçada com resina de poliéster
<b>TORRE</b>	Tipo	Modular
	Altura	79,7 m
<b>MULTIPLICADORA</b>	Tipo	1 etapa planetária e 2 etapas de eixos paralelos
<b>GERADOR</b>	Tipo	Assíncrono duplamente alimentado
	Potência nominal	2.3 MW
	Tensão	690 V AC
	Frequência	50 Hz / 60 Hz
	Classe de proteção	IP 54
	Fator de potência	0,95 CAP - 0,95 IND em todo o espectro de potência.

Fonte: Memorial Descritivo do Parque Eólico Ventos de São Virgílio 02.

No Gráfico 4.1 são apresentadas as curvas de desempenho calculadas pelo fabricante.

**Gráfico 4.1 - Curvas de Desempenho da Turbina GE 2.3 - 116**



Fonte: Memorial Descritivo do Parque Eólico Ventos de São Virgílio 02.

#### 4.2.1.2.3. Projeto Elétrico

##### Rede de Distribuição Elétrica Interna e Subestação

Os 9 (nove) parques eólicos integrantes do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** contarão com suas próprias redes internas de conexão elétrica (Sistema Coletor), levando a energia produzida nos aerogeradores para uma Subestação elevadora de tensão (34,5/230 kV), denominada Subestação Chapada IV, localizada na área do Parque Eólico Ventos de Santo Augusto VIII.

A Subestação Chapada IV terá capacidade ainda de atender outros parques a serem instalados na região.

##### Dados Gerais da Subestação Coletora

###### **Pátio de 230kV**

O esquema de barramento será do tipo Barra Dupla.

Possuirá uma saída de linha 230kV e dois transformadores elevadores 34,5/230kV – 3x120 MVA.

A saída de linha possuirá disjuntor com três chaves isoladoras de operação motorizada, sem lâmina de terra e uma chave de 'by-pass', também motorizada com lâmina de terra.

Já os dois transformadores possuirão disjuntor com três chaves isoladoras de operação motorizada, sem lâmina de terra e uma chave de 'by-pass', também motorizada.

Para proteção e medição operacional serão instalados transformadores de corrente e potencial.

Para blindagem, pára-raios tanto na saída de linha, como após cada trafo, assim como cabos guarda (pára-raios).

### **Setor de 34,5kV**

Este setor será instalado ao tempo, com barra simples e constará de setores independentes em serviços auxiliares e medição de faturamento por parque. Com isto, dependendo da potência de cada parque, estes barramentos segregados terão de uma a duas entradas de 34,5kV, composta de disjuntor, chave isoladora e pára-raios. Estes disjuntores, do tipo distribuição, já terão incorporados, TC's, TP's e controle/proteção/medição em seus respectivos armários de controle.

O lado de alimentação dos transformadores de força também terá seu barramento segregado, com disjuntor semelhante aos alimentares.

### **Edificações**

Este setor, além de possuir uma sala de painéis, possuirá ainda uma sala de comando, almoxarifado, copa e banheiro.

Na sala de comando serão instalados os Painéis de Controle, Proteção e Supervisão; os Painéis de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada 380/220Vca e de Corrente Contínua 125Vcc, além do Sistema de 125Vcc propriamente dito, composto de um Conjunto de Baterias e seu respectivo Carregador / retificador, além dos painéis dedicados à medição de faturamento de cada parque conectado na mesma.

Nesta sala de comando ficará o centro de operações da Casa dos Ventos, que supervisionará esta subestação, como também todos os aerogeradores instalados nos demais parques eólicos.

Esta edificação possuirá um sistema adequado de proteção contra descargas atmosféricas, além de um sistema de condicionamento de ar com redundância.

### **Proteção Contra Incêndio**

No pátio de manobras, está prevista a instalação de oito extintores de 50 kg (pó químico).

Na casa de comando serão instalados três extintores de 12 kg (pó químico) e sete extintores de 6 kg (CO<sup>2</sup>), em locais de fácil acesso.

Entre os transformadores 34,5/230kV serão levantadas paredes corta-fogo, sendo que cada unidade transformadora será assentada sobre bacia coletora e óleo, dimensionada para comportar todo o óleo de cada unidade independentemente. Estas bacias coletoras terão caimentos para caixas separadoras de água e óleo.

Da Subestação Chapada IV partirá uma linha de transmissão circuito simples em 230 kV para a SE Curral Novo do Piauí II, para escoamento da energia produzida.

No Volume II – Anexos são apresentados o Memorial Descritivo e as Plantas do Projeto Elétrico do empreendimento.

### Interligação à Rede Elétrica

A Subestação Elevadora de Tensão (34,5/230kV) do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** se interligará ao Sistema Nacional através da linha de transmissão denominada LT 230 kV SE Chapada IV / SE Curral Novo do Piauí II em estruturas metálicas, circuito simples, que terá aproximadamente 34,5 km de extensão, passando pelos municípios de Simões e Curral Novo do Piauí, conforme mostra a Figura 4.3.

A conexão na Rede Básica se dará através do seccionamento da LT 500kV que interliga a SE São João do Piauí II a SE Milagres III.

A LT 230 kV SE Chapada IV / SE Curral Novo do Piauí II está sendo objeto de processo de licenciamento específico junto a SEMAR.

A SE Curral Novo do Piauí II (antes denominada SE Seccionadora) encontra-se em fase de instalação.

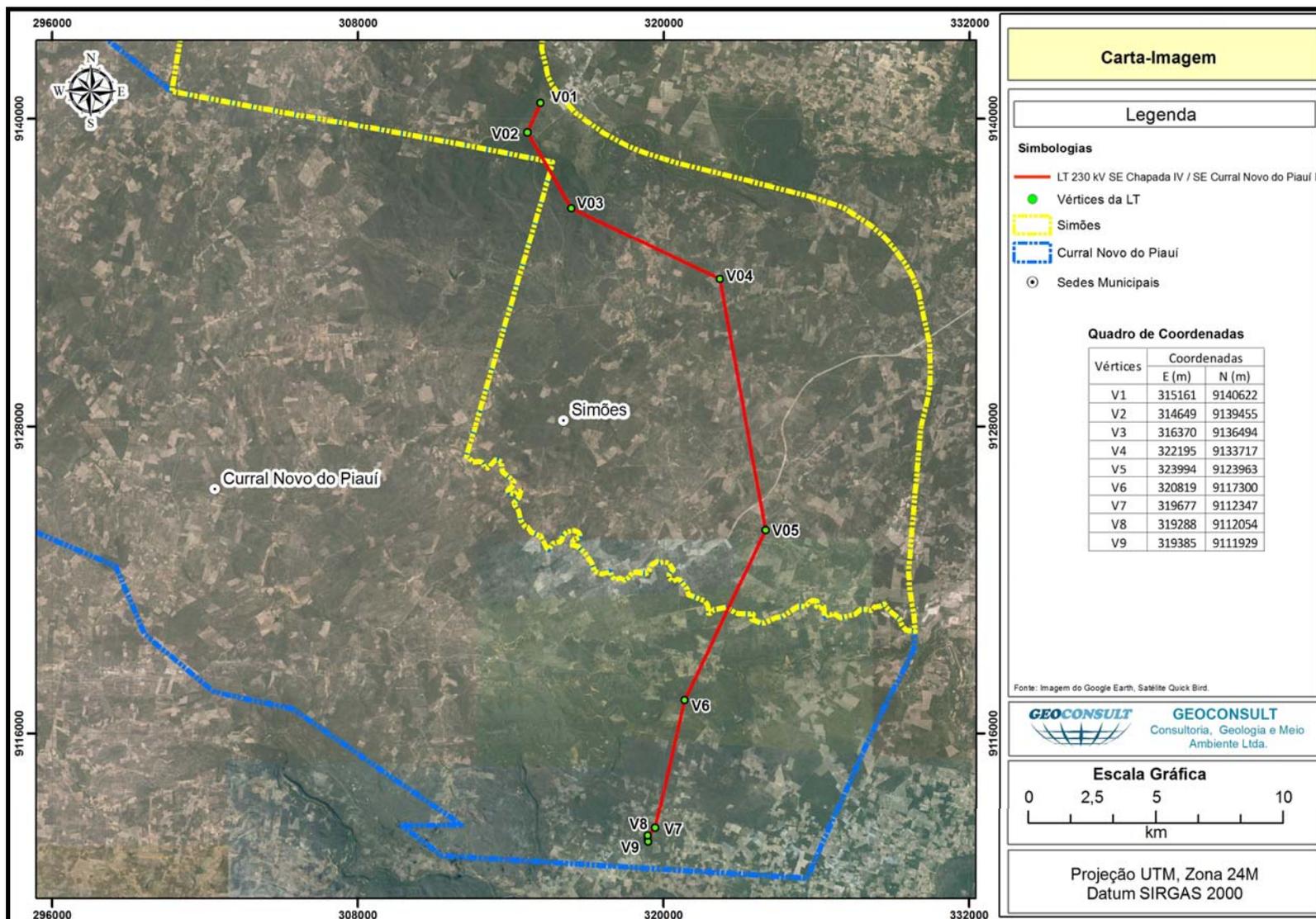
#### 4.2.1.2.4. Projeto Civil

As obras e instalações civis previstas para o **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** estão, basicamente, relacionadas à implantação dos acessos internos, fundações dos aerogeradores e aos seus respectivos pátios de manobras, redes auxiliares de média tensão, comunicação e aterramento, além da subestação e linha de transmissão, bem como das estruturas de apoio, como guaritas de segurança, sala de controle e depósito ou almoxarifado.

