



JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.

TPP – COMPANHIA TERMELÉTRICA DO  
PLANALTO PAULISTA

13-011-Ejpe-1800

## ANÁLISE DE RISCOS

### VOLUME V

Distribuição:

SMA	6
PREFEITURA PAULÍNIA	1
TPP	1
JPE	<u>1</u>
	9

Rev.	Data	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.

	<b>ÍNDICE</b>	<b>página</b>
	<b>VOLUME V - ANÁLISE DE RISCOS</b>	
I	ANÁLISE DE RISCOS	4
1	DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES	4
1.1	Localização	4
1.2	Dados Climatológicos	4
1.3	Descrição do Processo de Geração de Energia	6
1.4	Combustíveis Utilizados	13
1.5	Mão de Obra e Período de Funcionamento	13
1.6	Sistemas de Segurança	13
1.7	Emissões Previstas	14
1.8	Efluentes Líquidos	17
1.9	Resíduos Sólidos	24
1.10	Sistema de Abastecimento de Água	25
2	DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS	27
3	IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS PERIGOSOS	31
3.1	Análise Preliminar de Perigos	31
3.2	Descrição da Técnica	31
3.3	Aplicação da Técnica	35
3.4	Hipóteses Acidentais	45
3.5	Conclusão	45
4	ANÁLISE DOS REGISTROS DAS OCORRÊNCIAS ANORMAIS (ROA'S)	45
4.1	Análise do MHIDAS	47
5	ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIAS	51
5.1	Introdução	51
5.2	Modelo	51
5.3	Cenário Acidental	51
5.4	Resultados das Simulações	52
5.5	Vulnerabilidade	56
5.6	Resultados das Simulações da Vulnerabilidade	56
5.7	Efeito Dominó	58

6	MEDIDAS MITIGADORAS	61
6.1	Introdução	61
6.2	Medidas Mitigadoras Gerais	61
6.3	Medidas Mitigadoras Específicas	62
7	PLANO DE GERENCIAMENTO DE RISCO	63
7.1	Introdução	63
7.2	Diretrizes do Plano	63
8	CONCLUSÕES	64
9	PLANO DE EMERGÊNCIA	65
9.1	Diretrizes do Plano de Ação de Emergência	65
	ANEXOS	
I	Modelos de Cálculo de Consequências	
II	Simulações	

## **I ANÁLISE DE RISCO**

Com o aumento das unidades produtivas e conseqüentemente dos perigos em instalações industriais, fez-se necessário estudar o problema de segurança/meio ambiente utilizando-se de técnicas de prevenção e de proteção.

Para atender essa nova necessidade desenvolveu-se uma metodologia de análise de risco que, por convenção, está sendo utilizada internacionalmente pela grande maioria de empresas na área industrial. Com relação ao meio ambiente, estabeleceram-se procedimentos técnicos para obtenção de licenças de construção e operação de novos empreendimentos. Como parte integrante destes procedimentos está a Análise de Riscos.

O desenvolvimento do Estudo de Análise de Risco apresenta inicialmente uma descrição geral do empreendimento como base para a análise propriamente dita quanto aos riscos potenciais de incêndio, explosão e emissões tóxicas em determinado raio de influência. A análise de vulnerabilidade e de conseqüências relaciona-se aos efeitos danosos dos riscos aos materiais e ao homem.

O estudo encontra-se detalhado a seguir.

### **1 DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES**

#### **1.1 Localização**

A Termelétrica do Planalto Paulista – TPP, será implantada junto a REPLAN – Refinaria de Paulínia, no município de Paulínia, Estado de São Paulo.

#### **1.2 Dados Climatológicos**

Neste item, são apresentadas as principais características climáticas da região de Paulínia/SP em que será instalada a Termelétrica da TPP.

As características climáticas foram obtidas a partir da Estação Meteorológica instalada nas dependências da REPLAN, onde foram levantadas as médias anuais apresentadas para pressão atmosférica, temperatura ambiente e umidade relativa do ar. Esses valores médios foram coletados no período de dezembro de 1986 a dezembro de 1994.

- Pressão atmosférica

- . Valor médio: 711,4 mmHg
- . Valor mínimo: 705,5 mmHg
- . Valor máximo: 718,7 mmHg

- Temperatura ambiente
  - . Valor médio: 22,0°C (bulbo seco Tbs)
  - . Variação da temperatura de bulbo seco: 3 a 38°C
  - . Valor médio: 15,1°C (bulbo úmido - Tbu)
  - . Variação da temperatura de bulbo úmido: 3 a 37°C
- Umidade relativa
  - . Valor médio anual: 72%
- Ventos

Com relação as médias mensais não apresentam significativas oscilações nos valores dos meses analisados, registrando um valor menor de velocidade média de 1,93 m/s para o mês de junho e um valor maior da velocidade média de 2,87 m/s em outubro, conforme dados da REPLAN. No entanto, as velocidades máximas médias são importantes para o estudo de análise de risco.

As Tabelas 1.2-1 e 1.2-2 e a Figura 1.2-1, apresentam informações referentes aos ventos, nas proximidades da área em estudo.

**Tabela 1.2-1 - Velocidade Máximas Médias dos Ventos**

Anos	Velocidade máxima média anual (m/s)
1991	7,83
1992	8,80
1993	8,07
1994	8,19
média máxima no período	8,20

