Brasil BioFuels

ITSEMAP

USINA TERMELÉTRICA DE TEFÉ

Estudo de Análise de Riscos

EAR

Julho/2010

Revisão 1

BSI
ISO 9001:2008
FS 537783

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho contempla o Estudo de Análise de Riscos (EAR) das instalações da Usina Termelétrica da Brasil Bio Fuels S.A. (BBF) a ser instalada no município de Tefé, Amazonas.

O estudo tem por finalidade identificar, analisar e avaliar os eventuais riscos impostos ao meio ambiente e à comunidade circunvizinhos às instalações, decorrentes das atividades de descarregamento, armazenagem e carregamento de combustíveis.

As etapas do trabalho podem ser resumidas conforme segue:

a. Caracterização da instalação e da região de interesse;

b. Identificação dos perigos e definição das hipóteses e cenários acidentais que eventualmente possam vir a ocorrer nas instalações;

c. Estimativa e avaliação das conseqüências e seus respectivos efeitos físicos, decorrentes de eventos anormais que possam resultar em vazamentos, incêndios ou explosões;

d. Determinação das áreas vulneráveis decorrentes dos diferentes impactos originados pelos efeitos físicos de cada um dos cenários de acidentes;

e. Estimativa dos riscos impostos às pessoas situadas fora dos limites da empresa, expressos em termos de Risco Social (curva f-N) e Risco Individual (curvas de iso-risco);

f. Avaliação dos riscos e proposição de medidas mitigadoras e de gerenciamento

O estudo apresentado neste relatório baseou-se na Norma P4.261 - *Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos*, da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), cuja seqüência de etapas pode ser observada no fluxograma apresentado na Figura 1.1.

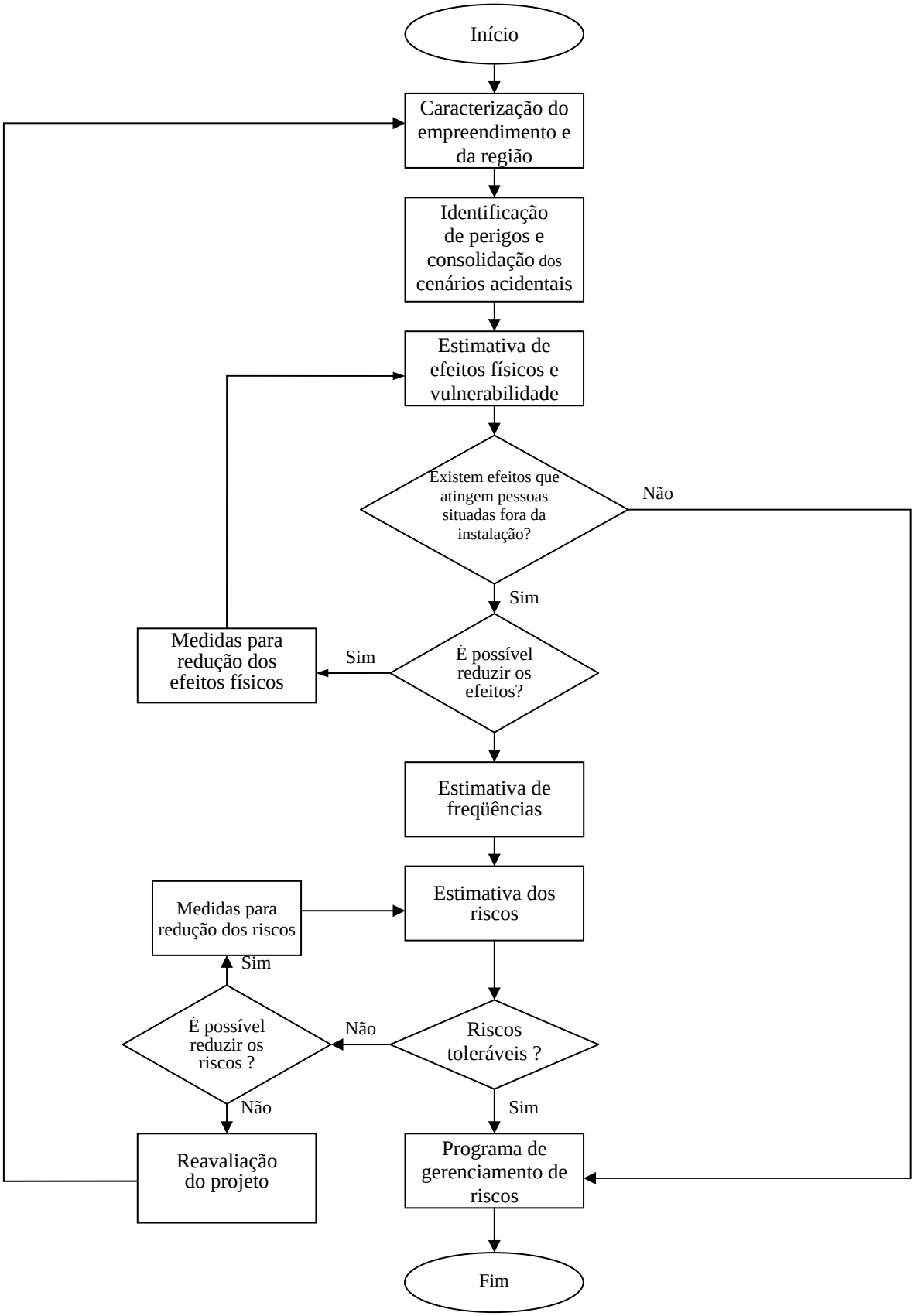


Figura 1.1 – Etapas do Estudo de Análise de Riscos

O Estudo de Análise de Riscos está estruturado em nove capítulos, conforme apresentado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Estrutura do Relatório

Capítulo	Descrição
1	Introdução
2	Descrição das Instalações e da Região
3	Características dos Produtos Envolvidos
4	Identificação de Perigos
5	Análise de Conseqüências
6	Estimativa e Avaliação dos Riscos
7	Conclusões e Recomendações
8	Referências Bibliográficas
9	Equipe Técnica

2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DA REGIÃO

A UTE a ser implantada terá capacidade de 9.800 kW, conforme pedido protocolado junto à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A energia produzida pela Termelétrica será comercializada com a Amazonas Energia e consumida localmente.

A UTE irá operar a partir da utilização de biomassa obtida na região do projeto. O combustível principal será o capim elefante (*Pennisetum pupureum*), cultivado pela própria empresa. O capim elefante é a variedade mais energética de capim por ter grande porte e conseqüentemente produzir muita biomassa. Em um segundo momento, será utilizado o resíduo de palma de dendê (*Elaeis guineensis*), cuja biomassa consiste no bagaço da casca da polpa e no cacho do dendê moído.

A disponibilidade da biomassa do dendê ocorrerá em cinco anos, resultado de trabalho a ser desenvolvido com produtores rurais da região do empreendimento para recuperar áreas degradadas a partir do plantio de dendê. Tais fontes de geração de energia elétrica são renováveis e sustentáveis, colaborando com novas alternativas para a substituição de geradores movidos a diesel.

A implantação da UTE se dará numa área de aproximadamente de 50 ha, de propriedade da BRASIL BIO FUELS, conforme comprovante de domínio do imóvel apresentado no Anexo I deste relatório.

2.1. Caracterização do Empreendimento

A Usina Termelétrica da Brasil Bio Fuels (UTE BBF Tefé) será implantada na estrada Emade Km 11 nº 9905, no município de TEFÉ – AM, e irá operar segundo o processo de ciclo térmico convencional, ciclo Rankine, e produzirá energia elétrica com a finalidade de comercializar o excedente.

A UTE será equipada de um gerador com turbina a vapor e uma caldeira de geração de vapor.

2.1.1 Características Técnicas e de Operação da UTE

2.1.1.1 Arranjo Geral da UTE

A Usina Termelétrica será composta dos seguintes itens:

• 1 pátio de biomassa para estocagem e alimentação de combustível da caldeira;
• 1 caldeira geradora de vapor;
• 2 conjuntos de turbo geradores de condensação;
• 2 conjuntos de moto bombas para água de alimentação da caldeira;
• 2 conjuntos de moto bombas para água de condensação e
• Torres de resfriamento da água de condensação.

2.1.1.2 Descrição da Operação

A operação da Termelétrica se dará por um sistema de ciclo térmico convencional,conhecido por Ciclo Rankine, conforme apresentado na Figura 2-1 a seguir.

