

3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DA REGIÃO



3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DA REGIÃO

3.1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O projeto consiste na construção, instalação, operação e manutenção de uma usina de energia solar fotovoltaica com potência nominal de 30 MW, que será composto por 129 mil módulos solares dotados de um sistema de segmento solar e infraestrutura elétrica de transmissão de interesse restrito.

A energia gerada será transmitida até o ponto de conexão com o SIN através de uma linha de transmissão em 69 kV, com extensão aproximada de 6,1 km até a subestação Banabuiú, localizada na cidade Banabuiú.



3.1.1. Identificação do Responsável pelo Empreendimento e Pessoa de Contato

Razão Social: Fotowatio do Brasil Projetos de Energias Renováveis III LTDA.

CNPJ: 17.344.867/0001-67

Endereço: Av. Visconde do Rio Branco, 1712 – Sala 3 – Bairro: Centro / CEP: 60055-170

Representante Legal: Olavo Brasil Magalhães

CPF: 313.429.653-53

CRC/CE: 010761/0-2,

Endereço: Rua Desembargador Gomes Parente nº 1223 Altos, Jóquei Clube, Fortaleza/CE.

Telefone: (85) 3878 4150

3.1.2. Identificação da Empresa Consultora

Razão Social: AMPLA ENGENHARIA – ASSESSORIA – MEIO AMBIENTE – PLANEJAMENTO LTDA.

CNPJ: 24.902.801/0001- 00

Endereço: Rua Mário de Alencar Araripe, 382, Casa 09 – Sapiroanga CEP: 60.833-500- Fortaleza – CE.

Telefone/Fax: (85) 3273-2543 / (85) 3278-2092

Site Oficial: www.grupoampla.com

Técnico Responsável: JOSÉ EUBER DE VASCONCELOS ARAÚJO

Registro Profissional: CREA/CE – 1962 D

Telefones: (85) 3273-2543/ (85) 9991-9586

E-mail: presidencia@grupoampla.com

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

3.2.1. Descrição da Planta Solar

A usina a ser instalada vai gerar energia através da tecnologia de dispositivos fotovoltaicos. Esta, por sua vez, é obtida por meio do processo direto de transformação da energia do sol em eletricidade. Assim, a usina solar usa a radiação solar como fonte de energia, transformando-a em energia elétrica.

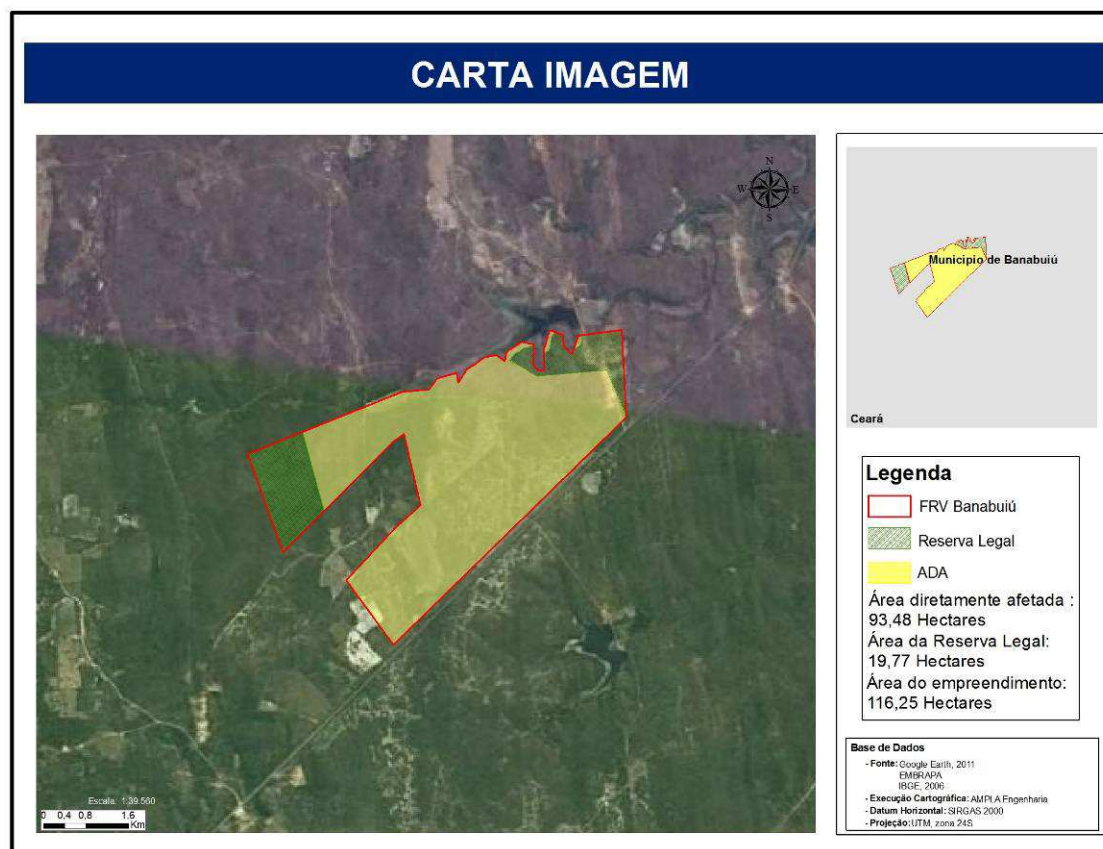
A energia fotovoltaica utiliza parte do espectro eletromagnético da energia do sol para produzir eletricidade. A transformação se realiza por meio de módulos solares fotovoltaicos, formados por células fotovoltaicas, que é onde ocorre o efeito fotovoltaico. Este, por sua vez gera o aparecimento de uma corrente elétrica sem a necessidade de intervenção de qualquer efeito mecânico e físico.

As células são feitas de materiais semicondutores tais como silício. Uma vez que a luz solar incide sobre a superfície da célula fotovoltaica começa a geração de corrente contínua. Ao incidir a luz do sol sobre a superfície da célula fotovoltaica, os fótons da luz solar transmitem sua energia para os elétrons do material semicondutor, a fim de circular dentro do sólido. A tecnologia fotovoltaica consegue fazer com que parte dos elétrons se dirija ao exterior do material semicondutor, gerando uma corrente elétrica capaz de fluir através de um circuito externo.

As células solares se unem eletricamente umas com as outras, formando os módulos fotovoltaicos.

Os módulos fotovoltaicos estão conectados entre si, formando ramos, cadeias ou *strings*. Deste modo, é possível realizar a instalação de vários megawatts de forma modular.

O Mapa 3.1 ilustra os aspectos gerais das imediações da área prevista para a instalação da FRV Banabuiú.



Mapa 3.1 – Carta Imagem referente à área da FRV Banabuiú.