Fonte: Estação Meteorológica da REPLAN

Período: 1991 a 1994

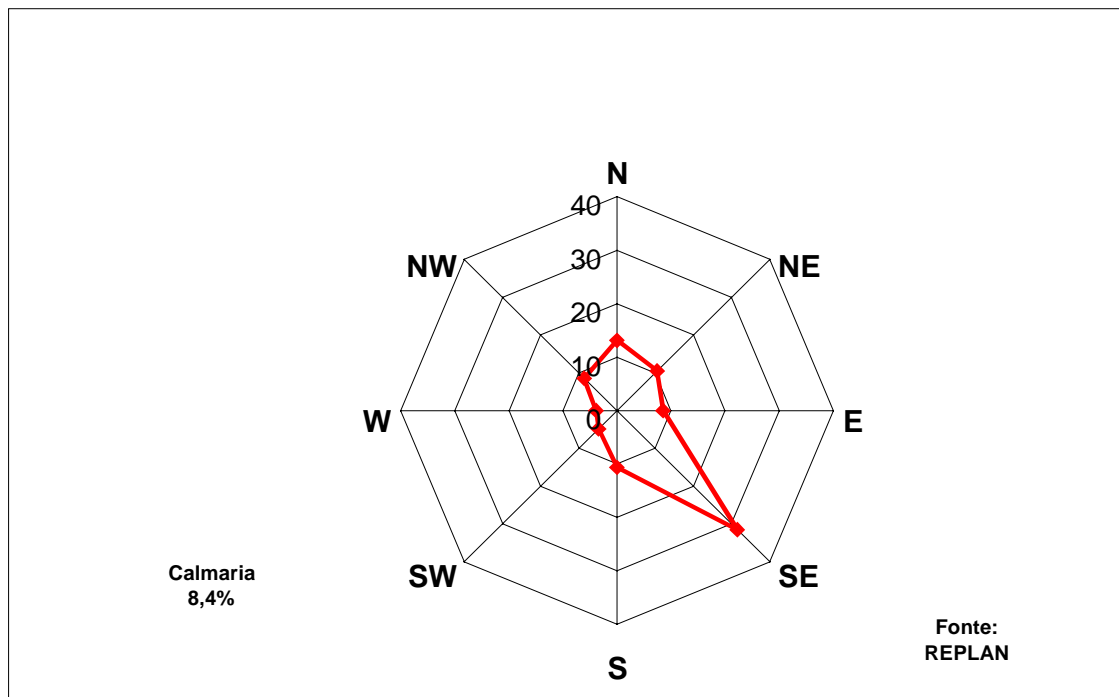
**Tabela 1.2-2 - Direção dos Ventos**

Direção	Frequência(%)
N	13,3
NE	10,6
E	8,6
SE	31,9
S	10,8
SW	4,9
W	3,9
NW	8,6
C	8,5

Fonte: Estação Meteorológica da REPLAN

Período: Dez./1986 a Dez./1994

**Figura 1.2-1 – Predominância da direção dos ventos de acordo com os dados da REPLAN.**



### 1.3 Descrição do Processo de Geração de Energia

A usina termelétrica a ser implantada pela TPP em Paulínia, no estado de São Paulo, terá capacidade de geração de 650 MW de energia elétrica e utilizará como combustível o gás natural proveniente da Bolívia. Essa termelétrica trabalhará em ciclo combinado, ou seja, integrando turbinas a gás e um ciclo água/vapor (caldeiras e turbinas a vapor). Este sistema é um dos mais eficientes métodos de produção de energia e calor hoje disponíveis no mercado.

O processo básico de geração de energia em usinas termelétricas em ciclo combinado apresenta uma série de alternativas técnicas e operacionais que influem diretamente no balanço Eficiência Global x Investimento. Os resultados desses estudos favoreceram as usinas com configuração 3x1, isto é, três turbinas a gás de aproximadamente 450 MW, acopladas a uma turbina a vapor de 200 MW, perfazendo o total de 650 MW. O arranjo geral do sistema é mostrado no layout da Figura 1.3-1 a seguir.

**Figura 1.3-1 – Lay out da Usina Termelétrica**

### 1.3.1 Turbina a Gás em Ciclo Simples

Uma turbina a gás consiste basicamente de três elementos dispostos em série: um compressor, um combustor e a turbina propriamente dita.

Em linhas gerais, o funcionamento desse equipamento dá-se da seguinte forma:

O ar é inicialmente comprimido no compressor e injetado, a pressão e temperatura mais altas, no combustor. Neste, o combustível é queimado em mistura com o ar, numa proporção de cerca de 1:60, formando um gás a temperaturas superiores a 1 000°C, e pressões elevadas. Passando à turbina, esse gás sofre expansão, fazendo girar o seu eixo que, assim, recebe potência mecânica suficiente para acionar o compressor e, ainda, acionar um gerador elétrico. Este sistema é denominado Ciclo Simples e pode ser visualizado na Figura 1.3.1-1.

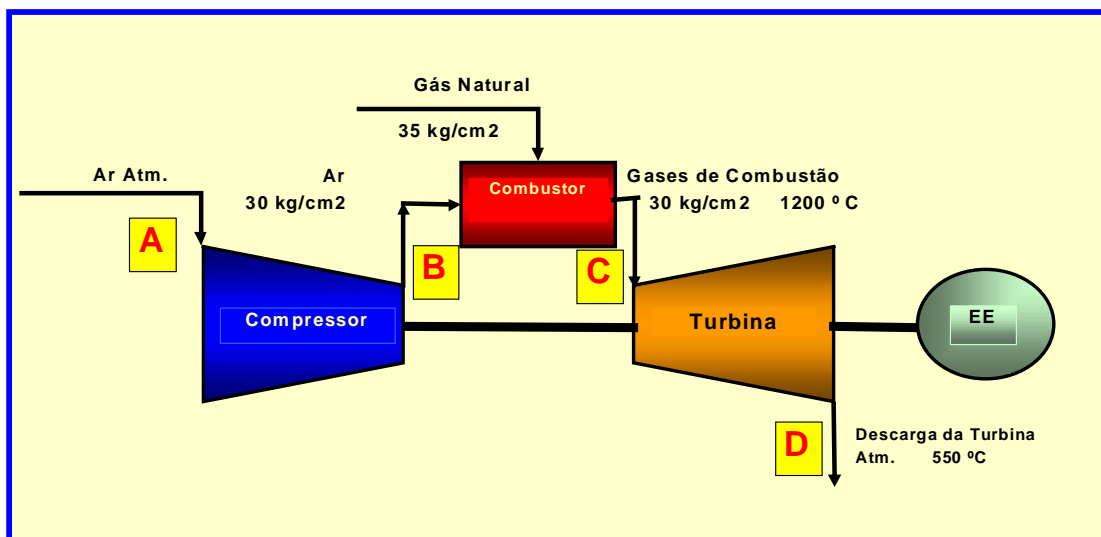
Embora as configurações e o número de estágios da turbina e do compressor possam variar, o ciclo básico de operações é sempre o mesmo, ou seja, uma compressão, o aquecimento do gás e sua expansão. Este ciclo é denominado, termodinamicamente, Ciclo de Brayton.

Em termos tecnológicos, as turbinas a gás são equipamentos bastante simples, com custo de manutenção reduzido, alta confiabilidade, vida útil longa e boa flexibilidade em termos de uso com diferentes combustíveis.