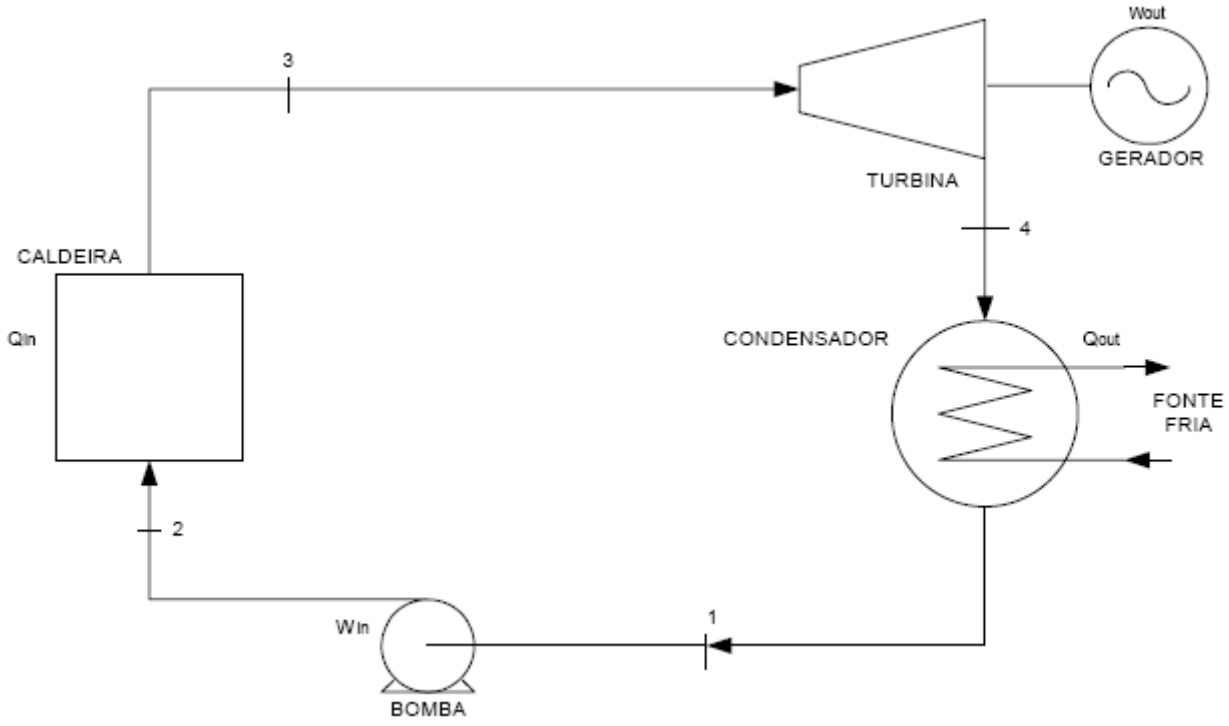


Figura 2.1 - Diagrama simplificado do ciclo Rankine

O Ciclo Rankine trata-se de um ciclo fechado a vapor. A biomassa será queimada na caldeira, gerando vapor superaquecido a 67 bar (valor absoluto) e 490 ºC.

O vapor superaquecido gerado na caldeira será admitido na turbina a vapor sofrendo um processo de expansão até a pressão de 0,1 bar. Neste processo de expansão, uma parte do vapor será extraído à pressão de 2,5 bar, sendo direcionado para o desaerador, cuja função é a retirada de gases dissolvidos na água proveniente do condensador e make-up.

O vapor exausto da turbina na pressão de 0,1 bar e temperatura de 45,8ºC encontrará-se na condição saturado, com titulo aproximadamente igual a 90%, sendo condensado nos condensadores.

O vapor condensado será bombeado para o desaerador, sendo misturado ao vapor extraído da turbina a 2,5 bar, fechando-se o ciclo.

Para efetivar a condensação do vapor exausto da turbina a vapor, os condensadores receberão água fria a aproximadamente 30ºC proveniente das torres de resfriamento.

2.1.1.3 Descrição do Sistema Termelétrico da UTE

Os principais componentes da UTE encontram-se especificados sumariamente a seguir.

Pátio de Biomassa

O Pátio de Biomassa tem como função a preparação do capim provenientes do campo em biomassa com uma granulometria adequada a queima.

O Pátio de Biomassa consiste nos equipamentos desde a recepção, picagem, silos verticais e horizontais para armazenamento com carregamento e extração, peneiramento e manuseio até a alimentação de caldeiras de biomassa para a geração de energia.

A estrutura do pátio de biomassa foi elaborada com base nas seguintes premissas:

1) Recebimento de fardos de capim-elefante, nas dimensões 0,9 x 1,2 x 2m com densidade 200 kg/m³. Os mesmos serão protegidos em sob um galpão com capacidade de armazenamento para 5 dias da operação.

2) Três linhas com destroçadores de fardos, cada uma com capacidade para 12 toneladas por hora (equivalentes a 200 m³/h de capim-elefante "solto", desagregado com densidade considerada 60 kg/m³ e umidade de aproximadamente 20%).

3) Um transportador de correia formador de uma pilha de material solto. A pilha deverá ser espalhada e compactada com carregadeiras, para aumentar a capacidade de armazenagem (em peso) e também minimizar a ação dos ventos sobre o material solto. Esta pilha possui capacidade para armazenar um dia de operação da caldeira.

4) Moega de recebimento com volume de 200m³ suficiente para uma hora de operação da caldeira. A vazão de extração será ajustável até 200m³/h (12 t/h) e após a moega existe um sistema tipo malha-fechada com transportador de correia, redler alimentador da caldeira e um último transportador de correia que faz a re-circulação alimentando novamente a moega de recebimento.

Caldeira

A caldeira terá capacidade máxima para geração de 45 ton/h de vapor superaquecido.

Segue abaixo as especificações da caldeira:

• Denominação: C1

• Tipo: Aquatubular

• Pressão nominal de trabalho: 67 bar (abs);

• Temperatura do vapor: 490ºC;

• Combustível: biomassa; capim elefante e resíduo de dendê;

• Consumo especifico de combustível: 2,5 kg de vapor / kg de combustível;

• Eficiência relativa ao PCI (Poder Calorífico Interno): 87,0%;

Conjuntos Turbo Geradores de Condensação

Um conjunto turbogerador é constituído basicamente pelos seguintes equipamentos:

- Turbina: responsável pela conversão termodinâmica da energia contida no vapor de alta pressão e temperatura, em energia mecânica no seu eixo.
- Redutor: responsável pela adequação da rotação nominal da turbina à velocidade síncrona do gerador.
- Gerador: responsável pela conversão eletrodinâmica da energia mecânica do eixo da turbina em energia elétrica nos seus bornes.

O equipamento da central termelétrica em questão apresentará as seguintes características:

- Turbina:

- Tipo: Condensação

- Potência Nominal: 9,8 MW

- Pressão do Vapor de Alimentação: 67 bar

- Temperatura do Vapor de Alimentação: 490°C

- Consumo Específico: 3,94 kg vapor / kWh

- Redutor:

- Potência Nominal: 9,8 MW

- Rotação Eixo de Alta: Rotação da turbina

- Rotação Eixo de Baixa: 1.800 rpm

- Fator de Serviço: ≥ 1,2

- Gerador:

- Potência Nominal: 12,25 MVA / 9,8 MW

- Fator de Potência: 0,8

- Tensão Nominal: 13,8 kV

- Freqüência Nominal: 60 Hz

- Rotação: 1.800 rpm (4 pólos)

A Figura 2.2 a seguir apresenta a representação de um turbogerador.

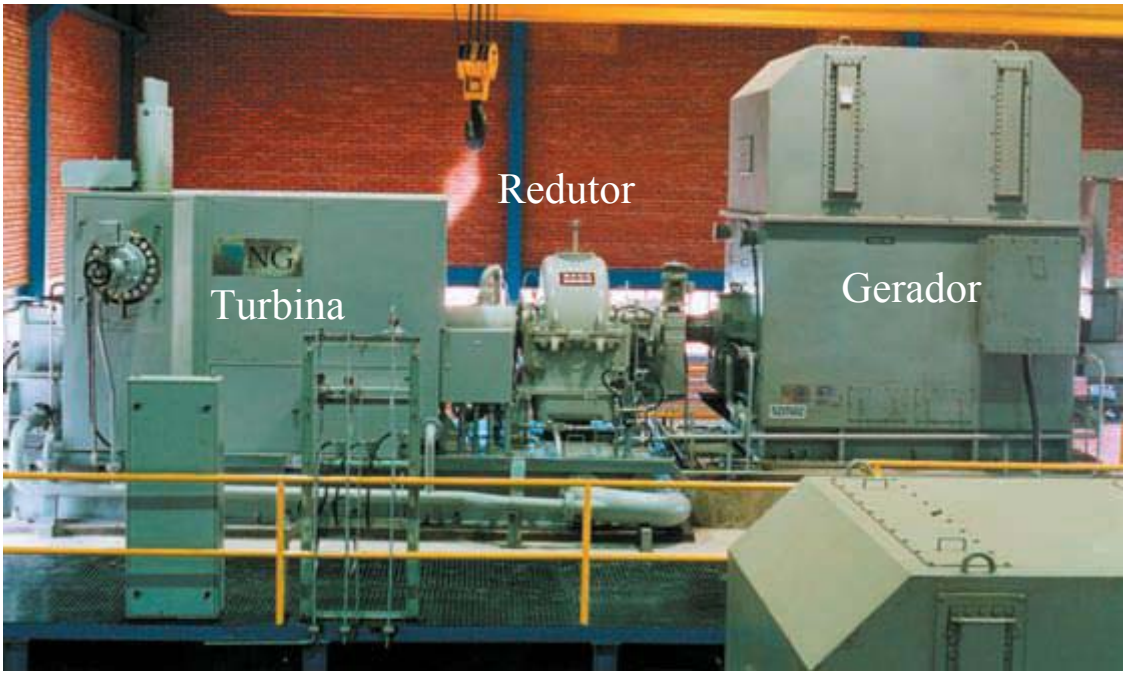


Figura 2.2 – Turbogerador de condensação.

Condensador

O condensador é um trocador de calor onde o vapor de exaustão da turbina é novamente convertido em água. O condensador da central termelétrica em questão será do tipo casco-tubos, nesse equipamento a água de resfriamento é bombeada através de um feixe tubular metálico resfriando o vapor que passa externamente aos tubos dentro da estrutura do condensador. O vapor cede calor progressivamente e transforma-se em água sendo bombeado para o desaerador e posteriormente para a caldeira, completando o ciclo de geração. O equipamento da central termelétrica em questão apresentará as seguintes características:

- Tipo: Casco-Tubos
- Vazão (Vapor-Casco): 40 ton/h
- Pressão de Trabalho (Casco): 0,013 MPa (0,13 bar)
- Vazão (Água-Feixe Tubular): 2000 m³/h
- Pressão de Trabalho (Feixe Tubular): 0,25 MPa (2,5 bar)
- Temperatura de Entrada da Água: 40oC
- Temperatura de Saída da Água: 30oC

.