O texto que se segue apresentará sucintamente as principais etapas do projeto civil para que se possa acompanhar de forma esquemática essa fase de implantação dos parques eólicos.

O detalhamento do projeto consta nos memoriais descritivos e nas plantas do projeto, Planta de Locação dos Aerogeradores (Planta de Implantação Geral), Projeto de Pavimentação, Projeto de Drenagem, Projeto das Fundações e Projeto do Canteiro de Obras, apresentados no Volume II – Anexos.

Figura 4.3 - Traçado da LT 230 kV - SE Chapada IV / SE Curral Novo do Piauí II



## Sistema Viário Externo

O acesso externo tem a função de permitir o transporte de todos os materiais e equipamentos necessários à implantação dos parques eólicos, quando os acessos existentes não exibem condições de tráfego, para permitir com segurança o tráfego dos veículos e cargas especiais até os locais de descarga.

O projeto em pauta prevê a melhoria da estrada vicinal que liga a rodovia PI-142 até a área do Parque Eólico Ventos de São Virgílio 01, no setor norte do complexo eólico, e outra estrada vicinal interligando a área do parque eólico Ventos de São Augusto I até os parques eólicos Ventos de Santo Onofre IV e São Virgílio 02.

As adequações que podem ser necessárias nos trechos são: reforço no subleito existente com a aplicação de nova camada de material primário, instalação de sistema de drenagem e correção geométrica de curvas horizontais que tenham raio de curvatura insuficiente para passagem dos veículos com os equipamentos. As características da pavimentação e da curvatura horizontal necessária para a passagem dos veículos e equipamentos seguirão os mesmos requisitos das especificações técnicas do fabricante dos aerogeradores.

As melhorias dos acessos externos serão objeto de Autorização Ambiental específica junto a SEMAR.

## Sistema Viário Interno

A estrutura viária interna do complexo eólico será implantada com suporte suficiente para possibilitar o tráfego de veículos nas fases de instalação e operação dos parques eólicos.

Inicialmente, na fase de instalação, deve garantir o fluxo de veículos pesados tais como, carretas com equipamentos, guindastes especiais e máquinas para montagem das torres, aerogeradores e seus componentes.

Posteriormente, na fase operacional, a malha viária será destinada basicamente ao tráfego de veículos de menor porte, com a finalidade de executar as atividades de manutenção dos parques eólicos. Eventualmente poderá ser necessário o uso de veículos pesados. Portanto será construída com durabilidade para resistir às intempéries ao longo dos anos.

## Projeto Geométrico

O projeto geométrico do sistema viário interno do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** foi elaborado em função das peculiaridades dos veículos, máquinas especiais e

equipamentos que serão utilizados na implantação dos parques eólicos e, principalmente, das condições topográficas existentes.

O traçado horizontal das vias internas foi elaborado visando à interligação das plataformas em função do posicionamento dos aerogeradores, anteriormente definidos pelo estudo de micro localização (micrositing) e nas condições mais favoráveis em relação à movimentação de terra no local de implantação.

O presente projeto adotou uma largura pavimentada total de 7,00m da seção transversal da via, permitindo a movimentação dos guindastes entre as plataformas de montagem. O traçado vertical foi definido em função das cotas e inclinações determinadas pelas plataformas de montagem, da situação em relação ao terreno natural, tanto em perfil como em seção transversal, da rampa máxima determinada pelas especificações e rampas mínimas de drenagem.

### Projeto de Terraplenagem

No desenvolvimento do projeto geométrico básico, para a conformação da plataforma do corpo estradal (vias de acesso interno e plataformas de montagem dos aerogeradores), será levada em consideração a utilização de material proveniente da área do projeto, compensando os volumes dos trechos de aterros com material proveniente dos trechos em cortes. Será também considerada a compensação de material lateral e longitudinal com o objetivo de reduzir distâncias médias de transporte. Eventualmente poderá ser utilizado material de jazidas licenciadas localizadas fora da área dos parques eólicos.

O encaminhamento das vias de acesso interno do complexo eólico foi desenvolvido em terreno com solo tipicamente areno-argiloso e com incidências de solo rochoso em alguns trechos. Com esse tipo de solo os taludes atingem estabilidade com inclinação na proporção 1:1 (corte), 1:1,5 (aterro) e corte em rocha (10:1).

Para a implantação dos acessos internos, plataformas de montagem e das áreas de infraestrutura do complexo eólico será necessária uma área de supressão vegetal, que se dará mecanicamente, com o uso de tratores ou manual, com o uso de machado ou motosserra, sendo que este material lenhoso deve ser enleirado na lateral dos acessos para medição e entrega ao dono da terra.

A faixa de supressão vegetal terá em média até 35 metros para cada lado do eixo dos acessos e até 35 metros a partir da borda das plataformas de montagem dos aerogeradores e delimitará a área na qual, além de ser feita a supressão vegetal, usar-se-á desta o material de solo para a execução dos acessos (aterros), assim como também esta área será usada como bota fora de material excedente nesta execução, solo ou material orgânico, que será repostado nas laterais dos acessos, de forma regular.

## Projeto de Pavimentação

Para atender aos requisitos exigidos pelo fabricante dos aerogeradores, as camadas do pavimento das vias de acesso e das plataformas de montagem foram projetadas para suportar cargas de 2kg/cm<sup>2</sup> e 3kg/cm<sup>2</sup>, conseqüentemente.

O projeto de pavimentação será composto por:

- Via de acesso
  - ✓ Base: solo brita com CBR  $\geq$  60 % e com espessura de 0.15 m.
  - ✓ Sub-base: solo com CBR  $\geq$  40 % e com espessura de 0.15 m.
- Plataforma
  - ✓ Base: solo brita com CBR  $\geq$  60 % e com espessura de 0.15 m.
  - ✓ Sub-base: solo com CBR  $\geq$  40 % e com espessura de 0.20 m.

Os detalhes da pavimentação estão apresentados no caderno de desenhos do projeto básico da infraestrutura civil apresentado no Volume II - Anexos.

## Projeto de Drenagem

O sistema de drenagem tem por finalidade facilitar o escoamento das águas pluviais sobre as vias de acesso e plataformas, diminuindo ou até mesmo evitando o impacto da erosão no pavimento e taludes.

O sistema de drenagem do complexo eólico será formado por diferentes tipos de elementos de drenagem como meios-fios, bueiros, sarjetas, descidas de água e caixas de deságue, conforme detalhados no caderno de desenhos do projeto básico da infraestrutura civil.

## Fundações

Na fase de elaboração dos projetos executivos das obras civis deverão ser realizados estudos de engenharia específicos para a adequação do projeto conceitual das fundações, visando atender as condições de resistência mecânicas do solo do local.

A adequação do projeto conceitual da fundação do aerogerador leva em consideração os resultados das investigações geotécnicas do subsolo em cada ponto de implantação e dos esforços atuantes. Considera também a observância às normas e leis vigentes do país, possibilitando em alguns casos a aplicação do projeto conceitual sem grandes alterações e, em outros, a utilização de novo projeto específico para o local.

O projeto conceitual da fundação está representado no caderno de desenhos do projeto básico da infraestrutura civil apresentado no Volume II - Anexos.

## Canteiro de Obras

O canteiro de obras que vai atender a construção do complexo eólico ficará localizado na área do Parque Eólico Ventos de Santo Augusto II. Este canteiro de obras será composto por área administrativa, usina de concreto e pátio de estocagem.

Também é prevista a construção de um canteiro de obras de menor dimensão na área da Subestação Coletora para atender as obras da SE e da linha de transmissão LT SE Chapada IV – SE Curral Novo do Piauí II.

A localização dos canteiros de obras é mostrada na Planta de Implantação Geral, Prancha CHAIII-A0-304, apresentada no Volume II – Anexos, e na Figura 4.4.

### Canteiro Principal

Consiste numa área de 48 x 100 metros, onde na parte administrativa do canteiro, que ocupará 48 x 69 metros, estarão baseadas as equipes de apoio logístico, gerencial, mecânica, técnica, suprimentos. Estão incluídas, também, as instalações de serviços de apoio, tais como: carpintaria, armação, laboratório, oficina, etc. Este conjunto constitui-se na estrutura de suporte, responsável pela execução das obras civis, acessos internos e externos, projeto e execução das fundações e bases para instalação dos aerogeradores.

A Figura 4.5 mostra o *Layout* do Canteiro de Obras principal.