No entanto, no ciclo simples, conforme exposto acima, os gases quentes, após a expansão da turbina, são exauridos ainda a altas temperaturas (450 a 550°C), de maneira que o calor ainda disponível, bastante significativo, acaba não sendo aproveitado. As perdas relativamente altas, ligadas a uma baixa eficiência de produção elétrica de turbinas a gás operando em ciclo simples (da ordem de 35%), inibem a adoção deste ciclo para geração de energia elétrica em grande escala. Nesse sentido, o ciclo combinado, descrito a seguir, aparece como alternativa particularmente interessante, basicamente por aproveitar o calor perdido, aumentando a eficiência do processo como um todo.



**Figura 1.3.1-1 - Diagrama Típico de Turbina a Gás em Ciclo Simples**



### 1.3.2 Turbinas a Gás e Turbinas a Vapor em Ciclo Combinado

O conceito básico do ciclo combinado consiste na conjugação do já mencionado Ciclo de Brayton com o ciclo de vapor, denominado, termodinamicamente, Ciclo de Rankine.

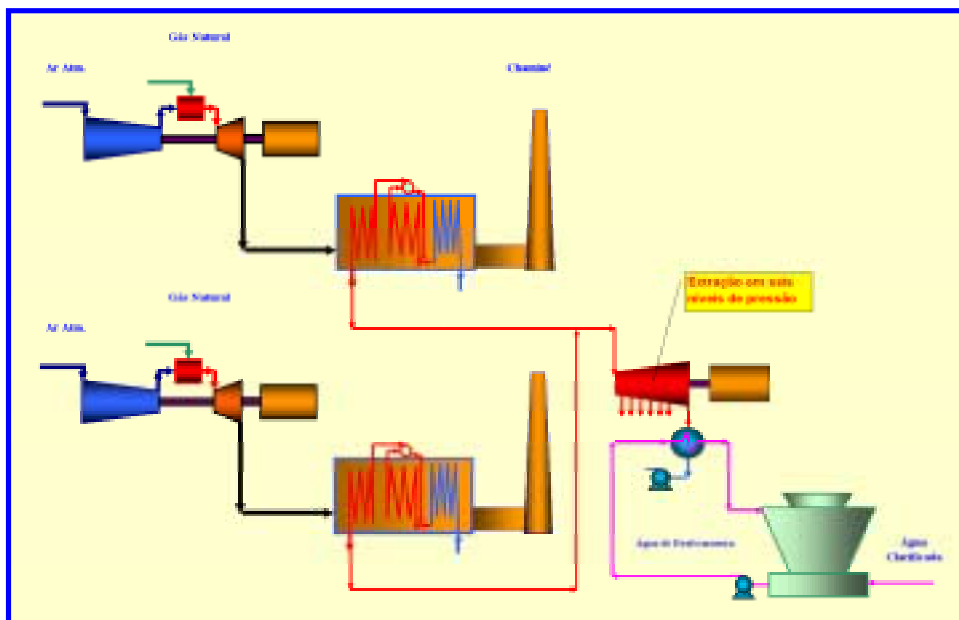
Em termos práticos, essa conjugação consiste em passar os gases quentes de exaustão da turbina a gás por uma caldeira de recuperação. Esta caldeira gera vapor de alta pressão superaquecido que aciona um ou mais turbogeradores a vapor.

O vapor expandido e, portanto, a uma pressão mais baixa, é condensado em condensadores e o retorno para o desaerador térmico, e posteriormente é bombeado para a caldeira de recuperação. Um esquema típico de um ciclo combinado é mostrado na Figura 1.3.2-1.

Essa recuperação do calor dos gases quentes da saída da turbina a gás pode incrementar em até 15% a eficiência global do processo que, assim, atinge valores de eficiência da ordem de 50%. O aumento na potência gerada é obtido pela inclusão da turbina a vapor, portanto, não representa consumo adicional de combustível.

As turbinas a vapor empregadas na geração termelétrica em ciclo combinado são praticamente as mesmas utilizadas no Ciclo Rankine convencional, com algumas modificações, de forma a adequá-las às exigências do ciclo combinado.

**Figura 1.3.2-1 - Diagrama Típico de Um Ciclo Combinado**



As principais características técnicas, operacionais e econômicas das usinas de ciclo combinado são as seguintes:

- A eletricidade é produzida normalmente em geradores distintos ligados respectivamente a cada turbina (a gás e a vapor);
- Nos ciclos combinados, apesar do aproveitamento dos gases quentes, o ciclo dos gases permanece aberto, com a descarga dos mesmos para a atmosfera após sua passagem através da caldeira de recuperação. No entanto, neste caso, a temperatura dos gases exauridos para o ambiente é bem menor, variando, em função do combustível empregado, entre 60 e 120 °C.
- O ciclo de vapor, por sua vez, é normalmente fechado. Após acionar a turbina, o vapor passa por um condensador, sendo então reaproveitado como água de alimentação da caldeira de recuperação.
- Apesar de o investimento específico da usina de ciclo combinado ser mais alto que o das usinas a ciclo simples, seu valor absoluto ainda pode ser considerado baixo, comparado ao requerido pelas usinas termelétricas convencionais.
- As usinas termelétricas a ciclo combinado, em função do próprio aspecto independente das unidades de turbinas a gás e a vapor que as compõem, podem ter sua implantação e operação escalonadas. Em outras palavras, as turbinas a gás, que, normalmente, são entregues em prazo mais curto, podem ser postas em operação a ciclo simples com antecedência, enquanto a turbina a vapor e o ciclo combinado estão sendo instalados.

### 1.3.3 Critérios Específicos de Projeto

Os dados básicos do projeto da TPP são apresentados a seguir especificados na Figura 1.3.3-1 – Diagrama do Balanço Térmico.

