

4. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para atender as diretrizes do Estudo de Impacto Ambiental, conforme o item I do artigo 5º da Resolução CONAMA Nº 001/86, serão contempladas as alternativas tecnológicas e de localização da **CGE BONS VENTOS DA SERRA 1**, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto.

4.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

As fontes de energia não-renováveis como petróleo, carvão mineral e gás natural, além de poluidoras possuem reservas limitadas.

Desta forma, a humanidade tem procurado desenvolver novas tecnologias para aproveitar os recursos renováveis, abundantes e não poluentes como fontes alternativas de energia.

As principais fontes de energia renováveis são:

<u>ENERGIA</u>	<u>FONTE</u>
Fotovoltaica	Solar
Biomassa	Álcool, lenha, carvão vegetal, óleos vegetais e biogás
Hidroelétrica	Água
Eólica	Ventos
Maremotriz	Maré
Geotérmica	Calor da Terra
Ondomotriz	Ondas

Com uma vegetação raquítica, sem rios perenes, ausência de gradientes térmicos ou geotérmicos, restou ao Estado do Ceará duas opções em matéria de energia renovável: Energia Solar e Eólica.

O Quadro abaixo apresenta dados comparativos das energias alternativas que, não deixa dúvidas sobre a vantagem econômica da energia eólica em relação a biomassa, e solar, seja do tipo térmica ou fotovoltaica.

Comparação das Energias Alternativas

	Solar Térmica	Fotovoltaica	Eólica	Biomassa
Estado da Tecnologia	Muito poucas comerciais e em desenvolvimento	Poucas comerciais e em desenvolvimento	Muitas comerciais e algumas em desenvolvimento	Muitas comerciais e em desenvolvimento
Potência (MW)	30 – 100 (calhas) 10 – 200 (torre) 1 – 10 (disco)	0,001 – 0,05 (resid.) 0,1 – 1 (plantas)	800 – 3000 kW	Até 100
Eficiência (%)	15 – 17	9 – 12	30 – 45	15 – 30 / 35 – 50
Investimento inicial	Alto	Muito alto	Médio	Médio baixo
Gasto de energia na construção	Médio	Alto	Médio baixo	Baixo
Gasto de energia na operação	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Médio
Horas de operação a plena carga por ano (h)	1500 – 2000 (calha) 2300 – 2800 (torre) 1300 – 1600 (disco)	800 – 1900	2600 – 4000	4000 – 7000

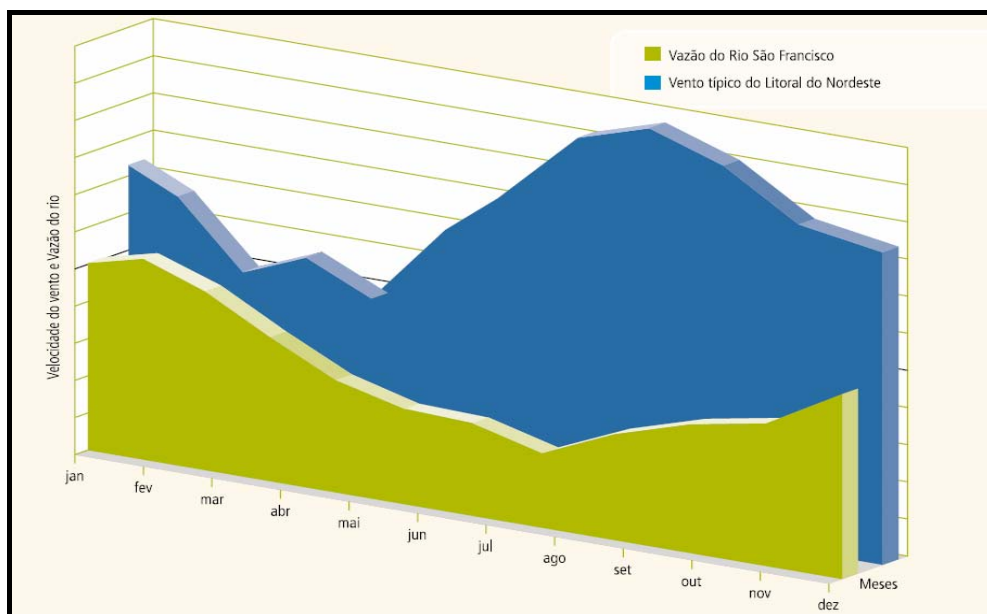
A matriz energética do Estado do Ceará é baseada predominantemente na energia hidroelétrica de outros Estados da região Nordeste, de forma que num período de crise energética, o sistema de distribuição de energia local fica comprometido em qualidade e quantidade, o que pode gerar desestabilização dos setores produtivos e perda de qualidade de vida para a população.