### Usina de Concreto

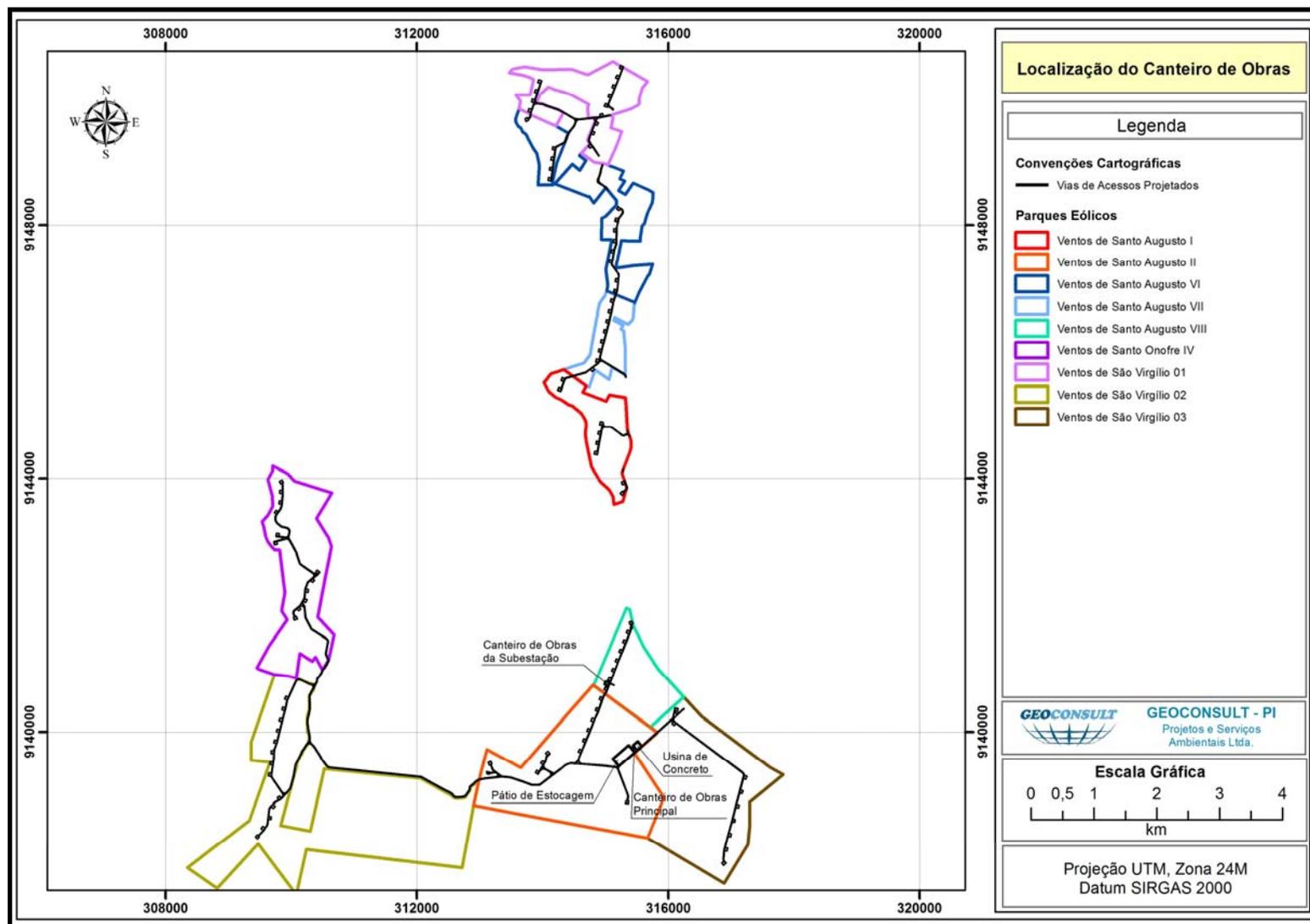
Consiste em uma área de 100 x 100 metros apropriada a fazer a dosagem e a mistura dos materiais que vão compor o concreto, antes de sua transferência para o caminhão.

Nesta usina o concreto é misturado, permitindo deste modo, que o mesmo seja transportado para o local da aplicação por outros meios além dos caminhões betoneira (Basculantes, Dumpers, Gruas, etc.).

### Pátio de Estocagem para Pás, Naceles e Hubs (*Storage* área)

Consiste numa área livre, sem edificações, de 150 x 250 metros, destinada à armazenagem, durante o processo de montagem dos aerogeradores, dos componentes principais que integram este equipamento. Será uma área cercada e terraplenada com revestimento primário do pavimento.

Figura 4.4 – Localização do Canteiro de Obra Principal e do Canteiro de Obras da SE Coletora e da Linha de Transmissão LT SE Chapada IV na Área do Complexo Eólico







## Canteiro de Obras da Subestação Coletora e da Linha de Transmissão

Consiste numa área de 48 x 69 metros onde na parte administrativa do canteiro estarão baseadas as equipes de apoio logístico, gerencial, mecânica, técnica, suprimentos. Estão incluídas, também, as instalações de serviços de apoio, tais como: carpintaria, armação, laboratório, oficina, etc. Este conjunto constitui-se na estrutura de suporte, responsável pela construção e montagem da Subestação Coletora e da LT SE CHA IV – SE Curral Novo do Piauí II.

O Canteiro que atenderá as obras da Subestação Coletora e da Linha de Transmissão ficará localizado na área do parque eólico Ventos de Santo Augusto VIII, ao lado da subestação.

## Infraestrutura do Canteiro de Obras

### **Rede Elétrica**

A energia elétrica a ser utilizada no canteiro poderá ser fornecida através da concessionária local ou através de grupo geradores.

As redes serão em linha aérea com postes de 7,00 m para instalação das redes de baixa tensão. Deverá ser implantado um sistema de iluminação adequado às necessidades das áreas de trabalho noturno, pátios e depósitos. Seu projeto obedecerá às normas e padrões de iluminação, tanto para o trabalho noturno quanto para a segurança.

### **Abastecimento de Água**

Como a área de implantação do empreendimento não exibe potencial hidrológico a ser explorado e considerando a inexistência de rede de abastecimento de água, a água bruta necessária as diversas atividades desenvolvidas nos canteiros de obras será fornecida por caminhões-pipa e será recalçada alimentando os reservatórios de acumulação (caixas d'água) localizados em pontos altos, de onde atenderá às demandas por gravidade.

Será implantado um sistema de abastecimento de água potável tratada, que atenderá ao consumo humano.

Os caminhões-pipa captarão água de poços ou açudes já licenciados na região, ou serão construídos poços, em ambos os casos de tal forma, que não comprometam as demandas ambientais e sociais associadas à carência de água da região.

Os Quadros 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam o resumo de consumo médio em litro de água por dia no momento de pico da obra.



**Quadro 4.7 - Consumo Médio no Pico da Obra de Água para Processo por Dia**

Descrição	Consumo (l/dia)
Central de Concreto	21.218
Execução das Vias	31.159
Manutenção das Vias	15.890
<b>Total</b>	<b>68.267</b>

Fonte: Plano Ambiental de Construção / Memória de Cálculo de Consumo de Água (L&M Engenharia e Engineering S.A, 2015).

**Quadro 4.8 - Consumo Médio no Pico da Obra de Água Não Potável por Dia**

Descrição	Consumo (l/dia)
Canteiro - Água Limpa (Não Potável) - (Sanitários e Vestiários)	9.330
<b>Total</b>	<b>9.330</b>

Fonte: Plano Ambiental de Construção / Memória de Cálculo de Consumo de Água (L&M Engenharia e Engineering S.A, 2015).

**Quadro 4.8 - Consumo Médio no Pico da Obra de Água Potável por Dia**

Descrição	Consumo (l/dia)
Canteiro - Água Potável - (Refeitório)	1.555
<b>Total</b>	<b>1.555</b>

Fonte: Plano Ambiental de Construção / Memória de Cálculo de Consumo de Água (L&M Engenharia e Engineering S.A, 2015).

### **Esgotamento Sanitário**

O canteiro de obras contará com uma Estação Compacta de Tratamento de Efluentes. O sistema é composto por reator anaeróbio (RAFA ou UASB), filtro biológico percolador de aeração natural (FBP) ou filtro biológico aerado submerso (FBAS) com anéis plásticos de enchimento e aeração por soprador de ar e difusores, acoplado com decantador secundário.

### **Gestão de Resíduos Sólidos**

De acordo com a resolução do CONAMA N°. 307 de 05 de julho de 2002, que estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, o gerenciamento dos resíduos será feito de forma adequada para o não comprometimento da qualidade ambiental da área de influência.

Os resíduos sólidos gerados com características domésticas serão recolhidos e guardados em recipientes com tampa, que possibilitem sua contínua limpeza e



higienização. Os resíduos orgânicos deverão ser acondicionados em sacos plásticos fechados.

#### ***Armazenamento de Óleos e Combustíveis***

O armazenamento de Óleo Combustível será em tanque em aço carbono conforme ABNT – 190, com capacidade de 15.000 litros. Este tanque será instalado na área de abastecimento, que será provida de cobertura, ventilação natural, suficiente para não acumular gases ou vapores indesejáveis, piso impermeabilizado e mureta de contenção, cuja drenagem deverá ser direcionada para caixa de separadora de água e óleo (conforme projetado) ou alternativa de tratamento de acordo com a Legislação Ambiental e Normas Técnicas da ABNT.

A implantação e operação deste sistema deverão obedecer a NBR 7505 (Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis) da ABNT.

#### ***Lavagem de Veículos e Rodas***

Será instalado junto à oficina um pátio de lavagem e lubrificação de máquinas e veículos. Os resíduos líquidos desta atividade será escoado para caixa separadora de água – óleo (CSAO).

A água por gravidade irá escoar para os canais de drenagem e as partículas de óleo acumuladas permanecerão na superfície do líquido até a limpeza do separador.

No Volume II – Anexos são apresentados os memoriais descritivos e as plantas do projeto do canteiro de obra.

#### **4.2.1.3. Estudo Ambiental**

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) constitui a ferramenta de análise da viabilidade ambiental do empreendimento na área pleiteada.

No EIA apresenta-se uma análise descritiva e interpretativa dos componentes ambientais da área de influência indireta (municípios afetados) e direta, relativa a área de implantação do empreendimento. Essa análise aborda (a) os aspectos físicos relativos aos componentes: climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e recursos hídricos; (b) bióticos: fauna, flora e biocenose e (c) antrópico: infraestrutura urbana, saúde, educação, comunicação, transporte e economia.