3.2.2. Aspectos Gerais e de Infraestrutura da Área

A planta solar converte a energia da radiação solar em eletricidade através de uma série de módulos solares fotovoltaicos. Os módulos são instalados em estruturas com segmento de 1 eixo (N-S), localizadas sobre o terreno.

A corrente contínua produzida pelo gerador fotovoltaico (conjunto de módulos que formam a planta) é convertida em corrente alternada através de inversores fotovoltaicos para, em seguida, ser transportada pela linha de transmissão de alta tensão, uma vez adaptada ao nível de tensão na subestação elevadora da usina.

A potência conectada à rede será de 30 MW de potência nominal em inversores e aproximadamente 36,12 MWp, de potência de pico, correspondente ao gerador fotovoltaico.



A usina será estruturada de forma modular e consistirá de 15 unidades com a potência de cada unidade de 2 MW, totalizando 30 MW. As unidades serão conectadas à subestação por meio de um sistema de anéis de MT (média tensão).

Cada unidade de 2 MW tem os seguintes componentes principais que formam o núcleo tecnológico da planta:

- Gerador fotovoltaico;
- Sistema de seguidor;
- Sistema inversor.

Além de dois componentes principais, a planta terá uma série de componentes padrão (cabos, proteção elétrica, sistema de monitoramento, sistema de segurança, etc).

3.2.3. Gerador Fotovoltaico

O gerador fotovoltaico será composto por módulos fotovoltaicos de silício policristalino, interconectores entre si em grupos chamados de cadeias, séries ou *strings*.

Os módulos possuem tamanho de 1.956 x 992 mm, com uma eficiência mínima de 14,4% e serão capazes de fornecer uma potência de 280 Wp em condições normalizadas (Figura 3.1).



Figura 3.1 – Módulo Fotovoltaico de 280 Wp.

Fonte: Sólida Energias Renováveis, 2013.

O número de módulos e sua potência pico unitária estabelecem a potência pico da instalação.

3.2.5. Características principais do Módulo Fotovoltaico

O fabricante do módulo será Trina Solar ou similar, e terá as seguintes características:

Tabela 3.1 – Características dos módulos fotovoltaicos.

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	MÓDULO	UNIDADES
Potência	280	WP
Tolerância de Saída Pmax	0/+3	%
Corrente Máxima potência (Impp)	7,78	A
Tensão de máxima potência (Vmpp)	36	V
Corrente de curto-circuito (Icc)	8,33	A
Tensão de circuito aberto (Voc)	44,4	V
Eficiência do módulo η_m	14,44	%
TONC (800 W/m ² , 20° C, AM 1.5, 1m/s)	46±2	°C
Tensão máxima do sistema (VDC)	1.000	V
Valor máximo do fusível em série	15	A
Coeficiente de temperatura de Pmpp	-0,44	%/°C

Tabela 3.1 – Características dos módulos fotovoltaicos.

Coeficiente de temperatura de I_{sc}	0,046	%/°C
Coeficiente de temperatura de V_{oc}	-0,33	%/°C
CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	MÓDULO	UNIDADES
Tipo de silício	Policristalino	-
Tamanho das células	156 x 156	mm
Dimensões	1956 x 992 x 46	mm
Peso	28	Kg

Fonte: Sólida Energias Renováveis, 2014.

3.2.5. Estrutura de Suporte dos Módulos

A estrutura de suporte é um dos elementos fundamentais para um aproveitamento adequado de todo o investimento, visto que assegura a orientação, inclinação e a separação entre as linhas de módulos.

Os módulos fotovoltaicos serão instalados em estruturas móveis, denominadas seguidores, que se movem sobre um eixo horizontal orientado de Norte a Sul, e realizam um seguimento automático da posição do Sol em sentido Leste – Oeste ao longo do dia, a fim de maximizar a produção dos módulos em qualquer momento.

A estrutura em que os módulos são colocados é fixada ao chão e constituídas por diferentes perfis e suportes, com um sistema de acionamento para o seguimento solar e um automatismo que permita otimizar o seguimento do sol todos os dias do ano. Além disso, contam com um sistema de controle frente a rajadas de vento superiores a 60 km/h que os coloca em posição horizontal para minimizar os esforços devidos a ditas rajadas.

Os principais elementos que compõem a estrutura são os seguintes:

- Fundações;
- Estrutura, formada por diferentes tipos de perfis de aço galvanizado ou de alumínio;
- Equipamento de acionamento para o seguimento solar;

- Automatismo astronômico de seguimento com sistema de retro seguimento integrado;
- Sistema de comunicação interna mediante PLC;
- Elementos de fixação e parafusos;
- Elementos de reforços.

A disposição dos módulos sobre os suportes é concebida para uma colocação vertical de dois módulos, sendo as filas de 10 módulos, formando um grupo de 20 módulos por estrutura, visando a otimização da quantidade de aço a ser usada na estrutura e o espaço disponível.

As principais características da estrutura são indicadas a seguir:

Tabela 3.2 – Características Estruturais

CARACTERÍSTICAS	ESTRUTURA
Eixo de giro	Horizontal (N-S)
Nº de Módulos	20
Tipo de módulos	72 Células 290 Wp
Comprimento da fila	10 m
Espaçamento entre filas	4,5 m

Fonte: Sólida Energias Renováveis, 2014.

Os parafusos da estrutura poderão ser de aço inoxidável ou galvanizado. A fixação dos módulos, no entanto, será feita de aço inoxidável. O modelo de fixação garantirá as dilatações térmicas necessárias, sem transmitir cargas que possam afetar a integridade dos módulos. Como elementos de ligação entre os painéis serão usadas algumas placas ou grampos metálicos de fixação. A fixação no terreno será realizada segundo as recomendações contidas no estudo geotécnico. Para um terreno médio, a estrutura será fincada diretamente no terreno, ou aparafusada, a menos que as características do terreno não permitam ou requeiram que se adapte outro tipo de fundação alternativa, que consistirá, como descrito acima, no uso de micro estacas de concreto ou sapata corrida para manter a estrutura fixada ao terreno de forma segura. A fundação da estrutura deve suportar os esforços decorrentes de:

- Sobrecargas do vento em qualquer direção;
- Peso próprio da estrutura e dos módulos suportados;
- Sobrecargas de neve sobre a superfície dos módulos se houver.

O inversor fotovoltaico é o equipamento responsável por converter a corrente contínua gerada por módulos fotovoltaicos em corrente alternada, na mesma frequência da rede. A energia será transportada da saída do inversor ao transformador, que será encarregado de elevar a tensão para o valor estabelecido para a rede de Média Tensão (MT) da usina.

O funcionamento do inversor é totalmente automático. A partir do instante em que os módulos solares geram energia suficiente, a eletrônica de potência implementada no inversor, supervisiona a tensão, a frequência da rede e a produção de energia.