A Figura 2.3 apresenta a representação do condensador.

Figura 2.3 – Condensador tipo casco-tubos

Torres de Resfriamento

As torres de resfriamento têm como função reduzir a temperatura da água de resfriamento que circula no condensador da turbina e em outros trocadores da central de geração, ou seja, é o

elemento responsável pela rejeição de calor do sistema de geração para atmosfera. A dissipação do calor na torres é facilitada graças à forma construtiva das mesmas, que possuem em seu interior um sistema lâminas lisas que proporcionam uma distribuição uniforme da água que cai por gravidade da parte superior das torres em contra-corrente forçada com o ar puxado de baixo para cima por exaustores instalados no topo das mesmas. O equipamento da central termelétrica em questão apresentará as seguintes características:

- Tipo: Tiragem mecânica induzida em contra-corrente
- Número de Células: 02
- Vazão por Célula: 1.000 m³/h
- Vazão Total: 2.000 m³/h
- Temperatura de Entrada da Água: 40°C
- Temperatura de Saída da Água: 30°C
- Motobombas: 03 (01 reserva)

A Figura 2.4 apresenta a representação das torres de Resfriamento.

Figura 2.4 – Torres de resfriamento tipo úmida de contra-fluxo

Desaerador

É o equipamento responsável pela retirada de gases (O2 e CO2) dissolvidos na água oriunda do condensador da turbina, desempenhando também as funções de reaquecimento da água de alimentação e de reservatório pulmão da caldeira. Sua operação garante um aumento da vida útil da caldeira, visto que toda tubulação estará menos sujeita à oxidação. O equipamento da central termelétrica em questão apresentará as seguintes características:

- Tipo: Atmosférico, vertical, de borbulhamento.
- Capacidade: 20 m³ (30min operação).

A Figura 2.5 apresenta a representação do Desaerador.

Figura 2.5 - Desaerador

2.2 Características da Região

A área objeto deste empreendimento localiza-se no município de Tefé, estado do Amazonas, sob as coordenadas UTM 316.067E, 9.616.393N, SAD 69, altitude 50 m.

O Município de Tefé está localizado no Estado do Amazonas. É limitado ao norte pelo

município de Uarini, ao sul pelo município de Coari; a leste por Alvarães e a oeste por Tapauá.

O município de Tefé estende-se por uma área de 23.809 km^2 e dista 575 km da capital do estado. O principal acesso ao município é dado por via fluvial. A Figura 2.6.

Figura 2.6 – Localização do Município

A economia do município está baseada no setor primário a se destacar: arroz, cana-de-açúcar, feijão, juta, malva, mandioca, melancia e milho. Entre culturas permanentes: abacate, cacau, coco, laranja, limão e manga. Além disto, a pesca desponta como uma das grandes fontes de divisas para o município.

Quanto ao entorno imediato da UTE, o mesmo pode ser caracterizado pela ausência de ocupação humana, sendo portanto, um local com baixa vulnerabilidade.

2.3. Características Climáticas e Meteorológicas

Tefé apresenta clima Tropical Úmido, registrando temperaturas extremas de 38°C e mínimas inferiores a 20°C, sendo a temperatura média de 27°C com índice pluviométrico elevado, prevalecendo o clima quente e úmido, tipicamente tropical.

Em função da indisponibilidade de dados meteorológicos representativos para a

região com medições horárias de umidade, velocidade e direção do vento, foram adotados os valores recomendados na Norma P4.261 da CETESB e apresentados na Tabela 2.1 a seguir.

Tabela 2.1 – Dados Meteorológicos Norma CETESB P4.261

Variável Ambiental	Valor
Temperatura Média do Ar – Período Diurno	25 °C
Temperatura Média do Substrato – Período Diurno	30 °C
Temperatura Média do Ar – Período Noturno	20 °C
Temperatura Média do Substrato – Período Noturno	20 °C
Umidade Relativa do Ar – Período Diurno	80 %
Umidade Relativa do Ar – Período Noturno	80 %
Velocidade Média do Vento – Período Diurno	3,0 m/s
Velocidade Média do Vento – Período Noturno	2,0 m/s
Categoria de Estabilidade Atmosférica (Pasquill)	C (dia) / E (noite)
Rugosidade do Solo	0,17

3. CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADE DOS PRODUTOS

Para continuidade do estudo é necessário a classificação dos produtos movimentados na UTE BBF Tefé em inflamáveis e tóxicos, de forma a nortear o levantamento das hipóteses acidentais consideradas no estudo.

Para isto foram utilizados os critérios estabelecidos pela CETESB para a classificação de substâncias químicas quanto a periculosidade, constantes da Norma P4.261 – "Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Risco".

As seções a seguir apresentam os critérios para classificação das substâncias em inflamáveis ou tóxicas.

3.1 Substâncias Inflamáveis

O critério para a classificação das principais substâncias inflamáveis manipuladas na UTE BBF Tefé, de acordo com a referência anteriormente mencionada, está apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Critério para Classificação de Substâncias Inflamáveis

Nível de Inflamabilidade	Ponto de Fulgor e/ou Ponto de Ebulição (ºC)
1- Líquido pouco inflamável	PF > 60
2- Líquido inflamável	37,8 < PF ≤ 60
3- líquido facilmente inflamável	PF ≤ 37,8 e PE ≥ 37,8
4- Gás ou líquido altamente inflamável	PF ≤ 37,8 e PE ≤ 37,8

PF = Ponto de Fulgor;
PE = Ponto de Ebulição

3.2 Substâncias Tóxicas

Os critérios para a classificação das principais substâncias tóxicas que podem ser manipuladas na UTE BBF Tefé, de acordo com a Norma CETESB P.4261, estão apresentados nas Tabelas 3.2 e 3.3.

Tabela 3.2 - Critérios para Classificação de Substâncias Tóxicas

Nível de toxicidade	C (ppm.h)
4 - Muito tóxica	$C \leq 500$
3 – Tóxica	$500 < C \leq 5000$
2 - Pouco tóxica	$5000 < C \leq 50000$
1 – Praticamente não tóxica	$50000 < C \leq 150000$

C = concentração letal 50% (CL_{50}) em ppm x tempo de exposição em horas

Para as substâncias cujos valores de CL50 não estão disponíveis utilizam-se os valores de DL50, via oral para rato ou camundongo, conforme apresentado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Critérios para Classificação de Substâncias Tóxicas pela DL_{50}

Nível de toxicidade	DL(mg/Kg)
4 - Muito tóxica	$DL_{50} \leq 50$
3 – Tóxica	$50 < DL_{50} \leq 500$
2 - Pouco tóxica	$500 < DL_{50} \leq 5000$
1 – Praticamente não tóxica	$5000 < DL_{50} \leq 150000$

C = concentração letal 50% (CL_{50}) em ppm x tempo de exposição em horas

3.3 Considerações Acerca das Substâncias Movimentadas na UTE Tefé BBF

São consideradas como de interesse no Estudo de Análise de Riscos, as substâncias classificadas no nível 3 e 4 de inflamabilidade ou toxicidade de acordo com os critérios estabelecidos na Norma CETESB P4.261.

Ressalta-se que na UTE Tefé BBF, não é movimentada ou estocada, em quantidades significativas, nenhuma substância com características tóxicas ou inflamáveis de interesse.

A única substância inflamável armazenada é o óleo diesel para partida da caldeira, mas as características do óleo, bem como a pequena quantidade armazenada (10 m^3), dispensam a análise detalhada de risco.

4. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

4.1 Introdução

Esse capítulo descreve a metodologia utilizada para a identificação dos perigos relativos às instalações da Usina Termelétrica da Brasil Bio Fuels S.A. (BBF), e apresenta como resultado as hipóteses acidentais identificadas por meio da aplicação da técnica Análise Preliminar de Perigos – APP.

A Seção 4.2 apresenta uma breve descrição da técnica APP e a metodologia utilizada para a identificação dos perigos, enquanto a seção 4.3 apresenta a consolidação das hipóteses de acidentes, a partir da aplicação da APP.

4.2. Metodologia

A Análise Preliminar de Perigos (APP), do inglês *Preliminary Hazard Analysis (PHA)*, é uma técnica desenvolvida pelo programa de segurança militar do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (MIL-STD-882B).

Trata-se de uma técnica estruturada que tem por objetivo identificar os perigos presentes numa instalação, ocasionados por eventos indesejáveis. Normalmente, a APP é utilizada na fase inicial de projeto, embora venha sendo também bastante aplicada em unidades em operação, permitindo uma análise crítica dos sistemas de segurança existentes e a identificação das possíveis hipóteses de acidentes.

A APP focaliza os eventos perigosos cujas falhas têm origem na instalação em análise, contemplando tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, de instrumentos e de materiais, como erros humanos.

Na APP são identificados os perigos, suas causas, os efeitos (conseqüências) e suas respectivas categorias de severidade, sendo apontadas eventuais observações e recomendações pertinentes aos perigos identificados. Os resultados são apresentados em planilha padronizada, conforme apresentado na Figura 4.1.