Capacidade total da Planta	650 MW
Rendimento total bruto	51%
Combustível principal	Gás Natural
Poder Calorífico Inferior (PCI)	9 058 kcal/Nm <sup>3</sup>
Consumo de combustível (100 % capacidade)	3 000 000 Nm <sup>3</sup> /dia

#### Turbina a gás

Quantidade	3
Potência total	450 MW
Consumo de combustível (PCI)	392,21 x 10 <sup>6</sup> kcal/h
Vazão de gases de exaustão	437 kg/s
Temperatura dos gases de exaustão da turbina	587 °C
Temperatura de gases de exaustão da caldeira de recuperação	84,5 °C

#### Gerador de turbina a gás

Quantidade	3
Frequência	60 Hz

#### Caldeira de recuperação de calor

Quantidade	3
Altura da chaminé	38,1 m

#### Turbina a vapor

Quantidade	1
------------	---

#### Gerador de turbina a vapor

Quantidade	1
Refrigeração	água, torre úmida
Água de reposição	145 kg/s
Água de “blow-down”	27 kg/s

**Figura 1.3.3-1 – Diagrama do Balanço Térmico**

## **1.4 Combustíveis Utilizados**

O combustível para a usina da TPP será o gás natural proveniente da Bolívia através de gasoduto distribuído pela COMGÁS. As características principais dos produtos utilizados na Termelétrica serão apresentadas no capítulo 2. O óleo diesel será utilizado como combustível de emergência, em situações onde não seja possível resolver de outra forma. No entanto, a utilização deste não é recomendável, incorrendo em custo e desgaste dos equipamentos, prejudicando o processo de geração de energia. A seguir é apresentada a caracterização geral dos combustíveis.

### **1.4.1 Gás Natural**

O gás natural será proveniente da Bolívia através de ramal do Gasoduto Bolívia - Brasil. As reservas provadas de gás natural na Bolívia perfazem um total de 107,9 bilhões de m<sup>3</sup>, enquanto as reservas prováveis e possíveis somam 70,4 bilhões de m<sup>3</sup>. Assumindo um fator de capacidade médio de 70%, a TPP, com capacidade de 650 MW em ciclo combinado, demandará cerca de 12 bilhões de m<sup>3</sup> num horizonte de 20 anos.

### **1.4.2 Óleo Diesel**

O óleo diesel será utilizado como combustível alternativo (3.000 t/dia), fornecido à TPP por meio de oleoduto localizado em “piperack” da REPLAN e armazenado em tanque com capacidade para 4 horas nas dependências da termelétrica.

## **1.5 Mão-de-Obra e Período de Funcionamento**

A TPP deverá operar em regime contínuo com 32 funcionários diretos.

## **1.6 Sistemas de Segurança**

Os seguintes sistemas de segurança serão instalados na TPP em Paulínia:

- Sistema de Aquecimento e Ventilação

Haverá um sistema de aquecimento elétrico acoplado aos geradores, turbinas e auxiliares para manter as temperaturas durante a partida da Termelétrica e para manter os níveis de umidade durante as paradas e, também, para manter a temperatura ambiente entre 32 e -29°C durante os períodos de espera (“standby”). A ventilação de compartimentos será acionada durante a operação.

- Sistema de Proteção contra Incêndio

Esse sistema será composto de sistema fixo e de extintores manuais. Serão instalados detectores de temperatura fixos para fogo na turbina a gás, nos compartimentos de atomização gás/ar e no tunel #2 que acionará o sistema de CO. O sistema será projetado para atender as exigências do “National Fire Protection Agency” - NFPA #12, que recomenda o tempo inferior a 1 minuto para extinção do fogo. Os extintores manuais serão dispostos na usina conforme instruções da ABNT NBR 12693.

- Iluminação de Emergência

Será instalado um sistema de iluminação de emergência acionado por bateria em corredores e salas principais. O compartimento da turbina não é iluminado.

- Sistema de Controle da Planta

A Termelétrica será supervisionada pelo sistema SCADA (“Supervisory Control Data Acquisition”). Esse sistema também será utilizado como sistema de proteção para aqueles equipamentos de potência controlados diretamente pelo SCADA. O suprimento redundante de energia garantirá o funcionamento contínuo da Termelétrica. O sistema SCADA também monitora os alarmes do sistema de proteção contra incêndio.

- Treinamento de Segurança

Todos os funcionários administrativos, de manutenção e operadores serão treinados periodicamente para observar e manter os aspectos de segurança da TPP.

## **1.7 Emissões Previstas**

Neste item é apresentada a previsão das emissões atmosféricas e ruído com base nas seguintes condições:

- 1) Gás natural combustível atenderá a especificação já apresentada;
- 2) Testes e ajustes do sistema serão conduzidos de acordo com o Procedimento Padrão de Testes de Campo para atendimento à Legislação sobre Emissões (Padrões Primário e Secundário da Resolução CONAMA 003/90);
- 3) As emissões são em uma média de 1 (uma) hora;
- 4) Faixa de temperatura de “inlet” do compressor de 0 °C a 38 °C;
- 5) Pressão do ar ambiente de 710 mmHg;
- 6) Operação da turbina a gás a carga básica.

- Emissões Atmosféricas

As seguintes garantias de emissão estão sendo dadas pelos fornecedores do equipamento:

- NO<sub>x</sub> (15% de O<sub>2</sub> em base seca)

. 19,96 g/s para gás natural

. 43,2 g/s para óleo diesel

Na Tabela 1.7-1 abaixo estão indicadas as emissões aéreas previstas:

**Tabela 1.7-1 - Emissões atmosféricas previstas pelos fornecedores dos equipamentos**

ITEM	DADOS	
	Gás natural	Óleo diesel
Altura da chaminé (m)	38.1	38.1
Diâmetro da chaminé (m)	5.6	5.6
Velocidade do gás na chaminé (m/s)	18.14	21.7
Temperatura dos gases na chaminé (°C)	84.6	141.6
Vazão (1000 kg/h)	1573.9	1619.0
NO <sub>x</sub> (g/s)	30.0	43.2
CO (g/s)	20	27.2(3)
SO <sub>2</sub> (g/s)	2.85(1)	65.85(2)
SO <sub>3</sub> (g/s)	---	4.35(2)
HC como CH <sub>4</sub> (g/s)	2.5	2.6
Material particulado (g/s)	2.0	3.0

(1) Calculado com base em 110 mg/Nm<sup>3</sup> de gás natural contendo o limite máximo de Enxofre

(2) Calculado para óleo diesel com 0.3% de Enxofre, baseado na informação da GE para óleo diesel com 0.2% de Enxofre

(3) estimado

A proposta da TPP apresentada acima, considera a possibilidade de variação das condições ambientais, aumentando a garantia das emissões e o intervalo dos valores para alguns parâmetros.

O sistema de DLN da GE tem níveis de emissão de poluentes extremamente baixos, atendendo a regulamentação atual, estando preparado para limites mais restritos que possam ser adotados futuramente.