O inversor opera de modo a ter o máximo de potência possível (acompanha o ponto de máxima potência) dos módulos solares. Quando a radiação solar incidente sobre os módulos não é suficiente para fornecer corrente elétrica para a rede, o inversor para de funcionar. Uma vez que a energia consumida pela eletrônica vem do gerador fotovoltaico, o inversor à noite consome apenas uma pequena quantidade de energia da rede.

As principais características dos inversores a serem utilizados na planta são indicadas a seguir:

Tabela 3.3 – Características gerais dos inversores

CARACTERÍSTICAS	INVERSOR	UNIDADES
Entrada	500 - 875	Vdc
Faixa de tensão em MPP	1.000	Vdc
Tensão Máxima	1.900	A
Corrente Máxima	24 plus	Ud.
Nº de entradas em DC	24 minus	Ud.
Saída		
Potência nominal	1.000	kW
Tensão Nominal	330	Vdc
Frequência Nominal	60	Hz
Rendimento		

CARACTERÍSTICAS	INVERSOR	UNIDADES
Máximo	98,6	η
Europeu	98,4	η

Fonte: Sólida Energias Renováveis, 2014.

3.3. CENTROS DE TRANSFORMAÇÃO

Os centros de transformação são edifícios pré-fabricados ou containers que abrigam os equipamentos encarregados de agrupar, transformar e elevar a tensão dos subcampos fotovoltaicos.

Os centros de transformação incluem, pelo menos, os seguintes componentes:

- Inversores fotovoltaicos;
- Transformador de potência;
- Painéis secundários de Média Tensão denominados RMU;
- Quadros elétricos.

Cada estação de transformação será fornecida com um transformador de MT de 2.000 kVA e painéis de MT para um sistema de tensão de 34,5 kV. Os equipamentos estarão localizados no mesmo edifício pré-fabricado dos inversores constituindo a estação transformadora.

O transformador se conectará com os painéis de MT, e estes painéis por sua vez se conectarão com a subestação da usina.

As estações de transformação contarão com ventilação natural por meio de ripas em forma de V invertido para evitar a entrada de água de chuva.

A concepção da estação de transformação permitirá:

- Facilidade de locomoção e localização de equipamentos para permitir o funcionamento adequado dos mesmos;
- Realização de manobras requeridas para a correta operação e manutenção e condições de máxima segurança para os trabalhadores;
- Entrada, saída e instalação de cabos DC e AC.

3.3.1. Transformador de potência

Para adequar o nível de tensão de saída do inversor, de BT para MT, a usina terá 15 transformadores de 2.000 kVA com enrolamento duplo de BT 34,5/0,33 kV. Os transformadores serão trifásicos, abrigados, com regulação de tensão do lado de MT, isolamento por óleo isolante, com refrigeração natural ou com refrigeração a seco por encapsulamento em resina epóxi. Terão baixas perdas e serão projetados especialmente para plantas foto voltaicas e operação contínua com carga nominal. Terão circuitos diferentes para o primário (U, V e W) e o secundário (u, v e w), conforme Figura 3.2.

As características técnicas principais dos transformadores serão as seguintes:

Tabela 3.4 – Características gerais dos transformadores

DESCRIÇÃO	UNIDADE	CARACTERÍSTICAS
Serviço		Interior
Potencia Nominal	kVa	2.000
Tensão Nominal em Vazio	Enrolamento MT (kV)	34,5
	Enrolamento BT (kV)	0,33
Frequência Nominal	Hz	60
Nº de Fases	-	3
Conexões	Enrolamento MT (kV)	Triângulo
	Enrolamento BT (kV)	Estrela-Estrela
Tipos de conexões	-	Dyn11 yn11
Faixa de Regulação de tensão	-	Em relação ao lado de BT: +10% a -10% em passos de 2,5%
Nº de passos/derivações	-	8
Tipo de refrigeração	-	Natural

Fonte: Sólida Energias Renováveis, 2014.



Figura 3.2: Centro de Transformação.

Fonte: Sólida Energias Renováveis, 2014.

3.3.2. Painéis de Média Tensão (MT)

Cada estação transformadora abrigará painéis de MT que incorporarão os equipamentos necessários para manobra e proteção.

Serão instalados painéis compactos, porque, entre outras vantagens, permitem uma operação segura e fácil, tem pequenas dimensões e baixo peso, aumentam a proteção do meio ambiente, diminuem as condições de acidentes, e geralmente o manuseio e instalação é rápida e fácil.

Os painéis contarão com um dispositivo de detecção de tensão que irá exibir a presença ou ausência de tensão nas três fases da rede de média tensão. Este detector proporcionará sinais independentes para cada fase, evitando o uso de um transformador de potencial.

A usina contará com, aproximadamente 15 Unidades Principais de anel (RMU) ou painéis de anel, para um sistema com um nível de tensão de 34,5 kV e frequência de 60 Hz. Cada RMU será composto de:

- 2 x Painéis de linha;
- 1 x Saída com disjuntor/seccionador em carga;
- 1 x Entrada com disjuntor/seccionador em carga;
- 1 x Painel de transformador com interruptor-fusível de saída.

A chave de aterramento será capaz de suportar a corrente nominal de curto-circuito.

Os disjuntores / seccionadores da RMU serão dimensionados para abrir em carga a corrente nominal.

3.4. SISTEMAS DE CONEXÕES ELÉTRICAS

Dependendo da natureza da corrente, o sistema fotovoltaico é eletricamente dividido em dois trechos: o trecho de corrente contínua (DC) até o conversor, e o trecho de corrente alternada (AC), após realizar o condicionamento conveniente de potência pelo inversor fotovoltaico, adequação do nível de tensão, mediante os transformadores de MT de cada centro de transformação e o transformador de alta tensão (AT) na subestação da usina.

3.4.1. Sistemas de corrente contínua (DC)

O trecho de corrente contínua da instalação estará localizado no campo solar e corresponde à ligação entre: módulos formando ramos ou *strings*; a ligação dos *strings* com as caixas e a ligação das caixas de *strings* até os inversores.

O sistema de DC inclui os seguintes equipamentos:

- Cabeamento;
- Caixas de *strings*;
- Inversor.

A concepção e dimensionamento do sistema DC para a planta fotovoltaica cumprirá todas as disposições da legislação vigente.

3.4.1.1. Cabeamento DC

O circuito de corrente contínua (DC) consiste no condutor de fase e condutor de proteção. Os cabos serão instalados a céu aberto ou enterrados, canalizados em bandejas, fixados diretamente à estrutura ou por tubo isolante de PVC ou similar.

Em geral, os cabos devem ser resistentes à absorção de água, à radiação ultravioleta, à agentes químicos, à gorduras ou óleos vegetais, à abrasão e ao impacto.

Os cabos DC podem ser divididos em cabos ao tempo e cabos enterrados.

Cabos ao tempo

O cabo de *string* é o cabo DC que conecta as séries de módulos (*strings*) até as caixas de concentração (caixas de *string*). É necessário usar cabos projetados especificamente para sistemas fotovoltaicos ao ar livre.