APP – ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS					
Empresa: Usina Termelétrica de Tefé		**Sistema:**			**Data:**
Referência:		**Revisão:**			**Folha:**
Nº de Ordem	**Perigo**	**Causas**	**Efeitos**	**Categoria de Severidade**	**Observações (O)/ Recomendações (R)**

Figura 4.1 – Modelo da Planilha da APP

- **Sistema:** Unidade em análise;
- **Número de Ordem:** número seqüencial do perigo identificado nas linhas;
- **Perigo:** evento que define a hipótese acidental e está normalmente associado a uma ou mais condições com potencial de causar danos às pessoas, ao patrimônio ou ao meio ambiente;
- **Causas:** fatos geradores dos eventos acidentais descritos na coluna “Perigo”, que geralmente estão associados à ocorrência de falhas intrínsecas em equipamentos ou com a execução de procedimentos errados/inadequados (falhas operacionais/erros humanos);
- **Efeitos:** possíveis conseqüências associadas a um determinado perigo;
- **Categoria de Severidade:** graduação qualitativa do efeito associado ao cenário acidental, de acordo com a classificação apresentada na Tabela 4.1;
- **Observações/Recomendações:** observações pertinentes ao perigo e respectivos cenários acidentais, sistemas de segurança existentes ou recomendações para o gerenciamento dos riscos associados.

Para a categorização dos efeitos foi utilizado o critério de níveis de severidade tradicional, conforme apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Categorias de Severidade

Categoria	Denominação	Descrição
I	Desprezível	Eventos associados à ausência de danos ou danos não mensuráveis.
II	Marginal	Ocorrências com potencial de causar danos irrelevantes ao meio ambiente, à instalação e às comunidades interna e externa.
III	Crítica	Situações com potencial para ocasionar impactos ao meio ambiente externo à instalação com reduzido tempo de recuperação e podendo provocar lesões de gravidade moderada na população externa.
IV	Catastrófica	Ocorrências com potencial para gerar impactos ambientais significativos em áreas externas às instalações e com tempo de recuperação elevado, podendo também provocar mortes ou lesões graves na população.

Vale ressaltar que a APP considera apenas a fase de operação da Usina.

Nas instalações da Usina Termelétrica de Tefé, em função da ausência de produtos tóxicos e/ou inflamáveis, **os grandes perigos da fase de operação decorrem basicamente da explosão da caldeira**, pelo acúmulo de vapor provindo da queima da biomassa. O Anexo II apresenta a planilha da APP que foi preenchida pelos técnicos do ITSEMAP em conjunto com profissionais da BBF. Para os efeitos gerados por esta hipótese foi atribuído um grau de severidade, de acordo com o critério apresentado na Tabela 4.1.

5. ANÁLISE DE CONSEQÜÊNCIAS

5.1 Introdução

A presente análise contempla avaliar a área vulnerável que pode ser atingida por fragmentos provenientes de uma possível explosão da caldeira da UTE, localizada em Tefé-AM.

Para essa análise foi utilizado o modelo de cálculo de "míssil", descrito a seguir.

5.2 Metodologia para o Cálculo de Míssil

Os cálculos abaixo apresentam uma estimativa dos alcances máximos que um fragmento de uma explosão na caldeira de 244 m³.

Para realização destes cálculos, foi utilizada a metodologia apresentada pelo AIChE/CCPS, 2000, a partir da página 186.

Foram consideradas para o cálculo as seguintes condições:

- Rompimento da caldeira de 834 m³ de vapor;
- Liberação do tampo lateral do reservatório;
- Espessura da parede do tampo lateral: 30 mm;
- Pressão de ruptura do vaso: 94 bar;
- Massa estimada do fragmento: 3583 kg.

Determinação da velocidade do fragmento pela equação de Moore (1967):

$$u = 2.05\sqrt{\frac{PD^3}{W}} \qquad (1)$$

Onde:

u = velocidade inicial do fragmento (ft/s);

P = pressão de ruptura do vaso (psig);

D = diâmetro do fragmento (polegadas);

W = peso do fragmento (lb).

Substituindo os valores na equação (1) temos:

u = 2.913 ft/s = 888 m/s

Determinação da velocidade escalar:

$$\bar{u} = \frac{\rho_0 C_D A_D u^2}{M_f g} \qquad (2)$$

Onde:

ū = velocidade escalar (adimensional);

ρ_0 = densidade da atmosfera ambiente (massa/volume);

C_D = coeficiente de arrasto (adimensional);

A_D = área exposta no plano perpendicular da trajetória (área);

M_f = massa do fragmento (massa);

g = aceleração da gravidade (distância/tempo^2).

Foram considerados:

C_D = 2,05 (AIChE/CCPS, 2000 – página 192 – Tabela 2.16)

A_D = 15,2 m^2

Substituindo os valores na equação (2) temos:

ū = 823

Determinação do alcance do fragmento:

$$r = \frac{M_f \bar{R}}{\rho_0 C_D A_D} \quad (3)$$

Onde:

r = alcance do fragmento (comprimento)

Ř = alcance escalar máximo (adimensional)

Determinação do alcance escalar máximo através da Figura 5.1:

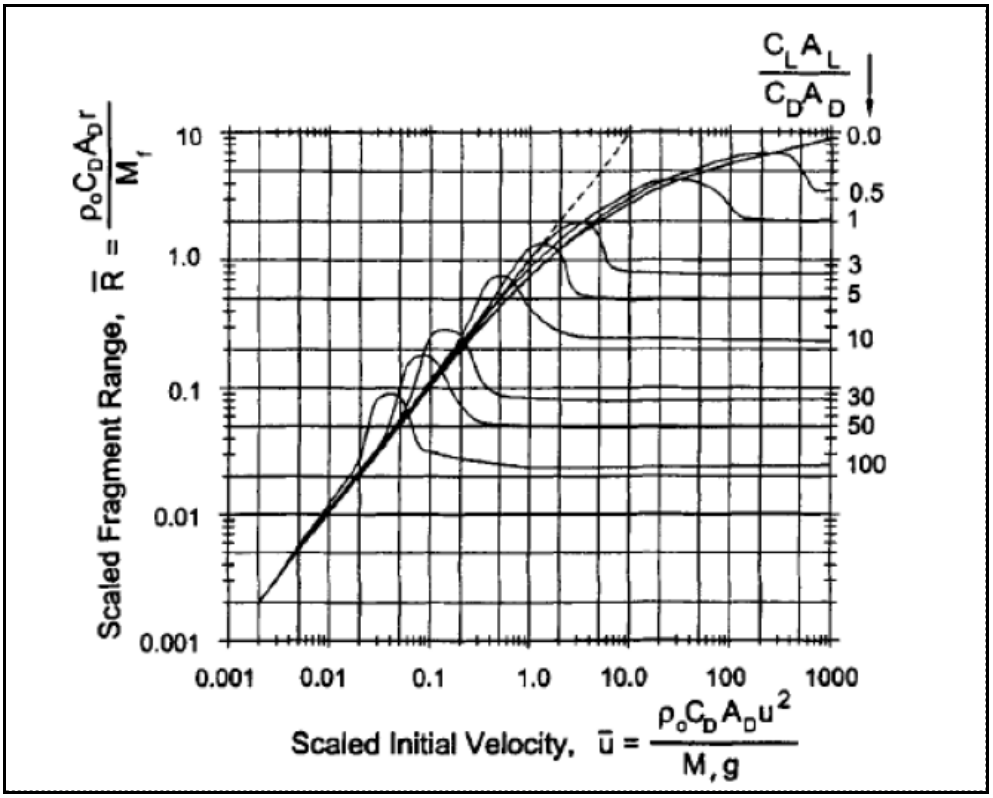


Figura 5.1 – Alcance escalar do fragmento versus distância inicial escalar

Foram considerados:

$$\frac{C_L A_L}{C_D A_D} = 0 \qquad (4)$$

Conforme AIChE/CCPS, 2000, página 192, para fragmentos disformes normalmente é esperado $C_L = 0$.

Onde:

C_L = coeficiente de elevação

Utilizando o gráfico da figura 1 temos:

Ř = 9

Substituindo os valores na equação (3) temos:

Alcance do fragmento (r) = 862 m

5.3 Considerações Finais

Tomando por base os resultados das simulações realizadas e observando a localização da caldeira no Layout Geral da UTE, localizada em Tefé-AM, pode-se concluir que a distância de 862 m referente à projeção do tampão da caldeira extrapola os limites da empresa, podendo atingir a estrada da EMADE **e 6 residências (indicadas em amarelo)** conforme apresentado na Figura 5.2 a seguir.

As residências foram localizadas por meio de georeferenciamento em trabalho de campo, sendo as mesmas dispostas em mapa, de acordo com as coordenadas apresentadas geográficas apresentadas pela planta baixa da UTE (a qual é apresentada no Anexo I do presente relatório).