Considerando-se a constante instabilidade da energia hidroelétrica, e tendo-se em vista que o estado do Ceará não possui potencialidade hídrica para instalação de usinas hidrelétricas, torna-se indispensável o investimento em fontes alternativas de energia, através da exploração das potencialidades naturais da região, destacando-se as fontes eólica e solar.

O uso da energia eólio-elétrica como fonte complementar à energia hidrelétrica é ainda favorecido no Nordeste brasileiro pela coincidência da intensificação do regime de vento com a diminuição do fluxo de água do rio São Francisco, principal fonte de energia para o Nordeste.

O Gráfico a seguir apresenta a complementaridade do regime de vento na região Nordeste do Brasil à vazão do rio São Francisco.

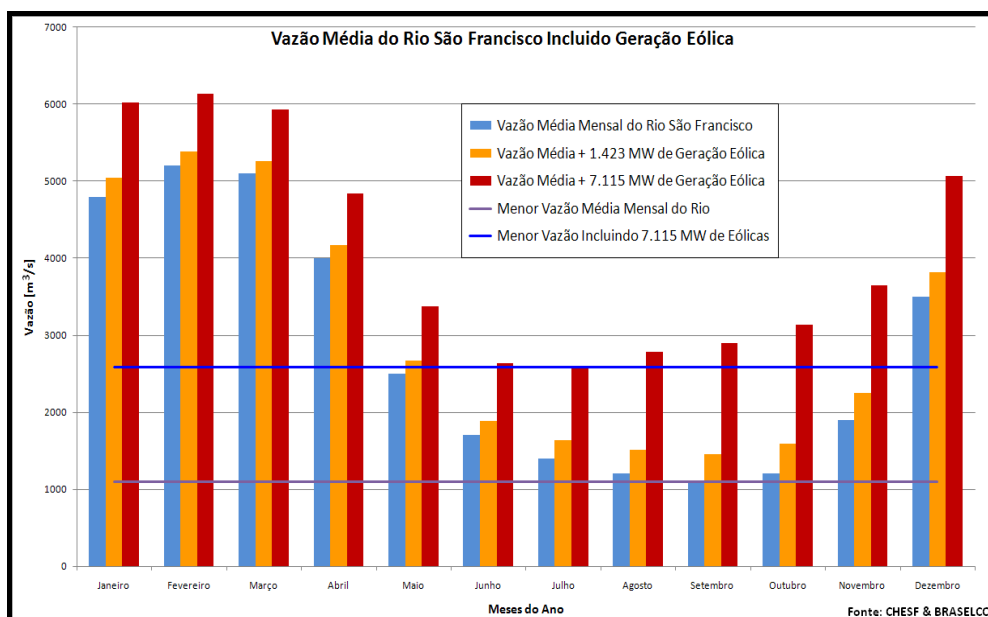
Vazão do Rio São Francisco X Velocidade dos Ventos na Região Litorânea do Nordeste do Brasil



Fonte: Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) UFPE, 2000.