O trecho de cabeamento DC entre módulos fotovoltaicos da mesma série será composto de cabos de cobre, isolamento HEPR e cobertura tipo EVA, 0,6 / 1 kV, seção 6 mm².

Cabos enterrados

Os cabos, desde a caixa de *string* até a entrada do inversor serão enterrados em valas. Será cabo blindado diretamente enterrado ou cabo em duto corrugado.

Os cabos do trecho em corrente contínua serão de cobre ou fio de alumínio, isolamento HEPR e cobertura tipo EVA, 0,6 / 1 kV. As seções típicas a serem consideradas para cabos enterrados são normalmente de 70, 95 ou 120 mm².

3.4.1.2. Caixa de *strings*

A caixa de *string* é o equipamento que permite a realização de conexões em paralelo das *strings* do gerador fotovoltaico. Ao mesmo tempo tem a função de proteger as *strings* contra sobrecorrentes, através de fusíveis.

Com o objetivo de economizar e facilitar a instalação, várias *strings* estão ligadas em paralelo, convergindo para um único circuito.

As caixas terão fusíveis nos polos positivo e negativo para proteger cada par de entradas. Além disso, terão descarregadores de sobretensão e uma chave seccionadora na saída.

As caixas devem estar equipadas com um sistema de monitoramento de corrente de *string*, que irá detectar falhas e enviar sinais de alarme.

Elas serão montadas ao ar livre, ao longo do campo solar, em locais acessíveis, evitando a luz solar direta e de maneira a facilitar a montagem e as tarefas de manutenção.

As características das caixas de *string* são indicadas a seguir:

- Tensão máxima admissível: 1.000 V;
- Número de entradas DC: 24 pares (no máximo);
- Proteções;
- Fusíveis adequados para as *strings* (12 A) nos polos positivo e negativo, na entrada das *strings*;
- Chave seccionadora com abertura em carga;
- Descarregadores de sobretensão classe II.

3.4.1.3. Sistema de corrente alternada (AC)

O sistema AC incluirá os seguintes equipamentos principais:

- Cabos de baixa tensão (BT);
- Centro de transformação;
- Equipamentos de BT;
- Transformador;
- Painéis de MT (RMU);
- Cabos de média tensão (MT).

O sistema de corrente alternada da planta cumprirá com as disposições estabelecidas na legislação brasileira referente às especificações técnicas a serem cumpridas, a fim de garantir a segurança, tanto no uso da energia elétrica, como das

peessoas, maximizando a eficiência do complexo. Em cada estação de inversores ou anexa às mesmas, localizar-se-á uma estação transformadora de MT, que adaptará a tensão de saída do inversor para o nível de tensão de transmissão da rede de MT da usina.

O sistema AC da usina compreende desde a saída de cada inversor até a subestação elevadora.

Cabos AC de Baixa Tensão

Os cabos de corrente alternada de BT serão utilizados para conectar o inversor com o transformador.

A saída AC do inversor será ligada com o quadro de proteções de BT, e este com o secundário do transformador.

Em geral, os cabos devem ser resistentes à absorção de água, a frio, a radiação ultravioleta, agentes químicos, gorduras ou óleos vegetais, a abrasão e ao impacto.

O cabo condutor terá flexibilidade classe 5, isolante HEPR ou XLPE, blindagem metálica e cobertura exterior de poliolefina. A seção requerida para os cabos AC de BT é de 95 mm².

Cabeamento de média tensão

Para transportar a energia gerada a partir de cada estação transformador será instalada uma rede de anéis ou conexões radiais para 34,5kV. Os cabos de MT serão diretamente enterrados e terão isolamento a seco.

O cabo de MT alimentará o transformador e os painéis de média tensão (RMU) de cada CT (Centro de Transformação) e fará uma conexão em anel ou antena destes CTs com os painéis da subestação da usina.

A saída do primário do transformador será conectada ao painel do transformador da RMU e os painéis de linha com os painéis de linha dos CTs contíguos.

Os cabos serão de alumínio, mono núcleo, para um nível de tensão de 20/35kV, não propagadores de chama e livres halogênio. Por sua vez, serão resistentes à absorção de água, frio, radiação ultravioleta, agentes químicos, gorduras ou óleos vegetais, abrasão e ao impacto.

O cabo condutor terá flexibilidade classe II, isolamento tipo HEPR ou XLPE, blindagem metálica e cobertura exterior de poliolefina.

Os cabos de média tensão deverão ser especificados em conformidade com os padrões locais. No caso de não existir padrão local, serão aplicadas as normas internacionais pertinentes.

As seções recomendadas para os cabos enterrados de MT serão unipolares com bitola de 95, 150 ou 240 mm², dependendo da potência a ser transportada.

3.4.1.4. Serviços Auxiliares

O consumo de energia elétrica de equipamentos auxiliares será necessária, tanto para cada centro de transformação como para os serviços de automação e controle localizados nas edificações da subestação.

Na planta fotovoltaica, haverá dois tipos de alimentação para os consumos auxiliares:

- Alimentação elétrica de consumos auxiliares para os CTs;
- Alimentação elétrica de consumos auxiliares para o edifício de controle, armazenamento e sistema de segurança.

A alimentação auxiliar para os CTs e estruturas será feita a partir da geração fotovoltaica da usina. Para isolar a parcela de geração para os serviços auxiliares e adaptar o nível de tensão da planta fotovoltaica ao nível de tensão do consumo, cada CT terá transformador de cerca de 10 kVA 0,33/0,38 kV. Para a distribuição dos serviços auxiliares, cada CT terá um quadro de BT com as proteções necessárias: fusíveis, interruptor manual de abertura em carga e um automático.



A alimentação dos serviços auxiliares para o edifício de controle, armazenamento e sistema de segurança será a partir da subestação da usina. Haverá um transformador da ordem de 75kVA, 34,5/0,38 kV. Para a distribuição dos serviços auxiliares, haverá um quadro de BT com as proteções necessárias para os diferentes circuitos fusíveis, interruptor manual de abertura em carga e um automático.

3.5. PROTEÇÕES

As proteções elétricas na interface entre o sistema fotovoltaico e a rede de distribuição de energia elétrica garantirá uma operação segura, tanto para as pessoas como para os equipamentos da instalação.

A usina de energia solar fotovoltaica deverá atender os requisitos estabelecidos nos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, em caso de conexão à Rede Básica do Sistema Interligado Nacional - SIN e quando conectada a Sistemas de Distribuição, além dos previstos nos Procedimentos de Distribuição – PRODIST deverá atender, ainda, aos requisitos estabelecidos pela Distribuidora local.