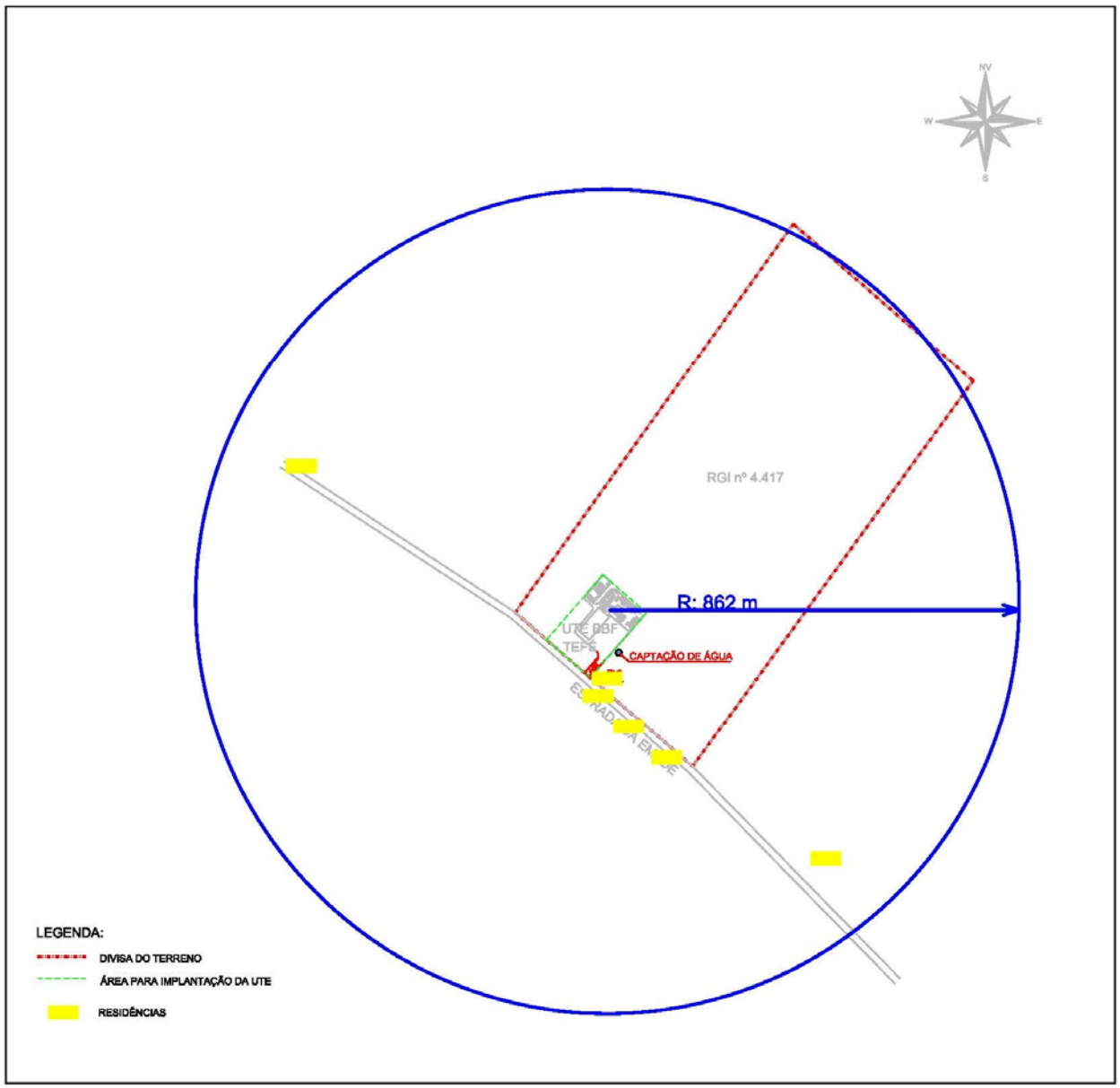


Figura 5.2 – Alcance de fragmento provindo da explosão da caldeira

Um aspecto importante a ressaltar é que as caldeiras possuem instrumentação e automação para controle da pressão, além das válvulas de segurança (PSVs). Desse modo, a frequência de ocorrência desse cenário é extremamente baixa, uma vez que tais instrumentações são eficazes na prevenção de anomalias no sistema, e que para acidentes aconteçam é necessário que haja uma falha na instrumentação de controle junto a falha na abertura das PSVs. Vale ressaltar ainda que a possibilidade do processo atingir a pressão de ruptura (94 bar) é extremamente remota.

6. ESTIMATIVA E AVALIAÇÃO DE RISCOS

6.1 Introdução

Este capítulo apresenta os resultados das estimativas dos Riscos das Instalações da Usina Termelétrica da Brasil Bio Fuels S.A. (BBF).

O risco individual será apresentado por meio da plotagem de curvas (contornos) de Iso-risco. O risco social é expresso através de curva f-N e caracteriza o risco para a comunidade exposta, fornecendo a freqüência acumulada de ocorrência de acidentes com N ou mais vítimas (acidentes com múltiplas vítimas). Por outro lado, os contornos de iso-risco individual fornecem uma visão da distribuição espacial dos níveis de risco nas regiões circunvizinhas à instalação analisada.

Os cálculos para a estimativa dos riscos foram realizados com o programa *QUANTOX*, desenvolvido pelo ITSEMAP STM – Serviços Tecnológicos MAPFRE, integrando freqüência e conseqüência do cenário acidental gerado, levando em consideração a distância atingida pela explosão da caldeira.

6.2 Risco Social

6.2.1 Conceito

O risco social representa o risco para um grupo de pessoas constituído pela comunidade exposta aos efeitos dos acidentes passíveis de ocorrer nas instalações em análise. Assim, o risco social diz respeito à população presente na zona de alcance dos efeitos físicos gerados pelos diferentes cenários de acidentes.

Normalmente, o risco social é expresso através das “curvas f-N”, as quais fornecem a freqüência de ocorrência de acidentes, em geral expressa em base anual, com um número de vítimas maior ou igual a um determinado valor. A vantagem dessas curvas é que elas mostram graficamente todo o espectro dos riscos associados às instalações de interesse, indicando o potencial associado a acidentes maiores.

No presente trabalho, a curva f-N da Usina Termelétrica foi calculada pelo Programa *QUANTOX*, compilando os dados relativos ao cenário de explosão da caldeira, de acordo com o

número de pessoas presentes na área definida pelos maiores alcances, a qual foi dividida em células formando uma grade de pontos para o cálculo dos riscos.

Para cada nível de fatalidade foram somadas as freqüências que igualaram ou ultrapassaram aquele nível, obtendo-se então pares ordenados de f x N (f = freqüência acumulada para N ou mais fatalidades), que deram origem à curva de risco social.

6.2.2 Critério de Tolerabilidade – Risco Social

No presente estudo, o risco social foi calculado e comparado com o critério estabelecido na Norma CETESB P4.261. A Figura 6.1 apresenta o critério de risco social utilizado.

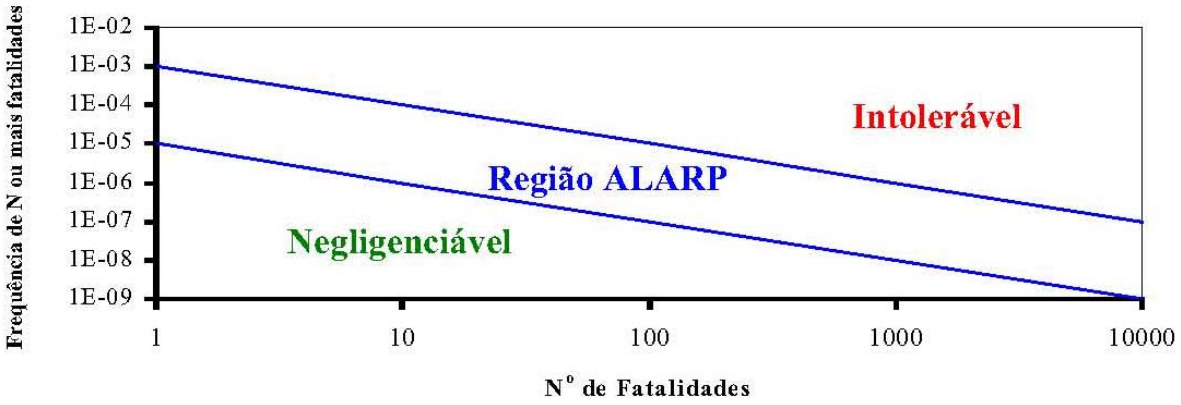


Figura 6.1 – Gráfico f-N para a Apresentação do Risco Social

O risco social proporcionado pela Usina Termelétrica de Tefé será considerado tolerável se a curva de distribuição acumulada complementar, desenhada sobre o gráfico f-N, ficar abaixo da reta que determina a região de risco intolerável.

6.2.3 Cálculos do Risco Social

Após a estimativa de conseqüência provinda da explosão da caldeira e identificação da distância abrangida pelo evento , é construída uma grade de pontos sobre a área atingida (área vulnerável).

A grade ou malha permite um cálculo pontual sobre a população possivelmente afetada e possui espaçamento constante devendo ser de acordo com o entorno estudado e compatível com a

maior distância calculada a ser definida. Para a Usina Termelétrica utilizou-se malha com espaçamento de 100 x 100 m, conforme pode-se observar na Figura 6.2 a seguir.