A elaboração do EIA, além de atender a legislação pertinente, em especial aos princípios e objetivos expressos na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às diretrizes gerais bem como abordará as atividades técnicas, estabelecidas na Resolução CONAMA N° 01/86.



Além disso, o EIA atende rigorosamente ao Termo de Referência emitido pela SEMAR e ao Parecer Técnico Nº 008/2015-CR6/ICMBio.

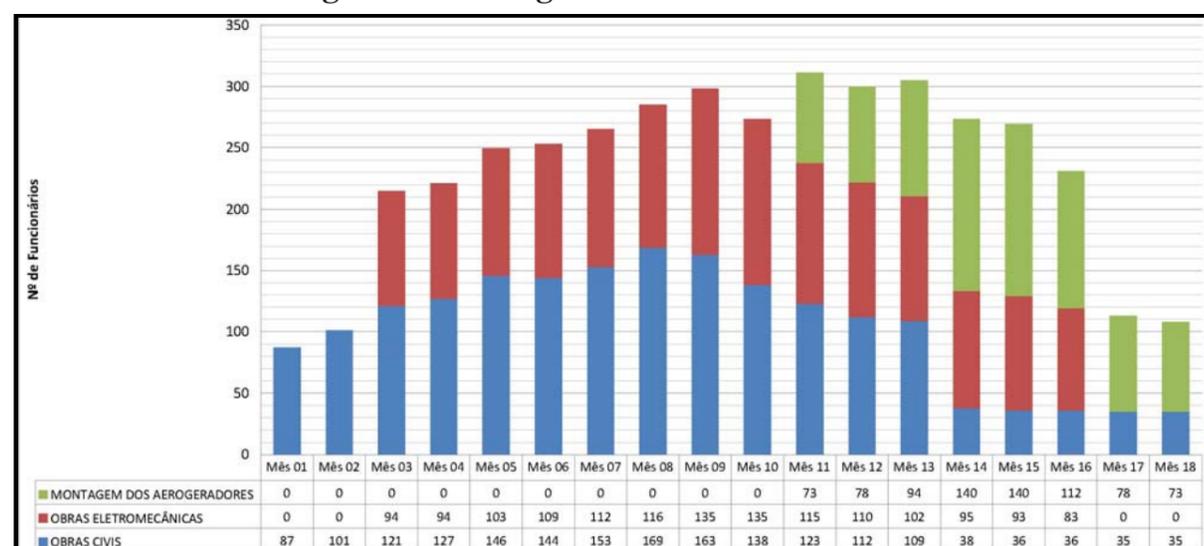
#### 4.2.2. Fase de Implantação

Nesta fase, o projeto materializa-se através das diversas atividades que devem ser realizadas. É a fase construtiva do empreendimento a qual se consolida com o desenvolvimento das seguintes ações: aquisição dos equipamentos, contratação dos fornecedores de serviços de engenharia, instalação do canteiro, limpeza da área/desmatamento, terraplenagem, drenagem, pavimentação dos acessos, edificações (fundações, montagem das torres, instalação e montagem do aerogerador, montagem da rede de distribuição, conexão elétrica, etc.) e subestação.

##### 4.2.2.1. Contratação dos Empreiteiros / Mão de obra

A mão de obra a ser utilizada para implantação do empreendimento compreenderá os seguintes grupos de trabalhadores: trabalhadores da construção civil, trabalhadores do setor eletromecânico e técnicos especializados, estimando-se a geração de 311 empregos diretos no pico da obra (mês 11), conforme mostrado na Figura 4.6.

Figura 4.6 - Histograma Geral de Mão de Obra



Fonte: Engineering S.A. (2015).

Os trabalhadores da construção civil serão empregados para construção da estrada de acesso interno, das edificações, das fundações e das calhas a serem utilizadas no cabeamento, entre outros serviços.



Para montagem das torres, dos aerogeradores e dos cabeamentos serão requisitados trabalhadores especializados, sendo que parte desse pessoal será encaminhada pelos fabricantes dos equipamentos.

A etapa de instalação do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** terá participação de mão de obra especializada de outros Estados, o que permitirá uma troca de informações entre especialistas, bem como treinamento da mão de obra local.

A Figura 4.7 apresenta o histograma da mão de obra com a discriminação da categoria profissional.

#### **4.2.2.2. Instalação do Canteiro de Obras**

Para a instalação dos canteiros de obras serão observadas as normas vigentes, destacando-se a Norma Regulamentadora NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, elaborada especificamente para a indústria da construção civil.

A montagem e instalação dos canteiros de obras deverão atender ao armazenamento de todos os equipamentos, materiais e mão de obra necessária à execução dos serviços, inclusive depósitos de materiais, bem como, construção de escritórios e demais instalações.

#### **4.2.2.3. Mobilização de Equipamentos e Materiais**

A mobilização consiste na colocação, montagem e instalação no local da obra de todos os equipamentos, materiais e produtos necessários à execução dos serviços, de acordo com o cronograma pré-estabelecido.

Todos os equipamentos a serem mobilizados ficarão estacionados dentro da área do empreendimento, de forma a evitar transtornos nas áreas de entorno dos canteiros de obras.

Os componentes dos aerogeradores virão desmontados de fábrica e serão transportadas em caminhões até o local dos parques eólicos.

O transporte dos aerogeradores até a área do complexo eólico será feito através de carretas especiais (Figura 4.8). A logística de entrega estará condicionada ao cronograma de montagens destes equipamentos no complexo eólico. O Plano de Transporte dos Aerogeradores GE é apresentado no Volume II – Anexos.

Figura 4.7 - Histograma da Mão de Obra com a Discriminação da Categoria Profissional

<b>HISTOGRAMA DE MÃO DE OBRA</b>																		
<b>Construção</b>																		
CATEGORIA PROFISSIONAL																		
	Mês 01	Mês 02	Mês 03	Mês 04	Mês 05	Mês 06	Mês 07	Mês 08	Mês 09	Mês 10	Mês 11	Mês 12	Mês 13	Mês 14	Mês 15	Mês 16	Mês 17	Mês 18
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>	<b>101</b>	<b>215</b>	<b>221</b>	<b>249</b>	<b>253</b>	<b>265</b>	<b>285</b>	<b>298</b>	<b>273</b>	<b>311</b>	<b>300</b>	<b>305</b>	<b>273</b>	<b>269</b>	<b>231</b>	<b>113</b>	<b>108</b>
<b>OBRAS CIVIS</b>	<b>87</b>	<b>101</b>	<b>121</b>	<b>127</b>	<b>146</b>	<b>144</b>	<b>153</b>	<b>169</b>	<b>163</b>	<b>138</b>	<b>123</b>	<b>112</b>	<b>109</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>35</b>
Engenheiro	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
Encarregado	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
Mestre de Obras	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Ass. Administrativo	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aux. de Escritório	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Recepcionista	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Copeira	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Topógrafo	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Op. de Estação	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Aux. de Topógrafo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Almoxarife	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Apontador	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0
Zelador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tec. de Segurança	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tec. de Enfermagem	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aux. de Enfermagem	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aux. de Laboratório	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	0	0	0	0	0
Mecânico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Aux. de Mecânico	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0
Porteiro	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1
Vigia	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1
Motorista	5	5	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	5	5	5	5	5
Oper. De Máquinas	3	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	2	2	2	2	2
Greidista	1	1	1	2	2	5	5	5	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Encarregado de Armação	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0
Armador	8	8	8	8	20	20	20	16	16	8	8	8	8	0	0	0	0	0
Aux. de Armação	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Enc. de Carpintaria	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Carpinteiro	10	10	10	10	10	10	10	26	26	13	13	6	6	0	0	0	0	0
Aux. de Carpinteiro	2	3	3	3	4	4	4	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Eletricista	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	0	0	0	0
Encarregado de Pedreiro	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pedreiro	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	4	4	4	4	4
Servente	15	23	23	23	23	23	23	27	27	27	15	15	15	6	6	6	6	6
Pintor	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
<b>OBRAS ELETROMECÂNICAS</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>94</b>	<b>94</b>	<b>103</b>	<b>109</b>	<b>112</b>	<b>116</b>	<b>135</b>	<b>135</b>	<b>115</b>	<b>110</b>	<b>102</b>	<b>95</b>	<b>93</b>	<b>83</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Gerente do Contrato / Engenheiro			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1		
Administrativo Pessoal			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1		
Administrativo Financeiro			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1		
Aux Administrativo			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1		
Almoxarife			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1		
Topógrafo			1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1					
Tec. Planejamento			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Tec. Qualidade-MA			1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Tec. Seg. Trab.			1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Enfermeira			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Vigia			2	2	2	2	2	4	4	4	4	3	3	3	3	3		
Encarregado Civil			1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1		
Armador			2	2	2	2	3	3	5	5	5	3	3	3	3	3		
Carpinteiro			4	4	4	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4		
Pedreiro			5	5	11	11	11	11	11	11	11	11	5	5	3	3		
Servente			21	21	21	21	21	21	26	26	26	26	26	26	26	21		
Supervisor Transporte			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Supervisor LT			1	1	1	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2		
Encarregado Montagem			5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5		
Montador			20	20	20	20	20	20	20	20	13	13	13	13	13	13		
Eletricista			8	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
Mecânico			3	3	3	3	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3		
Encarregado Lançamento			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Operador Puller-Freio			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
<b>MONTAGEM DOS AEROGERADORES</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>73</b>	<b>78</b>	<b>94</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>112</b>	<b>78</b>	<b>73</b>
Engenheiro											3	3	3	7	7	7	3	3
Administrativo Pessoal											2	2	2	2	2	2	2	2
Administrativo Financeiro											1	1	1	1	1	1	1	1
Operador de Equipamentos											11	11	22	33	33	22	11	11
Montador											20	20	20	34	34	34	20	20
Eletricista											16	16	16	23	23	16	16	16
Ajudante											20	25	30	40	40	30	25	20

Fonte: Engineering S.A. (2015).