Os diferentes equipamentos da planta devem ser providos de uma série de elementos de proteção que estão descritos a seguir:

- Serão instalados diodos entre os terminais positivos e negativos dos módulos fotovoltaicos;
- Os condutores da usina fotovoltaica serão dimensionados para suportar pelo menos 150% da corrente de curto-circuito sem necessidade de proteção. Serão equipados com interruptores fusíveis, fusíveis rápidos, dimensionados para 150% da intensidade de curto-circuito em cada uma das linhas que vão para o inversor;
- Serão instalados fusíveis seccionadores na saída do campo de painéis;
- Os condutores de corrente alternada devem ser protegidos por fusíveis e disjuntores de sobrecorrente;
- Os inversores evitarão que se ponham em contato os condutores de corrente DC com os condutores de corrente AC (isolação galvânica ou equivalente). Os inversores incorporarão proteções contra curto-circuito à saída, tensão e frequência da rede fora da faixa permitida, sobretensão e inversão de polaridade na fase contínua. Todas as partes metálicas da instalação serão

ligadas à terra. Da mesma forma, o equipamento de acionamento elétrico deve ser providos de proteção à terra e diferencial *switches*, mantendo em bom estado de conservação todas as conexões e cabos.

O aterramento é necessário para garantir a integridade de todo o pessoal em contato na usina. Esta ligação à terra oferece uma boa proteção contra sobrecargas atmosféricas, uma superfície equipotencial que previne contra contato indireto, e no caso em que um dos polos ativos do campo fotovoltaico apresente um contato de falha com alguma parte metálica, se evite danos por contato de uma pessoa com aparte metálica derivada.

3.6. DESCRIÇÃO DA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA DE TRANSMISSÃO

A infraestrutura de transmissão é dividida em planta fotovoltaica, subestação e linha de transmissão.

3.6.1. Subestação (SE)

Esta subestação da usina conectará a planta solar com a linha de transmissão em 69 kV.

Esta subestação será equipada com os seguintes equipamentos:

- Transformador de 22/30 MVA com uma relação de transformação 69/34,5 kV;
- Cubículos de média tensão, cuja função é a de transmitir a energia proveniente dos anéis ou ramo de média tensão do campo solar;
- Cubículos de proteção e medição;
- Cubículos de Serviços Auxiliares;
- Transformador de Serviços Auxiliares 75 kVA com uma relação de transformação 34,5/0,38 kV;
- Recursos de segurança e controle necessário, como para-raios, transformadores de corrente, transformadores de potencial, indicadores de presença, etc.

3.6.2. Linha de Transmissão (LT)

Será construída uma linha de transmissão que servirá para transportar a energia elétrica gerada pela planta fotovoltaica de 30 MW de potência.

3.7. DESCRIÇÃO DAS OBRAS CIVIS

Neste item serão descritos os trabalhos a serem executados para a construção do presente projeto.

As obras a serem realizadas se dividem principalmente em:

- Obra civil;
- Montagem mecânica;
- Montagem elétrica.

3.7.1. Obra civil

Os trabalhos mais significativos, referentes a obra civil, são descritos a seguir.

3.7.1.1. Instalações temporárias

Serão executadas as seguintes instalações temporárias:

- Escritórios de obra: contêineres metálicos pré-fabricados de diferentes dimensões, dependendo da necessidade;
- Refeitórios: contêineres metálicos pré-fabricados de diferentes dimensões, dependendo da necessidade. Não é prevista a preparação dos alimentos no local;
- Banheiros temporários: vestiários e banheiros para os funcionários da obra, que serão em contêineres metálicos pré-fabricados;
- Zonas de apoio e armazenamento: Existem diferentes zonas de apoio e armazenamento ao ar livre, e em ambientes cobertos serão em contêineres



metálicos pré-fabricados. É prevista uma zona de armazenamento de resíduos sólidos e outra para estacionamento de veículos e máquinas;

- Abastecimento de água e energia: Inclui o trabalho necessário para o fornecimento de água e energia para a planta.

3.7.1.2. Topografia, locação e estaqueamento

Os trabalhos de locação e estaqueamento inicial do terreno são os primeiros serviços a serem executado para a construção da planta, delimitando os limites da planta, as vias de acesso e a localização das fundações.

3.7.1.3. Preparação do terreno, caminhamento dos acessos e movimento de terra

Esta atividade contempla a adequação da estrada de acesso existente, para permitir a chegada do tráfego para a futura planta.

Devido a planície do local, não é prevista grandes mudanças na topografia, exceto em zonas pontuais que necessitem, onde serão desmatadas e executada a terraplenagem.

O principal objetivo dos movimentos de terra é eliminar aqueles desníveis que não permitam a instalação dos seguidores, tendo em conta que o seguidor horizontal pode funcionar com declives máximos de 5% na direção E-O e 2% na direção N-S.

Os movimentos de terra tem como objetivo criar uma superfície firme e homogênea, com a compactação e resistência mecânica adequada, que permita a execução das fundações e canalizações.

3.7.1.4. Águas residuais

A planta fotovoltaica contará com um sistema de drenagem para a evacuação das águas pluviais. Para dimensionar corretamente o sistema de drenagem, será realizado um estudo pluviométrico com objetivo de analisar o escoamento superficial e as precipitações sobre a área e, assim, ser capaz de projetar as características necessárias do sistema de drenagem da planta.

3.7.1.5. Cerca do perímetro da planta

A planta fotovoltaica contará com uma cerca ou fechamento perimetral com objetivo de evitar a entrada de pessoas não autorizadas na planta. Esse fechamento terá altura mínima de 2,20 m, formado por painéis de tela eletrosoldada de simples torsão, com mourões de concreto armado sobre base de concreto, e no mínimo três fios de arame farpado na parte superior.

Se necessário, a cerca perimetral poderá ser eletrificada, cumprindo com as normas de segurança vigentes.

3.7.1.6. Fornecimento de equipamentos

Antes da montagem eletromecânica da planta, será realizada a recepção, armazenamento e distribuição dos materiais destinados a este fim. Todos os materiais para a montagem dos seguidores, assim como os módulos FV, quadros elétricos e outras peças de pequeno porte, deverão ser entregues a obra devidamente paletizados. A descarga, desde o caminhão até a zona de armazenamento, será realizada com auxílio de guas. O fornecimento de equipamento inclui a recepção, armazenamento e distribuição dos materiais da construção.

3.7.1.7. Execução de fundações, aterramento e canalizações elétricas

Serão executadas fundações para os seguidores, centros de transformações (MT), edifício de controle, subestação e para a linha de evacuação.

As canalizações elétricas serão iniciadas com as aberturas das valas. No fundo das valas terão cabos de cobre nu, que servirão de aterramento e serão cobertos com material de enchimento. Após isso, serão colocados os tubos de condução elétrica, que também serão cobertos por material de enchimento. Finalmente, o resto da vala será preenchida por material proveniente das escavações ou empréstimo, e será compactado mecanicamente. Se necessário, será previsto a construção de caixas de inspeção.