Os sistemas de DLN da GE integram um estágio de pré-mistura no combustor, controladores “SPEEDTRONICTM” da turbina a gás, combustível e sistemas associados. Existem duas medidas principais de desempenho:

- a primeira é satisfazer o nível de emissão requerido, tanto na operação da turbina com gás natural ou com óleo combustível controlando a variação desses níveis com a oscilação de carga da turbina a gás;
- a segunda é a operacionalidade do sistema enfatizando a confiabilidade no modo de operação da máquina, habilidade de carga e descarga sem restrições e a capacidade de se alternar de um combustível para outro com resposta rápida do sistema.

Este sistema já opera em mais de 145 máquinas, acumulando um total de mais de um milhão de horas de operação. Mais de 200 sistemas já foram colocados em operação, embarcados ou encomendados. Com este sistema a GE é a única fabricante com máquinas de tecnologia F operando com emissão de NOx abaixo de 25 ppmvd.

Para estas turbinas a gás, classe 7FA, o sistema utilizado é o Sistema DLN-2 da GE. O sistema de combustão de DLN-2 é um combustor de duplo módulo e simples estágio, que pode ser operado com combustível gasoso ou líquido. Com gás, o combustor opera de modo difuso à baixas cargas (< 50%) e de modo pré-misturado à altas cargas (> 50%). Apesar do combustor ser capaz de operar de modo difuso de acordo com a carga, é necessário a injeção de solventes para redução da emissão de NOx. Na operação com óleo, o combustor está em modo difuso para qualquer variação de carga, com injeção de solventes para controlar a emissão de NOx.

#### Métodos de Controle de Emissão

Existem três métodos para controlar as emissões da turbina a gás:

- . injeção de solvente, como água ou vapor, na zona de combustão;
- . limpeza catalítica de NOx e CO na exaustão da turbina a gás;
- . projetar o combustor limitando a formação de poluentes na zona de combustão utilizando uma tecnologia de queima com pré-mistura de ar.

Este último método inclui combustor de DLN e combustor catalítico. A GE tem considerável experiência nos três métodos.

- Ruído

#### **- Fase de Implantação**

As emissões durante a fase de implantação do empreendimento deverão consistir na emissão de ruído proveniente das atividades de movimentação de terra, tráfego de caminhões, operações com tratores pesados, britadeiras, compressores e montagem de equipamentos.

As emissões de ruído variam conforme as operações e ritmo de desenvolvimento das obras de implantação, mas em princípio, varia na faixa de 70 a 100 dB<sub>A</sub> para as operações em referência.



### - Fase de Operação

Os níveis de pressão de sons (Sound Pressure Levels - SPT) internos/externos não deverão exceder 95 dB<sub>A</sub> quando medidos a 1 metro do plano horizontal e 1,5 metro em altura, ou seja acima da máquina ou equipamento em questão operando em carga base, sendo previstos os seguintes níveis:

- . 95 dB<sub>A</sub> a 1 metro de distância e 1,5 metro acima da base do equipamento
- . 67 dB<sub>A</sub> a 122 metros de distância e 1,5 metro acima da base do equipamento

Estes valores atendem ao previsto na norma ABNT NBR 10151 e referem-se às operações de turbina a gás nas condições de carga básica, uso de gás natural, temperatura ambiente de 0 a 38 °C e pressão atmosférica de 710 mmHg.

A metodologia adotada para estes valores está baseada no procedimento da ANSI/ASME PTC-36-1985. Se o limite ultrapassar não mais que 10 dB<sub>A</sub> será considerado aceitável.

Ultrapassando este limite, medidas deverão ser tomadas de acordo com o especificado na norma mencionada.

Os valores de ruídos distantes dos equipamentos da planta de ciclo combinado não deverão exceder 67 dB<sub>A</sub> quando medidos a 122 metros dos limites da central.

Para ruídos distantes a metodologia adotada está baseada na norma ANSI B133.8 e seus procedimentos.

## 1.8 Efluentes Líquidos

Na termelétrica serão gerados dois tipos de efluentes: industriais, que serão integrados no sistema de tratamento da ETDI - Estação de Tratamento de Despejos Industriais da REPLAN e, domésticos, decorrentes dos sanitários e refeitório tanto da fase de implantação como de operação do empreendimento, que serão enviados para um sistema tanque séptico/filtro anaeróbio.

### 1.8.1 Efluentes Industriais

A operação de uma usina Termelétrica gera certa quantidade de efluentes líquidos, os quais serão basicamente proveniente das seguintes áreas:

- Purga da Torre de Resfriamento
- Sistema de Desmineralização: A água utilizada dentro das caldeiras para gerar o vapor deve ser desmineralizada previamente, ou seja, os sais dissolvidos na água devem ser retirados.
- Águas Contaminadas com Óleo: Provenientes das diversas áreas ou equipamentos que utilizam óleo;
- Efluentes do Laboratório;
- Purga de Caldeira – (blow-down);
- Efluentes Sanitários.

As características dos efluentes industriais estimados da TPP são:

- |                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| - Vazão                      | 117 m <sup>3</sup> /h |
| - Temperatura                | <42,5 °C              |
| - pH                         | 7 – 9                 |
| - sólidos suspensos          | 100 ppm               |
| - sólidos totais dissolvidos | 750 ppm               |

Os efluentes da torre de resfriamento, purga de caldeira, da desmineralização e lavagem de pisos, uma vez reunidos apresentam-se com sais dissolvidos, óleos e temperatura, que devem se adequar ao permitido pela legislação para emissão no corpo receptor - Artigo 18 do Decreto Estadual 8.468/76. Estes efluentes passarão por tratamento físico e biológico na estação de tratamento existente na REPLAN.

Portanto, os efluentes líquidos da TPP serão destinados à ETDI – Estação de Tratamento de Despejos Industriais da REPLAN, conforme a Portaria DAEE 58, de 27/06/94, a qual determina permissão para lançamento de efluentes no rio Atibaia.

O sistema da REPLAN foi projetado para tratar até 1000 m<sup>3</sup>/h, e atualmente trabalha com 750 m<sup>3</sup>/h; significando uma folga em termos de capacidade de tratamento que poderá absorver a vazão dos efluentes da TPP, de 117 m<sup>3</sup>/h.