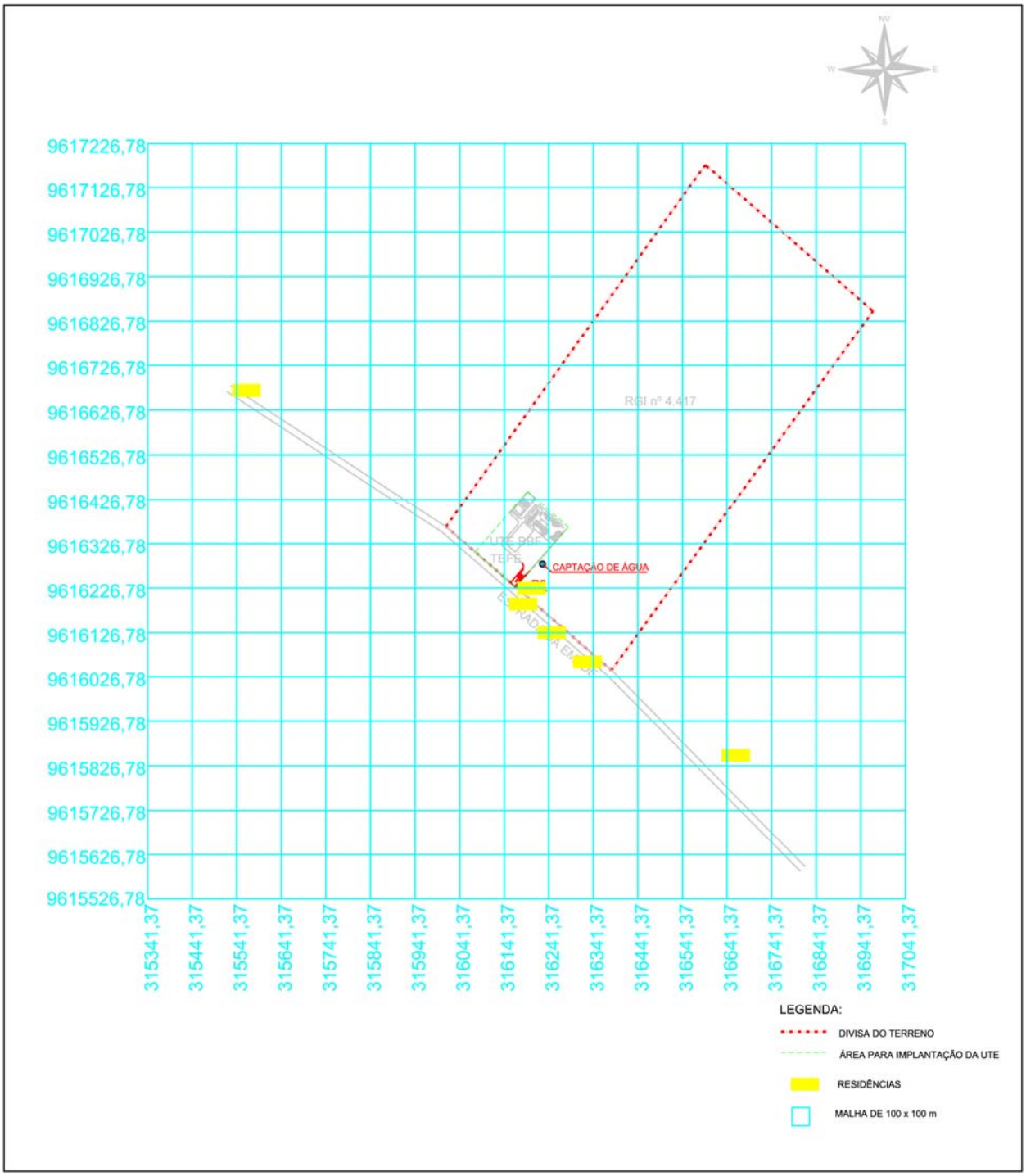


Figura 6.2 – Malha Utilizada nos Cálculos do Risco

A malha foi definida seguindo os pressupostos estabelecidos em TNO – Purple book, pág. 6.2, além disso, o *grid* adotado acaba por gerar resultados de risco conservativos.

Para a população da Estrada EMADE foi considerada, de forma extremamente conservadora (em vista da baixa movimentação da estrada), 1 (uma) pessoa sobre cada ponto da malha recaído na estrada, 100% do tempo, tanto no período diurno quanto no período noturno.

Para os pontos recaídos sobre a UTE TEFÉ BBF, não foram consideradas pessoas, visto que o estudo foi desenvolvido para o cálculo de vítimas extra-muros aos limites da UTE.

Para os pontos recaídos sobre as residências foram consideradas 4 (quatro) pessoas no período diurno e 4 (quatro) pessoas no período noturno, de forma extramente conservadora, durante 100% do tempo.

Para todos os pontos foi considerado que, caso um fragmento da caldeira venha atingir a população, haverá uma probabilidade de fatalidade de 100%.

A Tabela 6.1 (extraída do programa QUANTOX – programa utilizado para os cálculos dos riscos) apresenta os pontos da malha considerada na área vulnerável, com a indicação da população atingida, bem como os percentuais de tempo de permanência e de exposição em cada período.

Tabela 6.1 – Áreas Vulneráveis

Denominação	X	Y	Pop. Dia	% Dia	Pop. Noite	% Noite
Vegetação	315.341	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.441	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.541	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.641	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.615.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.441	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.541	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.641	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Estrada EMADE	316.741	9.615.626	1	100,0%	1	100,0%
Vegetação	316.841	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.615.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%

Tabela 6.1 – Áreas Vulneráveis

Denominação	X	Y	Pop. Dia	% Dia	Pop. Noite	% Noite
Vegetação	316.441	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.541	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Estrada EMADE	316.641	9.615.726	1	100,0%	1	100,0%
Estrada EMADE	316.741	9.615.726	1	100,0%	1	100,0%
Vegetação	316.841	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.615.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.441	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Estrada EMADE	316.541	9.615.826	1	100,0%	1	100,0%
RESIDÊNCIA	316.641	9.615.826	4	100,0%	4	100,0%
Vegetação	316.741	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.615.826	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Estrada EMADE	316.441	9.615.926	1	100,0%	1	100,0%
Estrada EMADE	316.541	9.615.926	1	100,0%	1	100,0%
Vegetação	316.641	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.615.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%

Tabela 6.1 – Áreas Vulneráveis

Denominação	X	Y	Pop. Dia	% Dia	Pop. Noite	% Noite
Vegetação	315.741	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
RESIDÊNCIA	316.341	9.616.026	4	100,0%	4	100,0%
Estrada EMADE	316.441	9.616.026	1	100,0%	1	100,0%
Vegetação	316.541	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.641	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
RESIDÊNCIA	316.241	9.616.126	4	100,0%	4	100,0%
UTE BBF	316.341	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.541	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.641	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
2 RESIDENCIAS	316.141	9.616.226	8	100,0%	8	100,0%
UTE BBF	316.241	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.341	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.641	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%

Tabela 6.1 – Áreas Vulneráveis

Denominação	X	Y	Pop. Dia	% Dia	Pop. Noite	% Noite
Vegetação	316.841	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Estrada EMADE	316.041	9.616.326	1	100,0%	1	100,0%
UTE BBF	316.141	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.241	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.341	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.641	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.326	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Estrada EMADE	315.941	9.616.426	1	100,0%	1	100,0%
UTE BBF	316.041	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.141	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.241	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.341	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.641	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.426	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Estrada EMADE	315.741	9.616.526	1	100,0%	1	100,0%
Vegetação	315.841	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%

Tabela 6.1 – Áreas Vulneráveis

Denominação	X	Y	Pop. Dia	% Dia	Pop. Noite	% Noite
UTE BBF	316.141	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.241	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.341	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.641	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.741	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.526	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
RESIDÊNCIA	315.541	9.616.626	4	100,0%	4	100,0%
Estrada EMADE	315.641	9.616.626	1	100,0%	1	100,0%
Vegetação	315.741	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.241	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.341	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.641	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.741	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.626	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.241	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.341	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.641	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.741	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.841	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.726	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%

Tabela 6.1 – Áreas Vulneráveis

Denominação	X	Y	Pop. Dia	% Dia	Pop. Noite	% Noite
Vegetação	315.441	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.341	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.641	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.741	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.841	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.941	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9616825,9	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.441	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.641	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.741	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.841	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.616.926	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.441	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%

Tabela 6.1 – Áreas Vulneráveis

Denominação	X	Y	Pop. Dia	% Dia	Pop. Noite	% Noite
UTE BBF	316.541	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.641	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.741	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.617.026	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.441	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.541	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
UTE BBF	316.641	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.617.126	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.341	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.441	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.541	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.641	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.741	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.841	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	315.941	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.041	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.141	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.241	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.341	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.441	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.541	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.641	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.741	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.841	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	316.941	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%
Vegetação	317.041	9.617.226	0	0,0%	0	0,0%

Observações:

- X e Y são as coordenadas relativas do sistema de referência utilizado que delimitam as áreas vulneráveis;

- Pop. Dia corresponde ao número de pessoas expostas no período diurno nas respectivas áreas vulneráveis;
- % Dia corresponde ao percentual de tempo de exposição no período diurno;
- Pop. Noite corresponde ao número de pessoas expostas no período noturno nas respectivas áreas vulneráveis;
- % Noite corresponde ao percentual de tempo de exposição no período noturno;

A direção de projeção dos fragmentos da caldeira seguiu a freqüência dos ventos, considerada igual em todas as direções.

A freqüência de explosão da caldeira foi retirada do TNO – Purple Book, página 3.3, relativa a vaso pressurizado. A freqüência apresentada nesta referência é de 5,00E-07 oc/ano.

Foi considerada a seguinte coordenada X,Y (coordenadas geográficas) para a liberação dos fragmentos da caldeira, de acordo com a malha apresenta na Figura 6.2:

X – 316.194,6724

Y – 9.616.374,7535

6.2.4 Resultados do Risco Social

Para cada uma das hipóteses acidentais o programa QUANTOX constrói automaticamente uma árvore de eventos a fim de avaliar as frequências de cada um dos cenários de acidente.. Além disso, o programa associa a cada hipótese suas respectivas consequências (simulações) avaliando a quantidade de vítimas que cada cenário pode gerar.

A Tabela 6.2 apresenta os dados de frequência acumulada e os respectivos números de vítimas associados, calculados pelos Programas *QUANTOX*, que deram origem à curva f-N da Figura 6.2, a qual representa o risco social imposto às áreas vulneráveis nas proximidades da UTE.