**Figura 4.8 – Transporte dos Componentes do Aerogerador**



Foto: Geoconsult (2015).

É prevista a utilização dos seguintes equipamentos na implantação do empreendimento, dentre outros:

- Tratores;
- Escavo-transportadores;
- Regularizadores de terreno (Patrol);
- Rolos compactadores;
- Pás-escavadeiras;
- Retro-escavadeiras;



- Caminhões;
- Guindastes;
- Veículos leves.

#### **4.2.2.4. Limpeza da Área/Supressão Vegetal**

A supressão da vegetação deverá ser precedida de criteriosa demarcação/piqueteamento das áreas alvo e será feita de forma manual com uso de foice e motosserra e/ou mecanizada com uso de tratores.

A supressão vegetal deverá ser norteadada pelo Programa de Controle de Desmatamento para controlar a ação e minimizar os impactos ambientais.

Esta ação ficará restrita aos locais destinados às fundações, pátios de manobras, canteiros de obras, vias de acesso e áreas de empréstimos laterais, destacando-se que cerca de 21,0% da área caracteriza-se como antropizada, notadamente pelo cultivo de mandioca.

Como se prevê que o material que comporá a base e a sub-base das vias de acesso internas será proveniente da própria área do empreendimento através de empréstimos laterais (ou bota-dentro), a área total de supressão vegetal poderá ser de até 315,0 hectares, os quais cerca de 218,0 ha (69%) refere-se a vegetação com porte lenhoso e 97,0 ha (30,8%) a vegetação sem porte lenhoso.

Quando do Requerimento de Autorização para Supressão Vegetal será apresentado a SEMAR o relatório com o inventário florestal, levantamentos fitossociológicos e rendimento lenhoso das áreas a sofrerem supressão vegetal.

#### **4.2.2.5. Melhoria de Vias de Acessos Externos**

A região do empreendimento é servida por rodovias estaduais asfaltadas, notadamente a BR-316 e a PI-142, que oferecem facilidades de acesso até a área do complexo eólico.

Da BR-316 e da PI-142 até a área do empreendimento existem também estradas vicinais em revestimento primário e em boas condições de trafegabilidade, que poderão ser utilizadas na fase inicial da instalação do projeto, até que as vias internas do empreendimento estejam abertas.

As alternativas de acesso externo até a área do projeto são: i) estrada vicinal pública que interliga a PI-142 na localidade de Serra da Virgínia até a área do Parque Eólico Ventos de São Virgílio 01 na Serra do Jatobá (setor norte do complexo eólico), em trecho de 22 km; e ii) estrada vicinal pública que dá acesso a área do empreendimento, a partir da BR-



316, nas proximidades do aeroporto de Araripina, em trecho de cerca de 24 km, conforme mostrado nas Figuras 4.9 e 4.10.

O projeto em pauta prevê inicialmente a melhoria de trechos vias públicas municipais entre as áreas dos parques, conforme a seguir discriminado e mostrado na Figura 4.11.

- Estrada pública em trecho de aproximadamente 1.988,0 metros de extensão, na Serra do Jatobá. interligando a área de instalação dos parques eólicos Ventos de São Virgílio I e Ventos de Santo Augusto VI.
- Estrada pública em trecho de aproximadamente 11.771,63 metros de extensão, da Serra do Jatobá até a Localidade de Maracujá, interligando a área de instalação dos parques eólicos Ventos de Santo Augusto I a Ventos de Santo Onofre IV.
- Estrada pública em trecho de aproximadamente 4.013,7 metros de extensão, da Serra do Azulão a localidade de Maracanã. interligando a área de instalação dos parques eólicos Ventos de Santo Augusto II e Ventos de São Virgílio 02.

Estas intervenções se darão em trechos de responsabilidade da municipalidade, para o qual se obteve declarações de anuência da Prefeitura de Simões (ver Volume II - Anexos, Documentação Pertinente). Caso haja necessidade de alargamento das vias públicas, que implique em intervenções em imóveis particulares, deverão ser apresentadas a SEMAR as autorizações dos proprietários para a realização das intervenções.

#### **4.2.2.6. Construção das Vias de Acesso Internas**

Dentro dos parques eólicos, as vias de acesso até cada um dos aerogeradores terão cerca de 7,0 metros de largura para permitir a passagem de caminhões, guindastes, e serviço de manutenção durante o período de operação do complexo eólico.

Não será necessária a construção de pavimentos com concreto asfáltico, visto que o fluxo de veículos e cargas se dará apenas no momento de montagem, manutenção e desmontagem do aerogerador.

Depois do transporte e montagem do complexo eólico, os acessos serão utilizados apenas para manutenção dos aerogeradores.