O sistema atual da REPLAN divide-se em duas fases:

#### - Separador API

Sistema de separação física para remoção do óleo proveniente do processo de refinação de petróleo. Constitui-se de uma bacia primária e seis piscinas, onde o óleo sobrenadante é removido e enviado para tanques de armazenamento. Este óleo após recuperado, é injetado novamente na carga das unidades de destilação. Qualquer parcela de óleo proveniente da TPP será retido neste sistema.

#### - Sistema Biológico

A pequena porção de óleo que passa pelo separador API é retida na bacia secundária e coletada através de flautas, sendo também este recuperado nas unidades de destilação. Da bacia secundária, o despejo (sem o óleo) entra no sistema de bacias de aeração. Através de microorganismos, os compostos químicos nocivos ao homem são degradados. É o caso de fenóis, sulfetos, amônia, etc. O sistema por aeração traz o benefício adicional de eventual necessidade de rebaixamento da temperatura dos efluentes da TPP. Ressalta-se que temperaturas mais altas (próximas a 40 °C) aumentam a eficiência do tratamento biológico, através das bactérias mesófilas.

O fluxograma da Figura 1.8.1-1 a seguir apresenta um esquema da ETDI da REPLAN.

De acordo com as análises efetuadas para fins deste estudo, o efluente final tratado da REPLAN apresenta-se de acordo com os padrões de emissão da legislação ambiental vigente e após receber os efluentes industriais da TPP, para tratamento em conjunto, continuarão com as mesmas características qualitativas do sistema atual e de acordo com os laudos anexos.

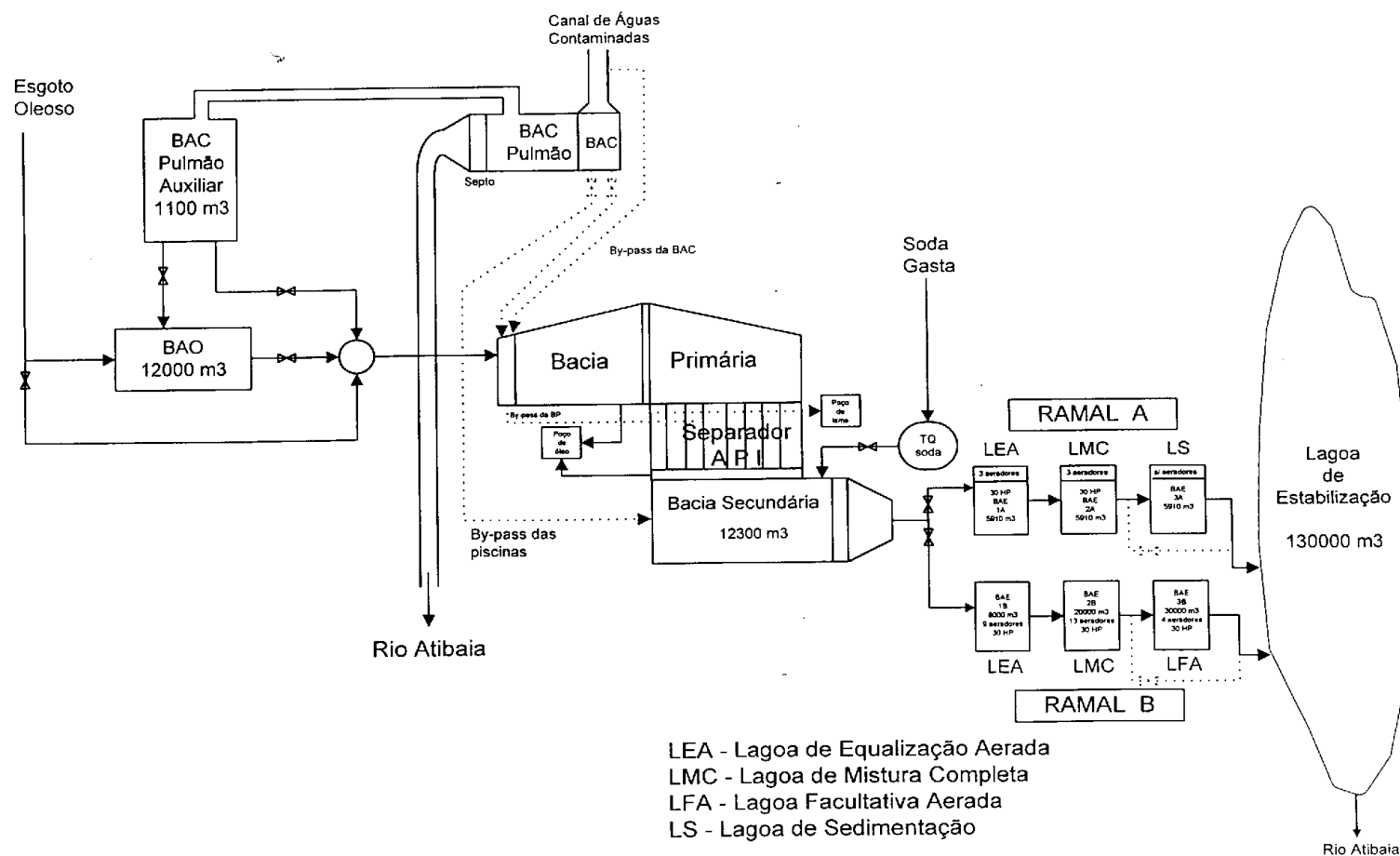
#### 1.8.2 Efluentes Sanitários

Para o tratamento dos efluentes sanitários será utilizado o sistema de tanque séptico e filtro anaeróbio de acordo com a NBR 7229 da ABNT. A decisão por este tipo de tratamento baseia-se no fato da inexistência de sistema de coleta pública e a viabilidade ambiental da eficiência do mesmo, sendo o mais adequado para a fase de implantação, podendo ser reaproveitado na fase de operação do empreendimento.

A saída do efluente final do filtro anaeróbio atenderá os padrões definidos pela legislação ambiental com relação à qualidade de efluente e respectivo descarte no rio Atibaia – corpo receptor local, respeitando-se a classificação do referido corpo d'água e os padrões estipulados pela Resolução Federal CONAMA 20, artigos 5 e 21 respectivamente e a Legislação Estadual Decreto 8.468/76, artigo 18.

Este sistema de tratamento consiste na implantação de tanque séptico + filtro anaeróbio, seguidos de cloração final.