Tabela 6.2 – Dados de Entrada Curva F-N

Hipótese	Frequencia (oc/ano)	Número de Vítimas	Frequencia Acumulada (oc/ano)
Explosão Caldeira Dia - Sul	1,50E-08	14	1,50E-08
Explosão Caldeira Dia - Norte	1,50E-08	14	3,00E-08
Explosão Caldeira Dia - Sudeste	1,50E-08	13	4,50E-08
Explosão Caldeira Noite - Sudeste	1,50E-08	13	6,00E-08
Explosão caldeira Dia - Leste	1,50E-08	8	7,50E-08
Explosão caldeira Noite - Leste	1,50E-08	8	9,00E-08

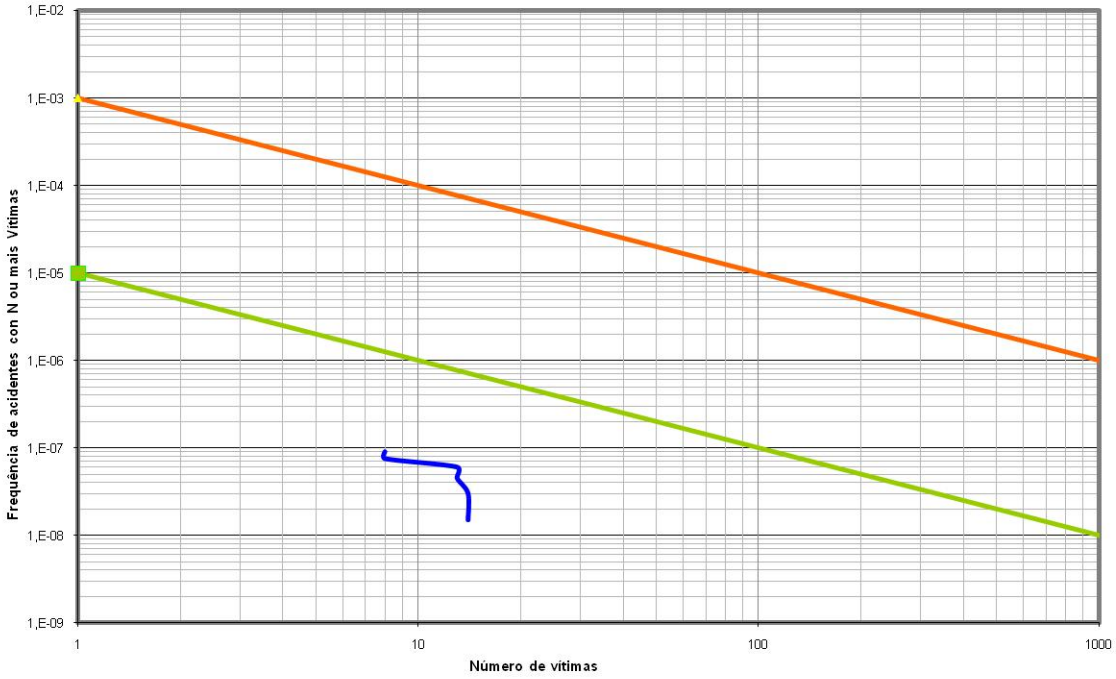


Figura 6.2 – Curva F-N

6.3 Risco Individual

6.3.1 Conceito e Metodologia de Cálculo

O risco individual pode ser definido como sendo a freqüência esperada, normalmente expressa em base anual, a que um indivíduo situado numa determinada posição em relação às

instalações em análise, venha a sofrer certo dano, em geral fatalidades, em decorrência de acidentes que eventualmente venham a ocorrer nessas instalações.

Como mencionado anteriormente, o risco individual é, comumente, representado por meio dos contornos de iso-risco. Esses contornos ligam os pontos de mesmo nível de risco, fornecendo uma indicação gráfica dos níveis de risco nas circunvizinhanças das instalações em estudo.

No presente trabalho, o risco individual relativo à explosão da caldeira foi calculado pelo Programa *QUANTOX*, com base no seguinte procedimento:

- As áreas de interesse situadas nas circunvizinhanças das instalações, definidas com base no maior alcance registrado na simulação do cenário acidental;
- Nas áreas de interesse foi definida uma grade de pontos, para que o Programa *QUANTOX* calculasse o risco individual em cada um desses pontos de cada instalação;
- Dessa forma, o programa determinou a freqüência esperada dos cenários acidentais em cada direção do vento, multiplicando a freqüência de ocorrência da hipótese acidental;
- O programa obteve então um valor de “f” (freqüência esperada de ocorrência) para cada cenário acidental e um valor de “p” (probabilidade condicional de ocorrência de fatalidade) em cada célula da grade;
- O risco individual em cada célula foi calculado, pelo *QUANTOX*, por meio do produto “f x p”; como “f” função da hipótese acidental e das condições fenomenológicas, e “p” é função do tipo de acidente e do local considerado (célula da “grade”), fazendo-se a somatória dos produtos “f x p” na célula, obteve-se o risco individual, na célula, associado à hipótese em questão. Esse mesmo procedimento foi seguido automaticamente para todos os pontos da grade na área de interesse;
- Com esses valores do risco individual em cada célula, é feita uma interpolação bidimensional para a determinação dos pontos onde se encontram níveis de risco individual de interesse; unindo-se esses pontos de mesmo nível de risco individual foram obtidos os contornos (curvas) de iso-risco.

6.3.2. Critério de Tolerabilidade – Risco Individual

O critério de tolerabilidade utilizado foi o definido na Norma CETESB P4.261, no qual a curva de iso-risco correspondente a 1,0E-05/ano não deve envolver parcial ou totalmente uma ocupação sensível.

6.3.3. Resultados do Risco Individual

O valor para o risco individual foi calculado em pontos definidos nas malhas ao redor da UTE de Tefé.

Desta forma, foram obtidos os contornos de risco individual, apresentados na Figura 6.3 a seguir.

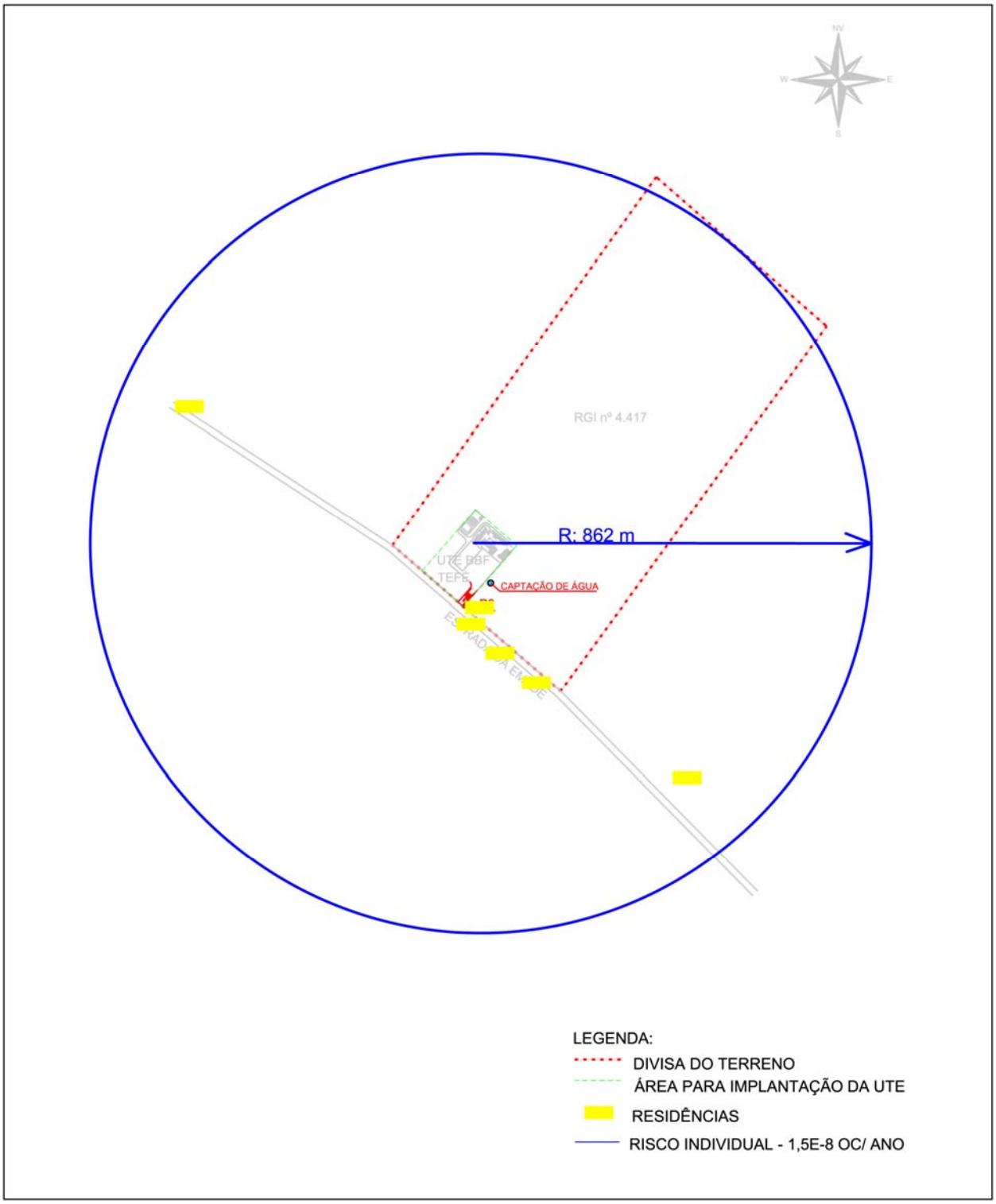


Figura 6.3 – Risco Individual UTE de Tefé (1,5E-08 oc/ano)

6.4 Resultados Obtidos

Tomando por base os resultados obtidos nas estimativas dos riscos associados às instalações da UTE de Tefé, pode-se concluir que:

- Com relação ao risco social, o mesmo se localizou na região de risco negligenciável;
- O nível de Risco Individual máximo tolerável, correspondente a 1,0E-05 oc/ano não foi gerado, não acarretando danos à população sensível no entorno da UTE de Tefé.