Figura 4.9 – Alternativa de Acesso Externo – Alternativa 01

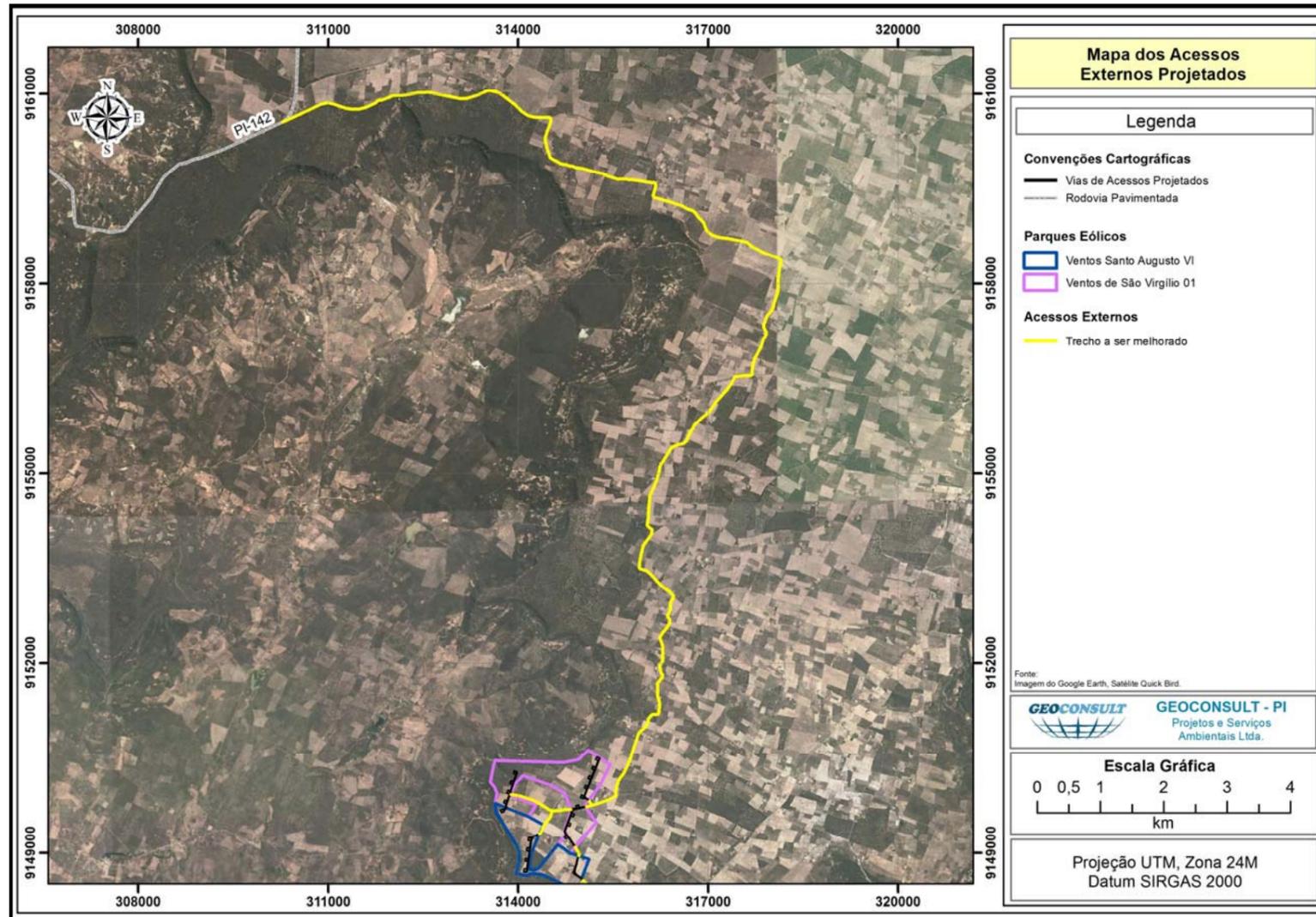


Figura 4.10 – Alternativa de Acesso Externo – Alternativa 02

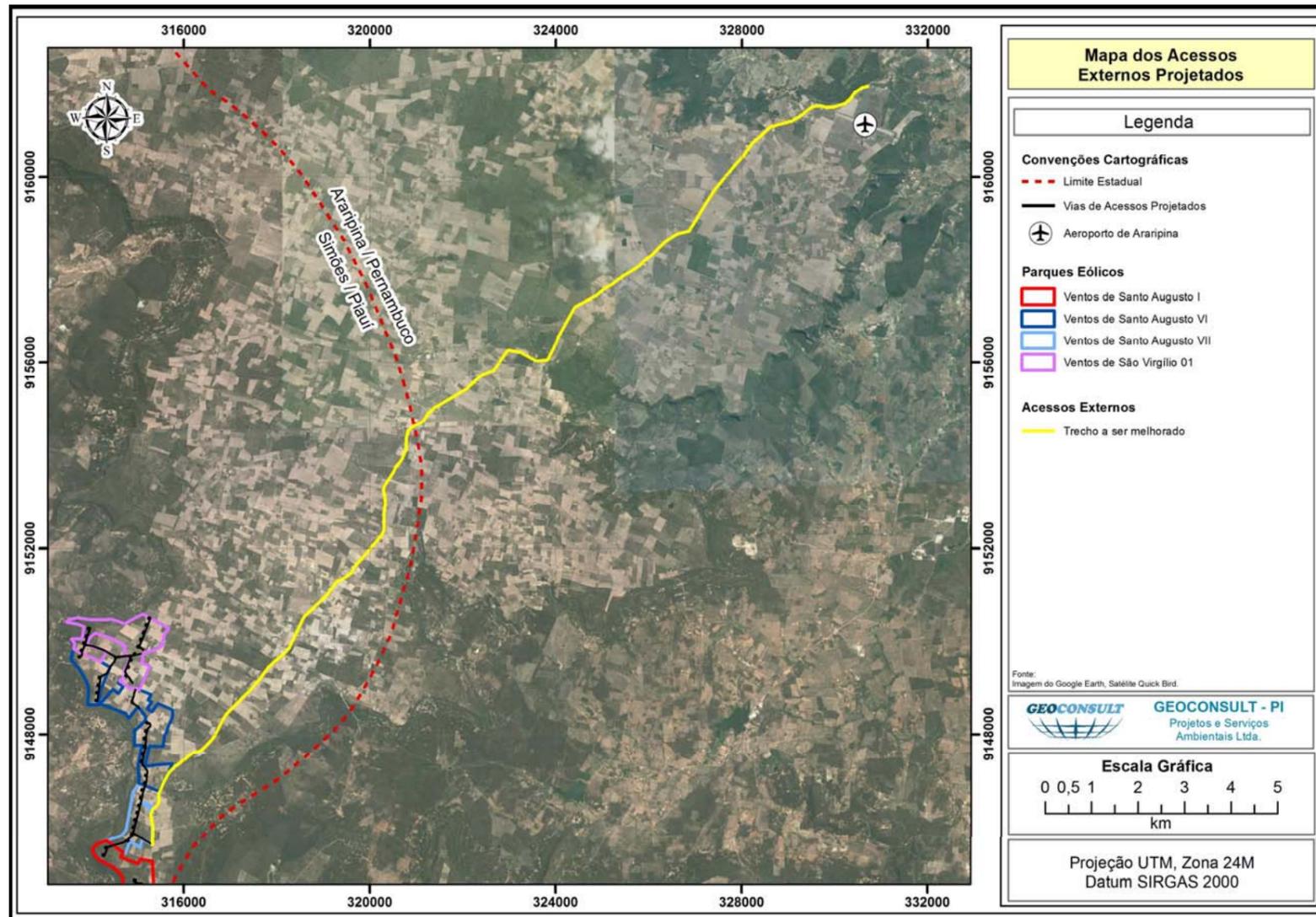
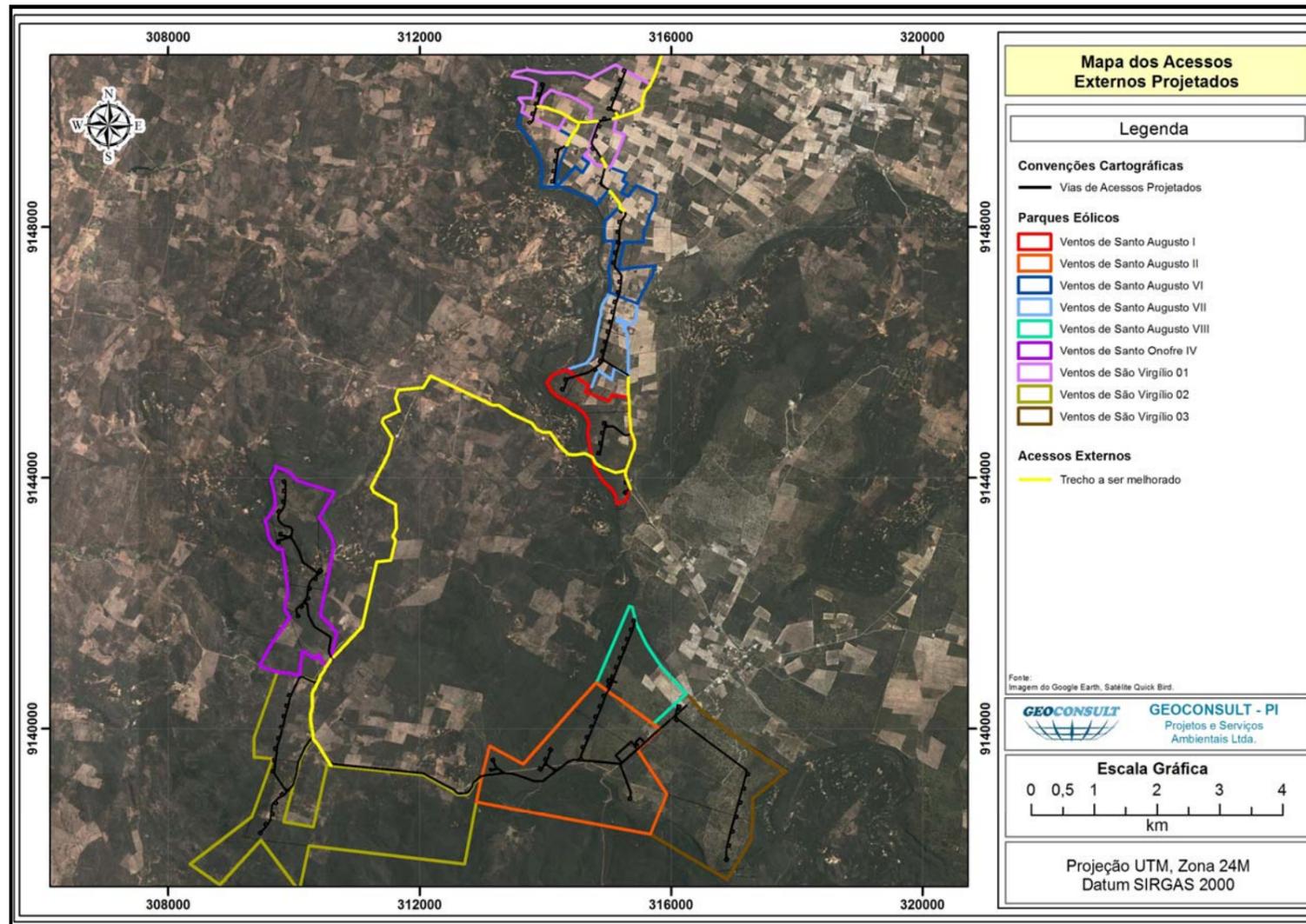


Figura 4.11 – Acessos Externos a Serem Melhorados





Para a elaboração do Estudo Conceitual foram adotadas as seguintes diretrizes básicas:

- Velocidade diretriz de 20 a 40 km/h;
- Permitir a interligação com o sistema viário existente;
- Verificação da compatibilidade dos raios, distâncias de entrecruzamento, tapers e faixas de aceleração/desaceleração, dentre outros parâmetros geométricos;
- Características Técnicas Geométricas das Vias:
- Largura da Faixa de Rolamento: 7,0m.

A Pavimentação a ser implantada no referido sistema viário consiste basicamente na adoção de uma estrutura capaz de proteger as camadas do subleito das cargas provenientes do tráfego de caminhões nas vias de acesso. Desta forma, a alternativa proposta contempla a adoção de revestimento primário, utilizando matéria-prima encontrada na região para base e sub-base e brita graduada (proveniente de jazidas licenciadas) para a camada final de revestimento, sem comprometer a qualidade de rolagem da rodovia.

Com o objetivo de definir as camadas que deverão suportar os esforços impostos pelo tráfego, serão executadas as seguintes camadas de pavimento.

- Base: Solo (laterita ou piçarra) estabilizado granulometricamente com espessura de 0,15m e CBR $\geq$ 60%
- Sub-base: Solo estabilizado granulometricamente, com pedregulhos com espessura de 0,15m e CBR  $\geq$  40%.
- Área Terraplanada.

Essa solução de revestimento será revista após a conclusão dos estudos geotécnicos e, se necessário, ajustada. Nesta oportunidade serão definidas as características dos materiais a compor o revestimento.

O material que comporá a base e a sub-base das vias de acesso será proveniente da própria área do empreendimento (empréstimos laterais ou bota-dentro) ou de jazidas fora da área já licenciadas ou que demandarão por licenciamento junto a SEMAR.

As etapas de realização dos serviços para construção dos acessos internos são descritas na sequência.