Outro aspecto que reforça a proporção inversa entre a demanda pelas águas do rio São Francisco e o potencial eólico do Nordeste brasileiro pode ser visualizado no Gráfico abaixo, onde é apresentada a vazão média do rio São Francisco associada à projeção de instalação de energia elétrica produzida por parques eólicos na região nordeste do Brasil.

Variação da Vazão Média do Rio São Francisco - Nordeste do Brasil



A Bacia do Rio São Francisco é um recurso natural e de vital importância à vida da região, não é apenas o fato de fornecer água para a população e indústrias às margens dos rios, mas também é responsável pela geração da maior parte da energia elétrica consumida no Nordeste.

A Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco – Chesf é a empresa responsável que possui cerca de 10.000 MW de potência instalada no Rio São Francisco. Mesmo com esta imensa capacidade instalada, contando com as outras usinas da região, a Companhia precisa comprar energia elétrica para suprir a demanda energética da região Nordeste.

Outro importante fator a ser considerado é que em anos de baixa ocorrência de chuvas o nível dos reservatórios fica bastante reduzido, logo a Chesf tem que importar mais energia de outras regiões e reduzir a geração para que a cota mínima de água nos reservatórios não seja atingida.

A vazão média mensal do Rio São Francisco varia sazonalmente durante o ano de acordo com as chuvas que o alimentam. Nota-se que de julho a novembro são registradas as menores vazões do Rio. Neste mesmo período os ventos ocorrentes no litoral do Rio Grande do Norte ao Maranhão alcançam a sua maior intensidade anual, portanto, usinas eólicas instaladas podem fornecer mais energia elétrica no momento em que a região mais precisa.

Em simulações realizadas foram elaboradas duas hipóteses: a primeira considerando que todos os projetos (1.423 MW) de energia eólica em todo o Brasil contratados pelo Programa de Incentivo de Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, na sua primeira fase, fossem instalados no litoral do Nordeste; e a segunda considerando 5 vezes (7.115 MW) o PROINFA.

Pode-se observar ainda que, em ambas as hipóteses, a vazão média mensal do Rio São Francisco iria aumentar devido à água que seria economizada com a instalação das usinas eólicas. Nestas simulações, cada 2,73 MW de eólicas instaladas, com fator de capacidade de 40%, reduziria a necessidade de se consumir 1m³/s de água. Considerando a 2ª hipótese, a menor vazão mensal anual do Rio seria aumentada em quase 2,5 vezes.

A água economizada pela geração de energia elétrica por meio de usinas eólicas poderia ser utilizada em grandes programas de irrigação. Este recurso poderia também ser aproveitado para a alimentação da cachoeira (grande atrativo turístico na região) ao lado da Usina Hidroelétrica de Paulo Afonso, mas por sua escassez é utilizado inteiramente na geração de energia elétrica.

Vale frisar que a energia eólica, tecnicamente, pode ser instalada em qualquer região onde existam ventos abundantes, podendo economizar a construção de linhas de transmissão de energia elétrica para eletrificar regiões de difícil acesso.

Durante as últimas décadas a utilização de energia eólica para produção de eletricidade vem sendo testada e aprovada em vários países, merecendo relevância os Estados Unidos, Alemanha, Dinamarca, Holanda, Itália, Portugal, entre outros, sendo a Alemanha a maior exportadora de tecnologia de energia eólica do mundo.

Em escala mundial o aproveitamento eólico-elétrico tem se expandido a taxas crescentes ao longo da última década, consolidando a aptidão desta tecnologia à escala de Gigawatts. É inegável o seu futuro: custos decrescentes para patamares competitivos com outras fontes, simplicidade e rapidez na instalação, modularidade que permite o acesso de um novo e amplo leque de investidores produtivos ao setor energético, e principalmente sua limpeza ambiental, sem riscos econômicos para o futuro, e ao mesmo tempo capazes de carrear benefícios que poderão se estruturar no esforço mundial para a contenção do aquecimento global da atmosfera.