Comparando os resultados obtidos com os critérios de tolerabilidade estabelecidos na Norma CETESB P4.261, conclui-se que os riscos da UTE de Tefé da BBF são plenamente toleráveis.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente Estudo de Análise de Riscos foi elaborado para as instalações da Usina Termelétrica da Brasil Bio Fuels localizada em Tefé - AM. O principal objetivo do estudo foi avaliar os riscos para a população externa presente no entorno da empresa.

A Usina não armazena ou manipula nenhuma substância tóxica e/ou inflamável, de acordo com a metodologia de classificação da Norma P4.261/2003 da CETESB.

As hipóteses acidentais foram identificadas através da técnica APP – Análise Preliminar de Perigos. O perigo mais crítico identificado, refere-se à explosão da caldeira, com lançamento de fragmentos.

Para avaliar o impacto do lançamento de fragmentos foi utilizada a metodologia de cálculo de Míssil apresentada no AIChE/CCPS, 2000. Após os cálculos chegou-se a uma distância atingida de 862 metros pelos fragmentos da caldeira. Estes fragmentos atingem a Estrada da EMADE e 6 (seis) residências no entorno da UTE.

Desta forma, foi calculada a freqüência de ocorrência da hipótese acidental de explosão de caldeira com base na taxa de falha de vasos de pressão. Tendo o alcance dos fragmentos e a freqüência de ocorrência do cenário acidental foi o risco social e individual da UTE, sendo os mesmos comparados com os critérios estabelecidos na Norma CETESB P4.261.

Os resultados obtidos demonstraram que tanto o risco social quanto o risco individual são plenamente toleráveis segundo os critérios preconizados na referida Norma CETESB.

Independente disto foram elencadas algumas recomendações que devem ser implementadas, de forma se realizar o gerenciamento do risco, tornando-o sempre aceitável:

R1)Realizar procedimentos de inspeção e manutenção periodicamente;
R2) Avaliar e Assegurar o cumprimento dos procedimentos de serviço;
R3)Treinar os operadores envolvidos na montagem das instalações e procedimentos operacionais;
R4)Rever Instrução de Trabalho sempre que houver modificação de equipamentos, procedimentos operacionais e quando se fizer necessário;
R5)Rever procedimentos operacionais, quando de alteração na instalação;
R6) Elaborar Plano de Gerenciamento de Riscos e Plano de Ação de Emergência.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE). Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. 2. Ed. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 2000.
- CETESB – Manual de Orientação para Elaboração de Estudos de Análise de Riscos, Maio 2003.
- ITSEMAP ESPANHA SERVIÇOS TECNOLÓGICOS MAPFRE. QUANTOX – Revisão 3.0.3. Madrid, 2008.
- TNO. CPR 18 E: Guidelines for quantitative risk assessment: "Purple Book". 1. Ed. Committee for Prevention of Disasters, 1999.

9. EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

- Químico Ricardo R. Serpa — CRQ: 4244537, REG. IBAMA 214691

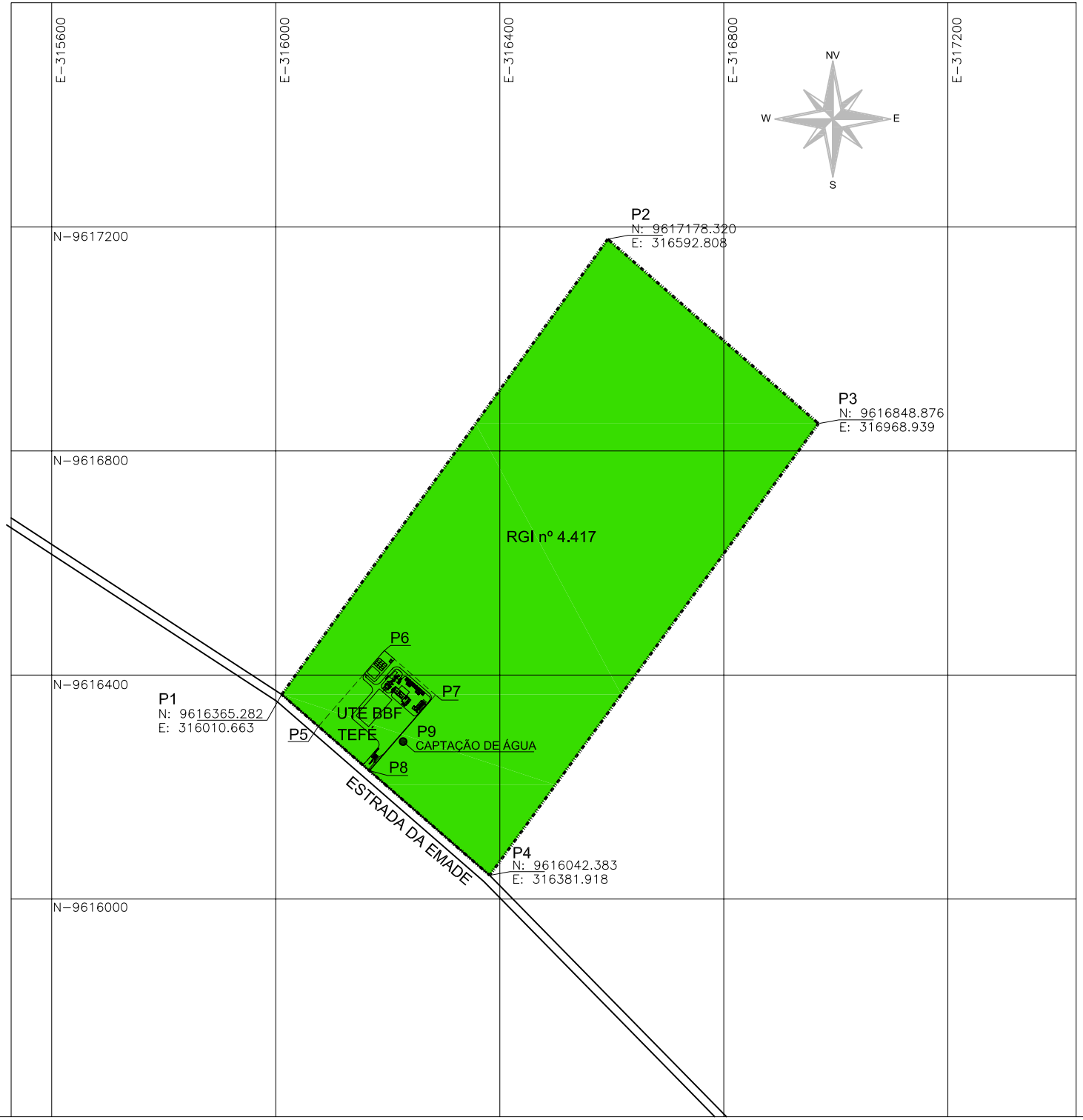
Coordenação Adjunta

- Engº Químico Tiago do Monte Correa Novo — CREA: 5062115462/D, REG. IBAMA 662545

ANEXOS

ANEXO I

LAY OUT GERAL



COORDENADAS UTM
P1 - N: 9616365.282 E: 316010.663
P2 - N: 9617178.320 E: 316592.808
P3 - N: 9616848.876 E: 316968.939
P4 - N: 9616042.383 E: 316381.918
P5 - N: 9616308.2869 E: 316076.1935
P6 - N: 9616443.7462 E: 316194.0095
P7 - N: 9616364.4101 E: 316285.2268
P8 - N: 9616229.3657 E: 316166.9338
P9 - N: 9616281.1869 E: 316227.4122

COORDENADAS SIRGAS 2000
UTE - P5 - N: 9616269.46846 E: 316071.71893
POÇO - P9 - N: 9616242.36846 E: 316168.93784

LEGENDA:

- DIVISA DO TERRENO
- ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DA UTE
- AREA DO TERRENO
- POÇO - CAPTAÇÃO DE ÁGUA

ESCALA: 1:10000

0 50 100 200 400

PROJEÇÃO UTM
WGS 84
FUSO 20

BRASIL BIO FUELS S/A

Planta Georreferenciada
USINA TERMELÉTRICA BBF TEFÉ (UTE)

Endereço: Estrada da EMADE, Km 11, n.:9905
Macrozona Rural Novo Horizonte, Tefe - AM

Área Total: 500.000 m²

Data 02/03/2010

REV.
00

ANEXO II

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS - APR

APP – ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS					
Empresa: Usina Termo Elétrica de Tefé			**Atividade:** Caldeira de Biomassa		**Data:** 28/06/2010
Referência: Memorial Descritivo Caldeira			**Fase:** Implantação e Operação.		**Folha:** 1/1
Nº de Ordem	**Perigo**	**Causas**	**Efeitos**	**Categorias** **Severidade**	**Observações (O) / Recomendações (R)**
1	Explosão da Caldeira por Acúmulo de Vapor	Explosão da câmara de combustão por falha mecânica ou operacional de componentes de modo a promover excesso de gás	▪ Danos pessoais; ▪ Projeção de Fragmentos; ▪ Danos ao meio ambiente.	III	R1)Realizar procedimentos de inspeção e manutenção periodicamente; R2)Avaliar e Assegurar o cumprimento dos procedimentos de serviço; R3)Treinar os operadores envolvidos na montagem das instalações e procedimentos operacionais; R4)Rever Instrução de Trabalho sempre que houver modificação de equipamentos, procedimentos operacionais e quando se fizer necessário; R5)Rever procedimentos operacionais, quando de alteração na instalação; R6) Elaborar Plano de Gerenciamento de Riscos e Plano de Ação de Emergência. O1)As caldeiras possuem instrumentação e automação para controle da pressão dos mesmos, além das válvulas de segurança (PSV's)