Inicialmente, será necessário o serviço de demarcação topográfica da faixa que poderá ter sua cobertura vegetal suprimida. O serviço de demarcação será feito através de equipamentos de última geração (estação total) e GPS, garantindo assim, com segurança, toda a locação e nivelamentos inerentes a obra.

A remoção da terra vegetal, ao longo da faixa correspondente à largura do acesso e dos limites em planta das zonas de implantação de obras acessórias, consistirá na limpeza e remoção de solo arável, vegetais e raízes onde for estritamente necessário.

O desmatamento será primeiramente de forma manual com ferramentas como motosserras, foices e facões, e posteriormente com trator de esteira e trator de pneus. Esta atividade só será executada, após a locação topográfica.

Uma vez concluídas as operações de desmatamento e limpeza da área, deverão ser iniciados os serviços de terraplenagem, os quais são fundamentais tanto para as vias de acesso, quanto para a serviço/montagem das torres, as fundações, a subestação, e para os canteiros de obras.

A terraplenagem compreende as operações de corte, aterro com ou sem empréstimo (internos ou externos), como também o descarte dos materiais sem utilização (raízes e detritos vegetais) (Figura 4.12).

**Figura 4.12 – Ilustração da Etapa de Terraplenagem dos Acessos Internos**



A - Atividade de terraplanagem nos acessos internos.

B - Atividade de terraplanagem nos acessos internos.

Foto: Geoconsult (2014).

Todos os materiais obtidos com a escavação quando devidamente adequados, deverão ser utilizados na formação de enchimentos e aterros quando não houver requisito em contrário. Em existindo sobras de cortes, os mesmos serão distribuídos no próprio site, logicamente obedecendo à condição de compatibilidade entre os solos.



Uma vez preparada à superfície de assentamento, o passo seguinte consiste no espalhamento do solo proveniente do terreno até que a cota requerida pelo projeto venha a ser alcançada. Para isso, deverão ser utilizados tratores de esteira, escavadeira de esteira para cortes e aterros em solos de menores granulometrias.

O espalhamento deve ser feito regularmente de modo que toda a camada seja perfeitamente homogeneizada. Se durante o espalhamento se formar sulcos, vincos ou qualquer outro tipo de marca inconveniente que não possa facilmente ser eliminada por compactação, deve proceder-se a escarificação e a homogeneização da mistura, e regularização da superfície. Necessita-se retirar todos os materiais orgânicos, como raízes e detritos orgânicos.

A etapa seguinte refere-se à pavimentação das vias e das plataformas de montagem e manutenção das torres dos aerogeradores. O revestimento de pavimentação será composto de sub-base e base.

A pavimentação é uma técnica que usufrui de materiais granulares constituídos por solos estabilizados granulometricamente para a construção de Rodovias. Envolve basicamente os serviços de colocação do material na superfície receptora, espalhamento através de equipamentos mecânicos, homogeneização dos materiais secos, o umedecimento, a compactação de acordo com CBR (Índice de Suporte Califórnia) especificado, o nivelamento e os retoques finais.

Além disso, ter-se-á a implantação dos equipamentos concernentes ao sistema de drenagem (bueiros tubulares, meio-fios e sarjetas, descidas d'água e caixas dissipadoras).

### Terraplenagem

- DNIT-ES 278/97 Serviços Preliminares.
- DNIT-ES 279/97 Caminhos de Serviço.
- DNIT-ES 280/97 Cortes.
- DNIT-ES 281/97 Empréstimos.
- DNIT-ES 282/97 Aterros.

### Pavimentação

- DNIT-ES 299/97 Regularização do Subleito.
- DNIT-ES 301/97 Sub-base Estabilizada Granulometricamente.



- DNIT-ES 301/97 Sub-base Estabilizada Granulometricamente.
- DNIT-ES 303/97 Base Estabilizada Granulometricamente.

#### Drenagem

- DNIT-ES 018/2006 Sarjetas e Valetas de Drenagem.
- DNIT-ES 020/2006 Meios-fios e Guias.

#### Obras de Arte

- DNIT-ES 329/97 Serviços Preliminares.
- DNIT-ES 330/97 Concretos e Argamassas.
- DNIT-ES 331/97 Armaduras para Concreto Armado.
- DNIT-ES 333/97 Formas.
- DNIT-ES 335/97 Estruturas de Concreto Armado.

#### **4.2.2.7. Construção da Subestação e Casa de comando**

A subestação atenderá aos padrões do Operador Nacional do Sistema (ONS) de acesso a rede básica, com proteções e medições compatíveis com esta exigência. Os principais elementos da subestação são:

- 33 entradas de linha em 34,5 kV com disjuntor;
- 3 transformadores de força 34,5-230 kV, 120MVA;
- 1 saída de linha de 230kV;
- 1 casa de controle com painéis de proteção, medição, etc.

As obras civis referentes à Subestação Elevadora consistem nas edificações da casa de comando e controle, casa de abrigo do grupo motor gerador, guarita para vigilância, acesso pavimentado para a casa de comando e ao pátio da subestação, bases e dispositivos para os equipamentos e caixa separadora de óleo para o transformador de força, canaletas e caixas de passagem para os cabos de força e fiação, escavação para a malha de terra e fundações das estruturas, muro e/ou cercamento em todo perímetro da subestação, terraplanagem e drenagem do pátio de equipamentos e acessos.

A Figura 4.13 ilustra o processo construtivo de uma subestação 34,5/230 kV.

A casa de comando será dotada de sistema de abastecimento de água, sistema elétrico e de iluminação completo, sistema de tratamento e esgotamento sanitário, sistema de combate a incêndio e sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

**Figura 4.133 – Ilustração da Construção de uma Subestação**



Foto: Geoconsult (2014).

#### **4.2.2.8. Construção das Fundações e Bases dos Aerogeradores**

Outra grande parte das obras civis diz respeito às fundações das torres (em concreto armado, estaqueada quando necessário).

A locação dos aerogeradores será feita através de levantamento topográfico com demarcação do local segundo a coordenada geográfica estabelecida no *layout* geral do complexo eólico.

As escavações necessárias para execução das fundações previstas no projeto serão executadas manualmente ou mecanicamente, de acordo com a necessidade da obra e/ou solicitação da fiscalização da obra. No caso de presença de água, as cavas serão convenientemente esgotadas antes da execução dos serviços, e caso necessário, escoradas.

Após a execução da fundação a área ao entorno da mesma deverá ser regularizada para que se atinja o nível desejado no projeto específico do aerogerador.

A Figura 4.14 ilustra a sequência da execução das fundações.

**Figura 4.14 - Exemplo de Sequência de Execução de Fundação e Base do Aerogerador**



Foto: Geoconsult (2014).

#### 4.2.2.9. Montagem das Torres e dos Aerogeradores

Os aerogeradores, ou turbinas eólicas, podem ser subdivididos em 3 partes: (a) os segmentos que formam a torre (atualmente entre 80 e 120 metros de altura para as turbinas comerciais de grande porte); (b) a nacelle que abriga os componentes internos, onde estão o gerador, sistema de transmissão e conversão de velocidade (caixa multiplicadora na maioria dos casos, existindo também aerogeradores sem caixa multiplicadora); (c) o rotor, composto por 3 pás, que são conectadas a um eixo principal ou cubo (hub).

As peças são montadas através do uso de um guindaste com capacidade de até 100 toneladas, como mostrado na Figura 4.15.

**Figura 4.15 – Ilustração da Etapa de Montagem Mecânica da Torre e das Pás**



Foto: Geoconsult (2014).

A torre é fixada numa base circular em concreto armado. Na parte central onde se apóia o tubo, há um reforço de seção circular com ferragem de fretagem, onde é fixado o anel de sustentação do tubo inferior da torre, conforme projeto e cálculos estruturais.



O corpo da torre do aerogerador é em aço, sendo composta seções unidas uma a outra. As seções são formadas pela junção de segmentos verticais compondo um tronco de cone. As seções são mantidas juntas uma a outra através da inserção de guias de aço (macho) montadas na seção superior que se encaixam em furos guias (fêmeas) na seção inferior. As juntas horizontais são preenchidas por cimento de alta resistência.

Os componentes do aerogerador (nacele, três pás e *hub*) também são acoplados à torre com o uso de guindastes, podendo todo o conjunto ser elevado junto ou separadamente.

#### **4.2.2.10. Montagem Elétrica**

Após os trabalhos da montagem mecânica segue-se com os trabalhos no que se refere à montagem elétrica.

Diversas são as ligações elétricas existentes no aerogerador após a montagem mecânica.

O aerogerador possuirá uma subestação unitária (Figura 4.16) a qual servirá para transformar a energia nos parâmetros exigidos pela concessionária, podendo desta forma realizar a ligação na rede elétrica.

A energia elétrica gerada por cada um dos aerogeradores será transmitida ao seu respectivo alimentador, instalado na nacele, envolvendo os dispositivos de proteção e manobra necessários. Da nacele o aerogerador se conecta a disjuntores instalados na base no interior da torre. Destes disjuntores saem os cabos isolados que compõem os circuitos internos dos parques eólicos.

**Figura 4.16 – Ilustração de uma Subestação Unitária**



Foto: Geoconsult (2014).

#### 4.2.2.11. Cabeamento Elétrico

As instalações elétricas de distribuição internas aos parques serão aéreas, padrões tipo rurais convencional, similares ao da concessionária distribuidora local (CEPISA) com classe de tensão de 34,5 kV (Figura 4.17).