O acelerado crescimento do uso de energia eólica para a geração de eletricidade está firmemente fundamentado na sua aceitação pela sociedade como fonte ecologicamente favorável e nos altos níveis de confiabilidade e eficiência operacionais atingido pelos aerogeradores atuais, como também na redução do preço por kW dessas turbinas eólicas.

O Brasil encontra-se dentre os países de grande potencial eólico, destacando-se o Estado do Ceará com um dos pioneiros na geração de energia eólica em escala comercial. A Usina Eólio-Elétrica da Prainha foi uma das primeiras a serem instaladas na América do Sul, encontrando-se em funcionamento na Prainha, município de Aquiraz, com 20 (vinte) aerogeradores totalizando 10 MW de capacidade instalada, e, na praia da Taíba, município de São Gonçalo do Amarante, onde se implantou a primeira usina eólica do mundo sobre dunas, com 10 (dez) aerogeradores, totalizando 5 MW de capacidade instalada, destaca-se ainda o Parque Eólico do Mucuripe, o primeiro a ser instalado no Estado, com capacidade atual de 2,4 MW.

O Estado do Ceará conta com vários projetos de parques eólicos em fase de instalação, a maioria distribuída ao longo da faixa litorânea do Estado.

De acordo com os levantamentos de potencial eólico realizados nos últimos anos, o Ceará tem elevada capacidade de produção eólica, entretanto, a exploração desta capacidade, visando a transformação da energia do vento em eletricidade, só foi possível através da importação de tecnologia, mais especificamente da Alemanha, utilizada para instalação das Usinas Eólicas de Taíba e da Prainha através da WOBLEN WINDPOWER,

associada da companhia alemã ENERCON, terceira no *ranking* internacional dos fabricantes de aerogeradores. Destacam-se ainda em termos de tecnologia de última geração, a CONERGY, empresa alemã que desenvolve tecnologia própria para a geração de eletricidades utilizando fontes alternativas, presente em 22 países inclusive no Brasil e a VENSYS, empresa também alemã que possui mais de 20 anos de experiência e tem equipamentos instalados em países como China, Alemanha e Canadá. O modelo de aerogeradores *Suzlon S95*, de tecnologia alemã a ser utilizado no empreendimento apresenta comprovada eficiência, destacando-se a sua utilização em alguns empreendimentos eólicos no Estado do Ceará.

A **CENTRAL EÓLICA BONS VENTOS DA SERRA 1** está projetada para uma capacidade de operação de 25,2 MW, através de 12 (doze) aerogeradores de 2.100kW.

A energia elétrica produzida pela **CENTRAL GERADORA EÓLICA BONS VENTOS DA SERRA 1** será absorvida pelo sistema regional da SE Ibiapina, através da interligação da SE Bons Ventos da Serra 1 localizada no próprio terreno da **CGE BONS VENTOS DA SERRA 1**, à barra de 69 kV da **SE Ibiapina** por uma linha de transmissão de 69 kV, com extensão de cerca de 11,0 km.