As fundações dos seguidores serão executadas diretamente no terreno. Para a execução, será necessário o levantamento topográfico prévio de todos aqueles pontos onde são previstos fundações. A execução das estacas será realizada por máquinas específicas.

A planta terá edifícios pré-fabricados correspondentes a 15 centros de transformação de MT, de 2 MW. Em volta dos centros de transformação serão executados aterramentos. O sistema de aterramento da planta se constitui em aterrar todas as estruturas dos seguidores por meio de cabos de cobre nu enterrados no fundo das canalizações elétricas subterrâneas, unindo as hastes de cobre cravadas no terreno em pontos distribuídos por toda planta.

3.7.1.8. Execução dos edifícios

A planta fotovoltaica terá um edifício de controle e um almoxarifado, cada um com área de aproximadamente 200 m².

O edifício de controle contará com pelo menos as seguintes dependências:

- Sala de controle;
- Escritório;
- Banheiros;
- Sala de reunião;
- Sala de serviços auxiliares.

O almoxarifado contará com pelo menos as seguintes dependências:

- Vestiários;
- Banheiros;
- Sala de estocagem de material.

3.8. MONTAGEM MECÂNICA

3.8.1. Montagem do sistema de seguimento e dos módulos fotovoltaicos

O seguidor solar horizontal é formado por um conjunto de perfis metálicos juntos entre si. A estrutura principal é um conjunto de perfis tubulares apoiados sobre postes e fixados nas fundações. Os perfis tubulares estão acoplados mediante braços pivotantes a uma biela acionada por um atuador eletromecânico, o qual gira a estrutura de forma automatizada.

A montagem dos diferentes elementos do seguidor conclui com a montagem dos módulos fotovoltaicos mediante uniões aparafusadas.

3.8.2. Montagem dos centros de transformação

Os centros de transformação serão pré-montados de fábrica, logo a sua montagem mecânica será basicamente o seu posicionamento na planta.

3.8.3. Montagem elétrica

A montagem elétrica inclui os seguintes trabalhos:

- Instalação elétrica de BT;
- Instalação elétrica de MT;
- Subestação de MT;
- Linha de evacuação.

3.8.4. Instalação elétrica de Baixa Tensão (BT)

A instalação elétrica de baixa tensão é dividida em:

- Instalação de corrente contínua em baixa tensão (DCBT);
- Instalação de corrente alternada em baixa tensão (ACBT).

3.8.4.1. Instalação DCBT

Para a execução da instalação DCBT, primeiramente proceder a formação dos *strings* dos módulos FV. Para a formação de um *string*, serão interligados os módulos FV adjacentes de um dos braços de um seguidor. Para isso serão utilizados os cabos que vem de fábrica, juntos com os módulos FV. Esta operação se repetirá sucessivamente para todos os *strings* da planta.

Em seguida, serão instalados sobre os seguidores, nos lugares destinados para tal fim, as caixas de agrupação de *string* ou *string box* (SB), que são armários elétricos contra intempéries que são instalados sobre os seguidores e contém em seu interior elementos de conexão, proteção, medição e comunicação, e suas funções são:

Conectar em paralelo vários *strings*

- Medir a corrente e a tensão de cada um *string* e enviar as medidas em tempo real ao sistema de controle (SCADA sigla em inglês), para o controle de operação da planta.
- Detectar falhas no funcionamento dos *strings* e enviar um sinal de alarme ao SCADA.
- Proteger eletricamente os módulos FV.
- Permitir a paralização de uma parte do gerador FV em caso de falha ou para realizar manutenção.

Posteriormente, será realizado a interligação entre os SB e os polos finais de cada um *string*, mediante cabos preparados previamente para tal fim. Este cabeamento passará por bandejas de condução elétrica, protegendo contra intempéries, que serão instalados previamente sobre os seguidores.

A instalação DCBT é feita mediante a conexão elétrica entre os SB e os inversores, localizados nos centros de transformação de MT. Esta conexão é realizada mediante a colocação de cabos isolados nas canalizações subterrâneas previamente executadas.

3.8.4.2. Instalação ACBT

A instalação ACBT tem como objetivo a alimentação elétrica dos acionamentos dos seguidores. Cada um dos centros de MT de 2 MW possui de fábrica um transformador de serviços auxiliares (10kVA) que é responsável pelo fornecimento de tal alimentação a todos os seguidores do gerador FV correspondente a dito centro de MT. Para continuar a instalação ACBT, deve-se interligar os armários de controle dos seguidores aos quadros de baixa tensão instalados nos centros de MT. Esta interligação será por meio de cabo isolado, enterrado nas canalizações previamente executadas.

3.8.5. Instalação elétrica de Média Tensão (MT)

Cada uma das 15 unidades de 2 MW que constituem a planta de 30 MW, existe um centro de transformação de MT que conta com os seguintes elementos:

- Dois inversores de 1000 kW;
- Um transformador BT/MT de baixas perdas de 2000 kVA;
- Um transformador de serviços auxiliares de 10 kVA junto com um armário de proteção, para dar serviço a todas cargas auxiliares;
- Células de MT com uma configuração 2L+1P que permite a conexão em anel dos diferentes centros de transformação da planta;
- Sala de monitoramento.

A instalação elétrica de Média Tensão (MT) consiste no agrupamento elétrico de todos os transformadores BT/MT da planta. Os transformadores são interligados em paralelo, formando vários circuitos elétricos que são novamente interligados entre si no centro de distribuição elétrica que estará localizado na subestação da planta. A interconexão dos transformadores BT/MT será por cabos de MT entre os diferentes centros de transformação, executados de forma semelhante as demais instalações elétricas subterrâneas da planta. As conexões dos cabos de MT serão através de terminais específicos para MT isolados com um revestimento isolante termostático.

3.8.5.1. Subestação

O projeto contempla a construção de uma subestação localizada numa área da planta que conectará a planta FV a linha de transmissão de 69 kV. Esta subestação será equipada com um transformador 69/34,5 kV e 30 MVA.

Na extremidade do terreno onde ficará a subestação, será executada uma malha metálica e na parte superior coberta com arame farpado. A fixação dos postes ao solo será por meio de bloco de concreto. Para acesso a subestação será feito um portão metálico com duas folhas.

O edifício de controle da subestação contará com duas salas: controle e células.

Para a instalação do transformador será construída uma base, formada por uma fundação de apoio e uma bacia de contenção, para armazenamento de óleo, no caso de um acidente que haja derrame de óleo, o mesmo fique confinado

Serão construídas todas as canalizações elétricas necessárias para atender os correspondentes cabos de potência e controle.

3.8.5.2. Instalação de apoios e traçado da linha

A energia produzida pelo campo solar será conduzida para a subestação da planta fotovoltaica e mediante a uma linha de transmissão aérea de 69kV se evacuará a energia para a Subestação Elétrica Buriti Grande.