**Figura 1.8.1-1 - Esquema da ETDI da REPLAN.**



Serão encaminhados para o sistema de tratamento o efluente sanitário e de refeitório de ambas as fases do empreendimento. Na fase de implantação está previsto o canteiro de obras que comportará vestiários, sanitários, refeitório e escritórios provisórios, não havendo alojamento para pernoite. Estima-se uma geração média de 80 a 95 l/pessoa/dia de esgoto para esta fase, valor este que tende a diminuir para 70 l/pessoa/dia quando da fase de operação. Nesta última, serão encaminhados para o tratamento, o efluente sanitário e de refeitório das instalações administrativas e operacionais. Não serão lançadas águas pluviais no sistema de tanque séptico.

- Definição do Sistema

Sistema de Tanque Séptico - Conjunto de unidades destinadas ao tratamento e à disposição de esgotos mediante utilização de tanque séptico e unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes e lodo.

Filtro anaeróbio - Unidade destinada a tratamento de esgoto mediante afogamento do meio biológico filtrante.

- Contribuição de despejos

No cálculo da contribuição de despejos, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- . nº de pessoas a serem atendidas;
- . 80% do consumo local de água - em casos plenamente justificados, podem ser adotados percentuais diferentes de 80% e, na falta de dados locais relativos a consumo, são adotadas as vazões e contribuições constantes da Tabela 1 da NBR 7229;
- . Nos prédios em que haja simultaneamente ocupantes permanentes e temporários, a vazão total de contribuição resulta da soma das vazões correspondentes a cada tipo de ocupante.

- Dimensionamento do tanque séptico

O volume útil total do tanque séptico deve ser calculado pela seguinte fórmula:

$$V = 1000 + N ( CT + KLf )$$

Onde:

V = volume útil, em litros

N = nº de pessoas ou unidades de contribuição

C = contribuição de despejos, em litro/pessoa/dia ou em litro / unidade / dia (ver Tabela 1 da NBR 7229);

T = período de detenção (ver Tabela 2 da NBR 7229);

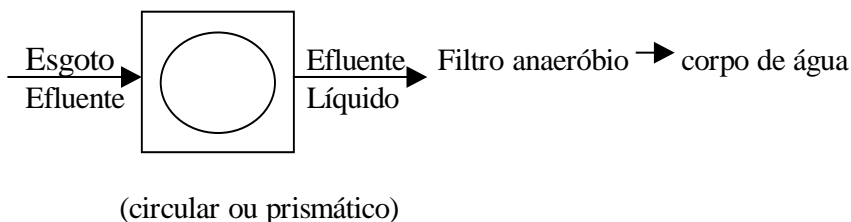
$K$  = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (ver Tabela 3 da NBR 7229).

$L_f$  = contribuição de lodo fresco, em litro / pessoa / dia ou em litro / unidade / dia (Tabela 1 da NBR 7229);

Conforme já apresentado, na fase de implantação haverá um pico de 735, sendo uma média de 400 funcionários durante aproximadamente um ano. Para a fase de operação, são considerados 32 funcionários da equipe direta de O&M e, 12 funcionários da equipe indireta, estes últimos com frequência esporádica de mais ou menos 15 dias.

A seguir é apresentado um esquema geral de funcionamento do tanque séptico de acordo com a Norma acima referenciada.

#### Sistema de tanque séptico – Esquema de Funcionamento Geral



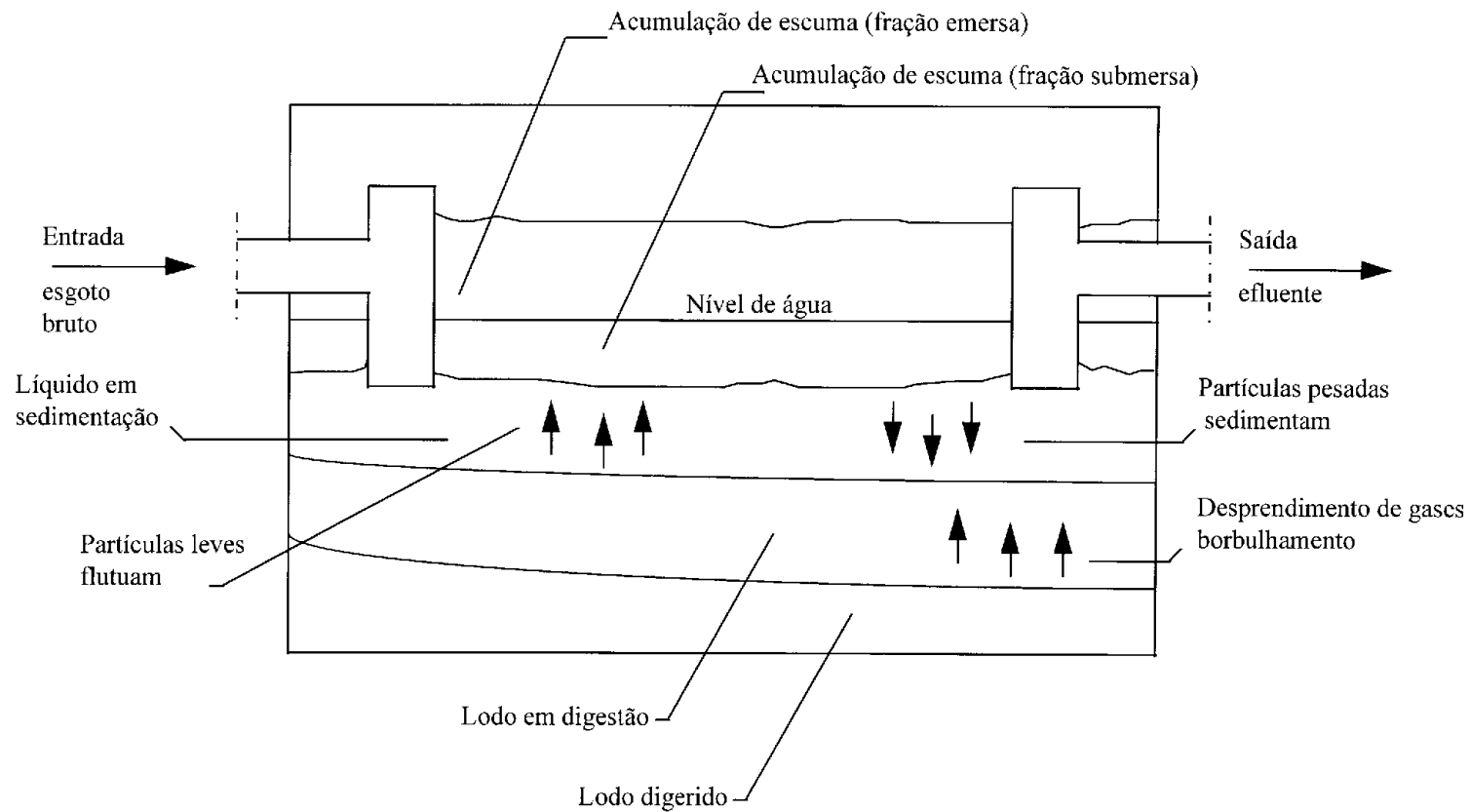
A Figura 1.8.2-1 apresenta um esquema em detalhe das etapas do tratamento do tanque séptico.