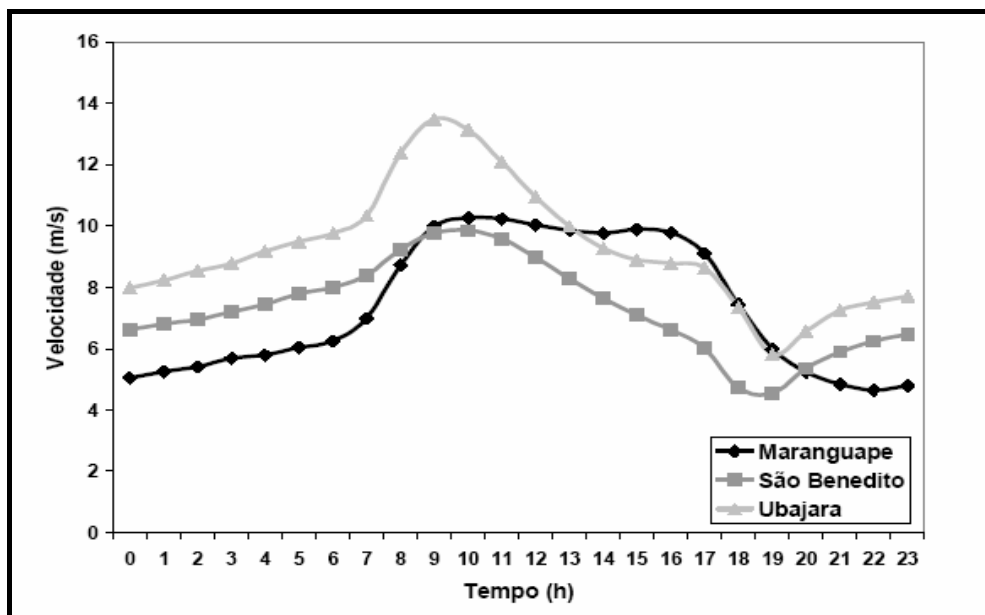
O gerador eólico está composto por grandes componentes que são montados no local de instalação, dando-lhe o seu aspecto final. O modelo de aerogerador a ser empregado na **CENTRAL GERADORA EÓLICA BONS VENTOS DA SERRA 1** apresenta comprovada eficiência para as condições ambientais da área contemplada com o projeto.

4.3. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

O estado do Ceará é dotado de um potencial eólico intenso e marcante em toda a sua faixa litorânea e nas regiões caracterizadas por altitudes elevadas como as áreas de serras, diminuindo gradativamente à medida que se adentra para o interior do Estado, em áreas planas conhecidas como Depressão Sertaneja, de forma que a localização do empreendimento desponta como uma exigência técnica do projeto.

CAMELO (2008) apresenta uma análise das regiões do Estado (litoral, serra, região norte, Sertão central e sul) em relação às potencialidades de geração de energia eólica. Na área serrana foram estudados em 2005 os municípios de Maranguape, São Benedito e Ubajara. Em Ubajara, município vizinho à Ibiapina, observou-se que as médias das velocidades dos ventos em todos os horários foram sempre maiores dos que as identificadas nos outros municípios serranos (ver Gráfico a seguir), chegando a registrar 15,0 m/s às 9:00 h.

Variação da Velocidade dos Ventos ao Longo do Dia



Fonte: Camelo, 2008.

A análise dos parâmetros da função de distribuição de Weibull mostrou que os valores encontrados em Ubajara são significativos, superando inclusive áreas litorâneas, com destaque para o fator de escala, o maior de todos, conforme pode ser visto no Quadro a seguir.

Parâmetros de Weibull para todas as PCDs Analisadas (Julho a Dezembro)

PCD	Localização	K (adimensional)	c (m/s)
Acaraú	litoral	3,83	10,54
Acopiara	sertão	1,97	5,99
Barroquinha	litoral	2,12	10,14
Icapuí	litoral	5,87	9,46
Icó	sertão	1,98	5,81
Jaguaruana	norte	2,98	10,49
Jati	sul	2,92	8,66
Lavras	sul	2,80	7,43
Maranguape	serra	3,05	9,62
Quixadá	sertão	2,58	7,5
São Benedito	serra	3,12	8,93
Santana do Cariri	sul	2,23	7,49
Sobral	norte	2,06	8,12
Santa Quitéria	norte	2,31	7,97
Ubajara	serra	2,81	11,35

Fonte: Camelo, 2008.

O presente estudo confirmou localidades fora do litoral cearense, como a região serrana de Ubajara, com potencial eólico que pode ser explorado, tendo em vista que a velocidade média horária dos ventos possui valores superiores a 8 m/s, o que pode corresponder a um valor aplicável em geração de energia elétrica.

O litoral cearense já dispõe de inúmeras áreas com parques eólicos implantados, em implantação ou já contemplados nos leilões de energia da ANEEL de modo que se tem certa escassez para a implantação de novos empreendimentos eólicos nestas áreas.