O cabeamento de controle e o cabeamento elétrico acompanharão em sua maioria as vias de acesso internas.

Estão previstos para os aerogeradores, sistema de aterramento que limite a resistência de aterramento em 10 ohms para atender especificação do fabricante dos Aerogeradores, assim como proteção adequada contra potenciais perigosos de passo e toque.

#### 4.2.2.12. Interligação Elétrica

Esta ação compreende montagem eletromecânica, instalação dos cabos elétricos e lógicos, e instalação dos postos de transformação e do posto de medição e proteção, através dos quais os parques eólicos se interligarão a rede da CHESF (Figura 4.17). Este serviço deverá ser feito por empresa especializada.

#### 4.2.2.13. Testes Pré-operacionais e Comissionamento

A regulagem dos sensores que irão manter a constância da voltagem na geração de energia elétrica e o sistema de monitoramento que garantirá uma operação segura e confiável será testada nesta fase. Somente depois de todos os ajustes para produção segura da energia elétrica é que o sistema será considerado apto para operação.

Figura 4.17 – Ilustração da Instalação da Rede de Média Tensão



Foto: Geoconsult (2015).



#### **4.2.2.14. Desmobilização da Obra**

A limpeza geral ou desmobilização da obra compreende a retirada das máquinas, bem como, retirada dos rejeitos produzidos que ainda restarem.

Após o término da obra, as estruturas dos canteiros de obras como: escritório, banheiros, vestiário e almoxarifados, serão desmobilizadas. Todas as instalações provisórias serão retiradas, ficando apenas as benfeitorias previstas no projeto executivo do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III**.

A limpeza geral da obra, englobando a área do equipamento instalado e seu entorno mais próximo deverá ser completamente concluída antes da passagem à próxima fase do empreendimento.

#### **4.2.3. Fase de Operação**

##### **4.2.3.1. Produção de Energia Elétrica**

A energia elétrica produzida no complexo eólico será escoada através de uma linha de transmissão para a Subestação Curral Novo do Piauí II - PI, a qual permitirá a conexão ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

A previsão de vida útil do complexo eólico é de 20 anos de produção contínua, podendo ser prorrogado para 25 ou 30 anos, a depender das condições de mercado.

##### **4.2.3.2. Manutenção dos Equipamentos**

O controle operacional dos aerogeradores, dos parâmetros elétricos da energia produzida e dos procedimentos de proteção será feito 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.

Existirão equipamentos auxiliares no interior da nacela destinados à orientação do conjunto de pás em relação ao vento e à sua travagem e imobilização quando tal situação se fizer necessária. No topo da nacela serão instalados os sensores de medição da velocidade e direção do vento. Na parte inferior da torre existirão os quadros de potência, que recebem a energia produzida e um quadro de comando.



Para garantir uma operação segura e eficiente do sistema, os seguintes componentes auxiliares complementam o conjunto:

- I. Sistema de frenagem, que controla a rotação do rotor para evitar velocidades acima do permitido e assegurar a integridade estrutural do sistema;
- II. Sistema de controle e orientação, que orienta o rotor na direção predominante do vento para garantir a operação eficiente do aerogerador, além de permitir o controle da velocidade do rotor quando o vento atinge valores acima do permitido para a segurança do sistema.
- III. Sistema hidráulico, que aciona os sistemas de controle de passo, orientação e frenagem do rotor.

Durante a operação do complexo eólico não haverá a necessidade de manter uma grande quantidade de pessoal para a sua manutenção e operação. Serão contratados cerca de 11 funcionários, nos cargos: operadores de subestação, auxiliares de serviços gerais, vigilantes e gerente de operação e manutenção.

Relativamente ao nível de ruídos, ou a qualidade da sonoridade local, o modelo de aerogerador a ser adotado é projetado para emitir baixos índices de ruídos, da ordem de 98,0 a 104,0 dB (A) . Este ruído, no entanto, é de natureza constante, o que faz com que seja menos percebido do que se fosse intermitente. Além disso, a intensidade do som decai exponencialmente com a distância, tendendo a níveis baixos nas distâncias em que estarão das populações mais próximas dos parques eólicos.

### **4.3. CUSTOS DO EMPREENDIMENTO**

Os custos globais estimados para construção do empreendimento somam R\$ 984.672.000,00 (Novecentos e oitenta e quatro milhões seiscentos e setenta e dois mil reais), conforme discriminado no Quadro 4.10.



Quadro 4.10 – Custos Globais do Empreendimento

Parque Eólico	Potência [MW]	Total [MW]	Investimento Por Parque [R\$ MIL]	Investimento Total [R\$ MIL]	Investimento [R\$ MIL/MW]
Ventos de Santo Augusto I	18,4	220,8	82.056	984.672	4.460
Ventos de Santo Augusto II	27,6		123.084		
Ventos de Santo Augusto VI	29,9		133.341		
Ventos de Santo Augusto VII	18,4		82.056		
Ventos de Santo Augusto VIII	18,4		82.056		
Ventos de Santo Onofre IV	27,6		123.084		
Ventos de São Virgílio 01	29,9		133.341		
Ventos de São Virgílio 03	20,7		92.313		
Ventos de São Virgílio 02	29,9		133.341		

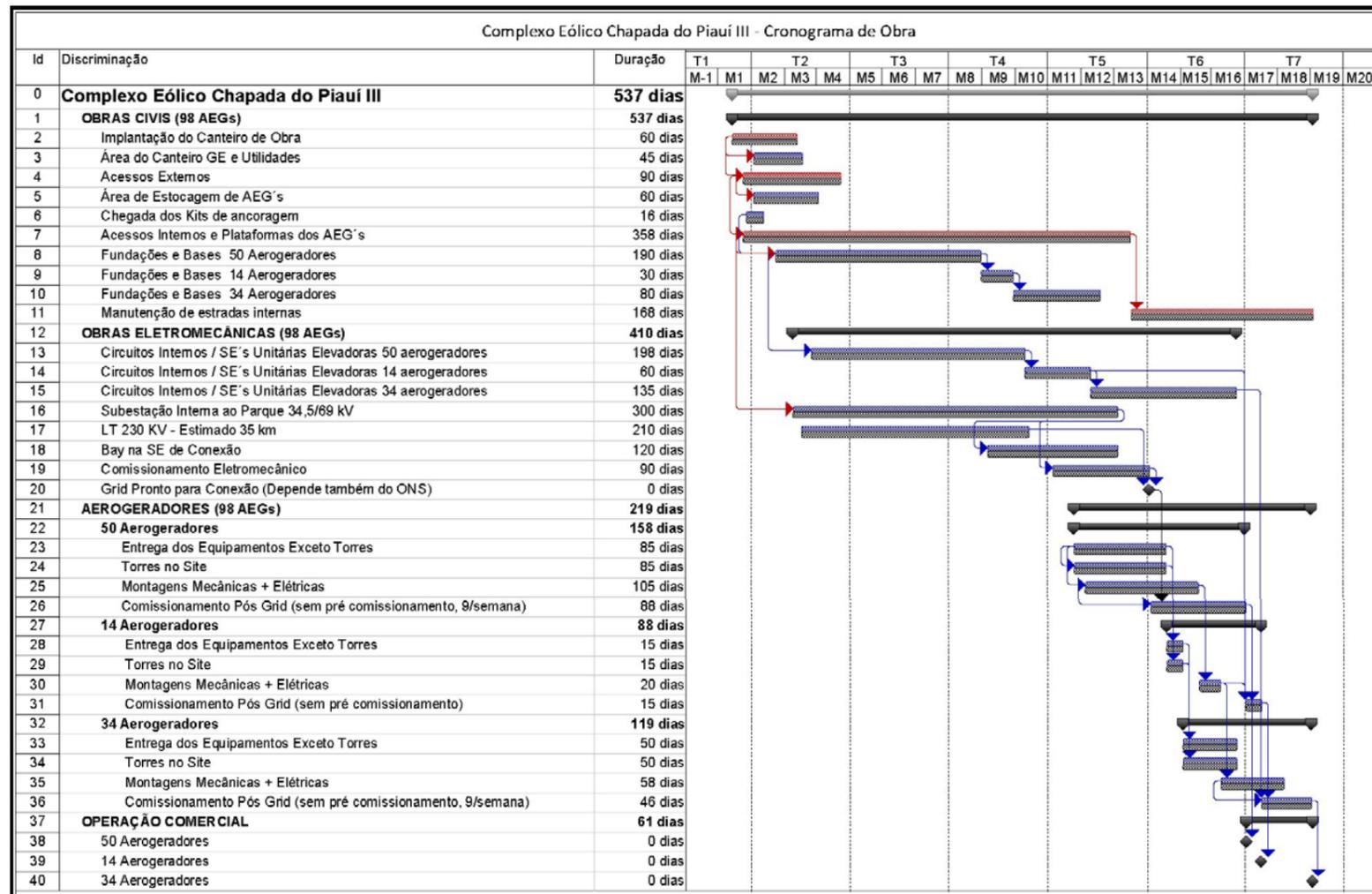
Fonte: Casa dos Ventos Energias Renováveis S.A. (2015).

#### 4.4. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

O prazo total previsto para implantação do **COMPLEXO EÓLICO CHAPADA DO PIAUÍ III** é de 18 (dezoito) meses a contar da emissão da Licença de Instalação do empreendimento.

No Quadro 4.11 é apresentada a distribuição das atividades x tempo.

Quadro 4.11 – Cronograma de Implantação



Fonte: Engineering S.A. (2015).