Para a construção da linha de transmissão, primeiramente deverá ser feito um levantamento topográfico nos pontos de todos os apoios da linha e nos locais correspondentes ao traçado da linha. Posteriormente, serão executadas as fundações necessárias para suportar os postes da linha, os quais serão pré-moldados e serão fixados uma vez que as fundações forem concluídas.

Na fase final, uma vez fixados todos os postes, serão instalados os isoladores para posteriormente a instalação dos cabos.



Na norma brasileira NBR-5422 são estabelecidos diferentes níveis de faixa de servidão dependendo da tensão nominal entre fases, com o intuito de garantir tanto a segurança das pessoas quanto a instalação elétrica, o meio ambiente e as construções próximas.

3.9. ASPECTOS AMBIENTAIS

Com base em vistoria e nas informações fornecidas pelo empreendedor, a área em questão localiza-se na zona rural do município, afastada da zona urbana, e não apresenta nenhum tipo de habitação e urbanização. A vegetação primitiva (Cerrado) já foi completamente desmatada, restando apenas uma vegetação secundária. A área total do empreendimento é de 100,83 ha, sendo que 20% desta área é destinada a Área de Reserva Legal.

A localização do empreendimento na margem da CE-119 favorece a sua instalação. Todas estas condições evidenciam o favorecimento para implantação do empreendimento, não havendo nenhum tipo de impedimento de caráter ambiental.

No entanto, por tratar-se de um desmatamento com área superior a 50 ha, o órgão licenciador, deverá dar conhecimento do processo de supressão de vegetação ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).

3.9.1. Estimação de pessoal na obra e maquinário

Durante a fase de construção, a quantidade de média de pessoas necessárias será em torno de 70, sendo o número máximo de trabalhadores aproximadamente 120 empregados.

Na tabela seguinte mostra-se aproximadamente, durante os meses de execução das obras o número de empregados, tanto qualificados como não qualificados:

Tabela 3.5 – Previsão de mão-de-obra

Período de Construção	Empregados
Meses 1 e 2	40
Mês 3	100
Meses 4 a 8	120
Mês 9	40

A estimativa de maquinário que será utilizado durante esta etapa da construção está detalhada na seguinte tabela:

Tabela 3.6 – Previsão de uso de maquinário

MAQUINÁRIO	UNDADES
Camionetas tolva	7
Caminhões planos	3
Caminhão mixer	1
Caminhão tanque fornecedor de combustível	1
Caminhão tanque para fornecer água	1
Telescópica	4
Motoniveladora	1
Vibro-compactador	1
Tracto-compactador	1
Retroescavadeira	2
Carregador Frontal	1
Piloteras	3
Caminhão mediano	11
Caminhão pesado	2
Grupo gerador	2

Na etapa de operação da planta fotovoltaica, cuja vida útil é de 25 anos, encontram-se unicamente 4 operários que se encarregam dos trabalhos de manutenção e segurança.

O maquinário estimado durante a etapa de operação será reduzido a 2 (duas) caminhonetes a diesel para o transporte dos operários em função da manutenção da planta solar, a fim de garantir o funcionamento correto durante o dito período de vida útil.

3.10. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área da FRV Banabuiú está situada no município de Banabuiú (5°15'07,81" S 38°53'47.83" O), sertão centro oeste do estado do Ceará. Os vértices da poligonal da Planta Fotovoltaica abrange uma área de 120,22 ha, e encontra-se georreferenciada pelas coordenadas UTM apresentadas na Tabela 3.7.

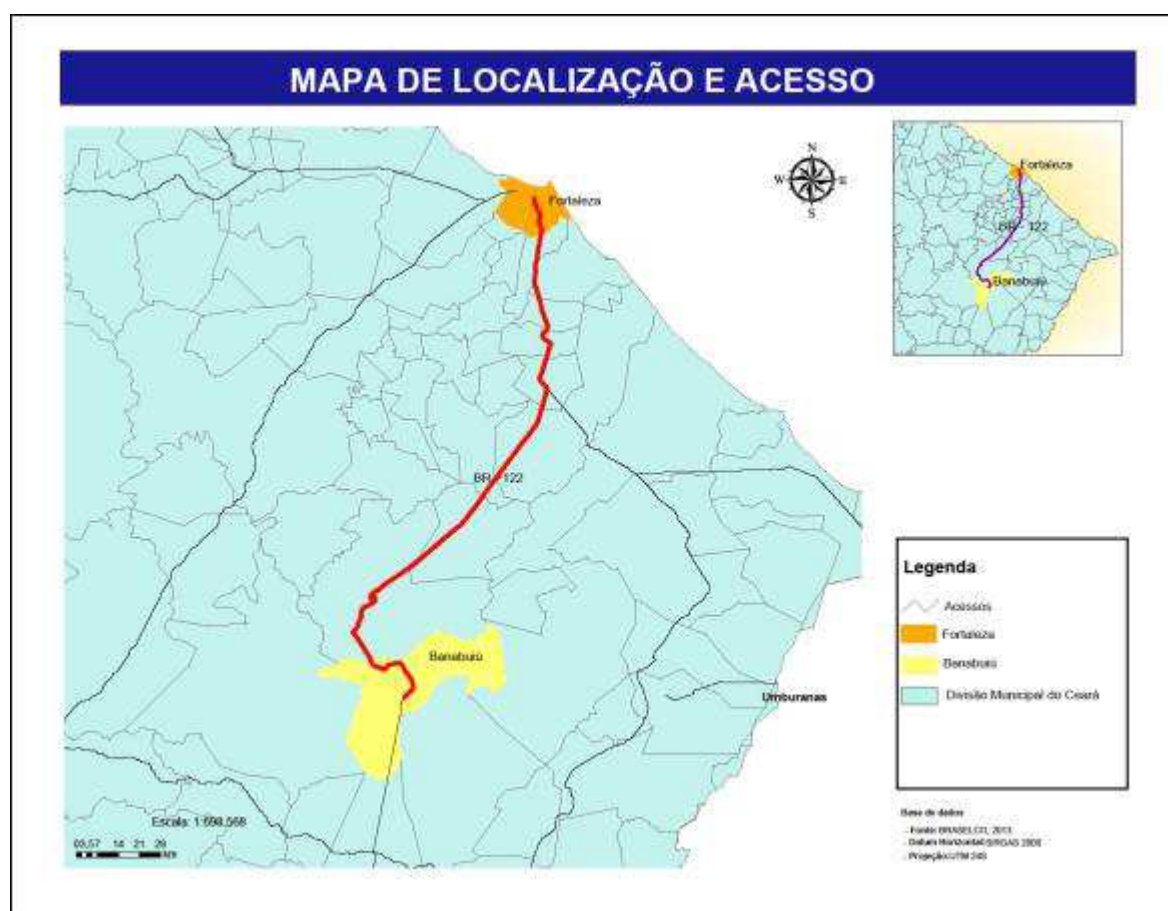
Tabela 3.7 – Coordenadas da Planta Solar