Por outro lado, verifica-se na região da Ibiapaba uma oportunidade de inserção de empreendimentos do gênero considerando as potencialidades e as demandas. Os municípios de Ibiapina, Ubajara, além de Viçosa do Ceará, São Benedito e Guaraciaba do Norte, que perfazem divisa com a área de influência indireta da **CGE BONS VENTOS DA SERRA 1**, e, sobretudo, de Tianguá, um centro polarizador em relação aos municípios da Serra da Ibiapaba, apresentam índices de crescimento significativos, o que representa uma demanda crescente de energia na região.

A área de implantação da CGE é privilegiada por concentrar todos os requisitos que um empreendimento deste tipo exige. Assim justifica-se a localização deste empreendimento na área pretendida em função dos seguintes fatores:

- Existência de levantamentos e estudos técnico-científicos quanto ao potencial eólico das faixas serranas do Estado do Ceará.
- Recurso eólico disponível: vento na intensidade e constância exigida, em ambiente favorecido pelas correntes eólicas que se formam na depressão sertaneja em função das variações térmicas da superfície. Todas as medições realizadas até o momento confirmam as expectativas iniciais, indicando uma excepcional viabilidade da região do ponto de vista energético.
- Área compatível com o porte do empreendimento, e a documentação regularizada e sem impedimentos ambientais.

As alternativas locais levam em consideração os efeitos de impacto de vizinhança. As áreas disponíveis atendem ao preceito de consideração de um limite mínimo de distanciamento entre a poligonal do terreno e os aerogeradores com relação aos terrenos circunvizinhos, tal procedimento recai sobre a segurança em relação aos aerogeradores que devem ter sua projeção totalmente dentro da poligonal do terreno.

- Infraestrutura da região. A existência de uma infraestrutura adequada dentro e nas imediações do sítio eólico é pré-requisito que dá segurança ao empreendimento, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos.

- **Acessos:** os veículos e guindastes, somados com o peso dos equipamentos, em alguns casos podem chegar a 100 toneladas. Em termos de extensão, o caminhão que transporta as pás atinge quase 50,0 metros de comprimento. Por isso, a logística de transporte de equipamentos exige estradas e obras de boa qualidade e em bom estado de conservação, sem curvas de pequeno raio. A área da CGE está situada próxima da rodovia federal BR-222, asfaltada, de pista dupla e de boa conservação. Através da BR-222 chega-se ao litoral, dando acesso ao porto de Pecém, opção para o transporte dos equipamentos dos aerogeradores.

Quanto à locação dos aerogeradores, o ideal é que estes sejam locados nas partes mais elevadas do terreno, pois a velocidade do vento pode ser dobrada à medida que o fluxo se acelera com a altitude.

Embora os locais com maiores altitudes sejam mais favoráveis, podem ser feitas compensações altimétricas no comprimento das torres, que podem ser projetadas para se adequarem para otimização na captação do fluxo eólico. Destacando que o arranjo espacial das turbinas no terreno é feito em função da direção predominante das correntes eólicas no local, bem como da equidistância entre as turbinas para atenuar os efeitos de turbulência, o que requer a escolha de terrenos relativamente grandes e espaçamentos bem dimensionados.

Diante de uma seleção entre outras áreas disponíveis no Ceará, a área do empreendimento atende satisfatoriamente todos os requisitos do processo seletivo, destacando-se que neste processo foi decisiva a disponibilidade de imóvel com boas condições eólicas e em situação legal e ambiental favorável ao desenvolvimento do empreendimento.

Quanto à localização das estruturas da **CGE BONS VENTOS DA SERRA 1** dentro da área selecionada, os estudos de locação das torres levaram em consideração a existência de espaços livres dentro da propriedade, de forma que assim não haverá intervenções de estruturas como as vias de acesso e torres dentro das áreas de preservação permanente.