VÉRTICE	X	Y
1	9.420.238,02	512.110,75
2	9.419.819,97	512.132,44
3	9.418.728,55	511.009,83
4	9.419.036,93	510.784,22
5	9.419.287,11	511.014,99
6	9.419.398,92	511.142,65
7	9.419.740,33	511.062,49
8	9.419.700,32	511.006,17
9	9.419.170,56	510.477,87
10	9.419.644,04	510.307,49
11	9.419.831,33	510.773,64
12	9.419.942,00	511.052,49
13	9.419.954,29	511.181,64
14	9.420.006,80	511.221,17
15	9.420.033,58	511.314,50
16	9.419.986,59	511.323,31
17	9.420.050,26	511.361,90
18	9.420.079,78	511.408,37
19	9.420.109,48	511.449,14
20	9.420.119,05	511.506,15
21	9.420.090,67	511.546,43
22	9.420.135,65	511.555,80
23	9.420.182,53	511.630,39
24	9.420.168,90	511.687,13
25	9.420.072,96	511.684,36
26	9.420.043,41	511.708,48
27	9.420.044,72	511.737,95
28	9.420.141,74	511.735,17

VÉRTICE	X	Y
29	9.420.238,62	511.762,18
30	9.420.214,33	511.826,80
31	9.420.163,13	511.831,36
32	9.420.123,84	511.869,75
0	9.420.212,35	511.901,90

UTM – SIRGAS 2000

O local de implantação da Usina Fotovoltaica se encontra a, aproximadamente, 225 km de Fortaleza, capital do Estado do Ceará. Partindo de Fortaleza, a principal rota de acesso à área é feita pela CE 060 e BR 122 que levam a FRV Banabuiú. O Mapa 3.2, a seguir, indica a localização, bem como as principais vias de acesso, partindo de Fortaleza.



Mapa 3.2 – Localização e Acesso à Usina Fotovoltaica de Banabuiú, partindo de Fortaleza.

3.11. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

3.11.1. Município de Banabuiú

Banabuiú é um município brasileiro do estado do Ceará pertencente à Mesorregião dos Sertões Cearenses e Microrregião do Sertão de Quixeramobim. Na Figura 3.3 encontram-se a localização do empreendimento e do município com relação ao Estado do Ceará.



Figura 3.3 – Localização do município de Banabuiú.

Fonte: Wikipédia.

Segundo dados do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE/2013), o município possui uma área absoluta de 1.079,99 km² e está localizado na posição geográfica: Latitude (S): 5° 18' 35" Longitude (WGr): 38° 55' 14". Possui como limites ao Norte: Quixadá; ao Sul: Milhã, Solonópole, Jaguaratama; ao Leste: Jaguaratama, Morada Nova; Oeste: Quixeramobim.

- **Demografia**

De acordo com os primeiros resultados do Censo 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o município de Banabuiú apresenta uma população em torno de 17.315 habitantes, o que corresponde a uma densidade demográfica de 16,03 hab/km². As características populacionais são apresentadas na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – População do município de Banabuiú em 2010.

Município	Total	Homens	Mulheres	Urbana	Rural
Banabuiú	17.315	8.737	8.578	8.753	8.562

Fonte: IBGE – Censos Demográficos 1991/2000/2010 (adaptado).

- **Relevo, solos, vegetação e bacia hidrográfica**

Tabela 3.9 – Componentes Ambientais

Relevo	Solos	Vegetação	Bacia Hidrográfica
Depressões Sertanejas e Maciços Residuais	Solos Aluvias, Solos Litólicos, Planossolo Solódico, Podzólico Vermelho-Amarelo, Cambissolo	Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta, Floresta Mista Dicotillo- Palmácea	Banabuiú

Fonte: FUNCEME/IPECE.

- **Aspectos Climáticos**

Na Tabela 3.10 encontram-se as informações sobre os principais aspectos climáticos do Município de Banabuiú.

Tabela 3.10 – Aspectos Climáticos

Clima	Pluviosidade (mm)	Temperatura Média (°C)	Período Chuvoso
Tropical Quente Semi- árido	815,4	26° a 28°	Fevereiro a abril

Fonte: FUNCEME/IPECE.

- **Estabilidade atmosférica**

As condições do clima no momento da ocorrência de um acidente com liberação de nuvem inflamável ou tóxica influenciam principalmente na extensão da dispersão e consequentemente em suas consequências. Os fatores primários que influenciam as condições do clima são a velocidade do vento, temperatura do ar e a estabilidade atmosférica.

A estabilidade atmosférica é uma estimativa da mistura turbulenta do ar. Condições estáveis da atmosfera representam baixa turbulência e condições instáveis, alta turbulência.

As condições atmosféricas são normalmente classificadas de acordo com seis classes de estabilidade de Pasquill (denominados pelas letras A até F), como mostrado na Tabela 3.11. As classes de estabilidade são correlacionadas com a velocidade do vento e a quantidade de luz solar.

Durante o dia, o aumento da velocidade do vento resulta em uma maior estabilidade atmosférica, enquanto que a noite é o contrário. Isto é devido a uma mudança no perfil das temperaturas verticais do dia para a noite. Dentro das classes de estabilidade, a letra A representa as condições menos estáveis, enquanto a letra F representa as mais estáveis.

Segundo o “*Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*” (Capítulo 2, páginas 112 a 115), a maioria das pessoas usa as classes de letras do Pasquill porque elas têm produzido resultados satisfatórios e são fáceis de usar. Portanto, a tabela de Pasquill permite que a estabilidade atmosférica seja estimada pelas condições de luz solar e velocidade do vento local.

Tabela 3.11 – Condições Meteorológicas que definem as Classes de Estabilidade de *Pasquill-Gifford* (Gifford, 1976).

VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PERÍODO DIURNO			PERÍODO NOTURNO	
	INSOLAÇÃO			NEBULOSIDADE	
	Forte	Moderado	Leve	Parcialmente encoberto	Encoberto
$V \leq 2$	A	A-B	B	F	F
$2 < V \leq 3$	A-B	B	C	E	F
$3 < V \leq 5$	B	B-C	C	D	E
$5 < V \leq 6$	C	C-D	D	D	D

VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PERÍODO DIURNO			PERÍODO NOTURNO	
	INSOLAÇÃO			NEBULOSIDADE	
	Forte	Moderado	Leve	Parcialmente encoberto	Encoberto
V > 6	C	D	D	D	D

Legenda:

A: Condições extremamente instáveis

B: Condições moderadamente instáveis

C: Condições levemente instáveis

D: Condições neutras

E: Condições levemente estáveis

F: Condições moderadamente estáveis

Fonte: *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, pg.114.

Com base nestas informações e considerando os dados levantados para o município de Banabuiú, pode-se afirmar que a classe de estabilidade atmosférica para a região varia entre Condições levemente instáveis (C) durante o dia e Condições neutras (F) durante a noite.