#### - Posicionamento do sistema de tratamento

Com relação as distâncias mínimas no terreno, os tanques sépticos devem estar localizados a 1,50 m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água, 3,0 m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água; 15,0 m de poços freáticos e de corpos d'água de qualquer natureza, de acordo com a legislação (NBR 7229). As distâncias mínimas devem ser computadas a partir da face externa mais próxima aos elementos considerados.

Figura 1.8.2-1 - Esquema em detalhe das etapas do tratamento do tanque séptico.

## FUNCIONAMENTO GERAL DE UM TANQUE SÉPTICO



- Taxa de acumulação total de lodo

A taxa de acumulação total de lodo, em dias, é calculada em função do volume de lodo digerido e em digestão, produzidos por usuário, em litros; faixas de temperatura ambiente (°C) e intervalo entre limpezas, em anos.

Considerando-se que na fase de implantação, haverá pico de 735 funcionários envolvidos no empreendimento, há a probabilidade da necessidade de limpezas mais esporádicas, caso oposto à fase de operação, com um número bastante reduzido de funcionários.

O lodo resultante da limpeza do tanque deve ser encaminhado à local apropriado para destinação final, como por exemplo aterro sanitário autorizado a receber este tipo de resíduo.

## **1.9 Resíduos Sólidos**

Serão gerados resíduos sólidos distintos para ambas as fases do empreendimento:

Fase de implantação:

- destocamento dos eucaliptos existentes no terreno;
- embalagens;
- resíduos do refeitório, sanitário e escritório.

Fase de Operação:

- resíduos do processo operacional;
- resíduos do refeitório, sanitário e escritório.

Para uma estimativa de resíduo a ser gerado pelo refeitório, sanitário e escritório na fase de implantação, somando-se o total de pessoas contempladas nos 22 meses, utilizou-se uma média de 400 g/pessoa/dia, considerando-se a permanência dos turnos sem pernoite. Para um total de 7488 pessoas estão previstas aproximadamente 90 t de lixo para o período de implantação (22 meses), ou seja, uma média de 4 t de lixo por mês.

Para o resíduo da destoca do terreno, este poderá ser comercializado localmente, através da venda da madeira. Para embalagens decorrentes dos equipamentos e materiais da usina, estes poderão ser encaminhados para reciclagem e/ou coleta seletiva.

O processo em si de geração de energia elétrica e produção de vapor não deverá gerar nenhum resíduo sólido direto.

Na etapa de operação de forma indireta, não vinculado ao processo, é prevista a geração de 2 tipos de resíduos sólidos, de acordo com a origem:



- administrativo e de refeitório: gerados em escritório e resíduos de refeitório;
- manutenção: compreendendo materiais e peças de refugo utilizados na manutenção, tais como, panos impregnados com óleo, latas de tinta, peças desgastadas, as quais serão dispostas de acordo com a legislação vigente em locais adequados.

O lodo da bacia da torre de resfriamento deverá ser retirado esporadicamente, em intervalos de 2 a 4 anos, e encaminhado após centrifugação para disposição em local adequado.

Em número de funcionários, os resíduos gerados nos escritórios, refeitório e sanitários deverá corresponder à aproximadamente:

48 pessoas	550 g/dia/pessoa	total = 26,4kg/dia ou 9,5 t/ano
------------	------------------	---------------------------------

A destinação dos resíduos acima identificados deverá compor o quadro do Município de Paulínia, o qual apresenta aterro sanitário e sistema de coleta seletiva (vidro, papel e plástico) eficientes, de acordo com informações da Prefeitura Municipal. Não existindo transporte público, este deverá ser efetuado pelo empreendedor, após autorização municipal para disposição dos resíduos no referido aterro. A coleta seletiva/reciclagem deverá ser incentivada pelo empreendedor de forma a compor o quadro da política ambiental do empreendimento, considerando-se que o próprio município apresenta eficiência para o processo.

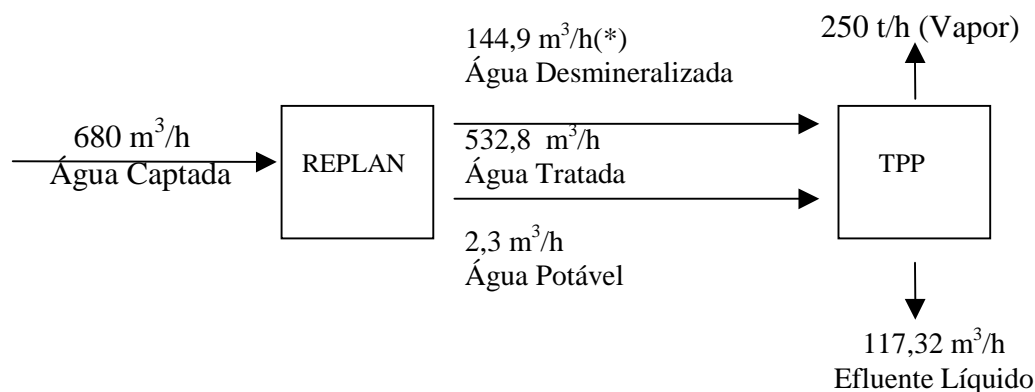
### **1.10 Sistema de Abastecimento de Água**

Deverá ser utilizado o sistema de captação e tratamento de água existente na REPLAN, cuja captação atual é proveniente do rio Jaguari, apresentando outorga de 1 m<sup>3</sup>/s ou 3.600 m<sup>3</sup>/h válida até 2001.

De acordo com os dados fornecidos pelo empreendedor, considerando-se o balanço hídrico com o gás natural e a capacidade máxima dos equipamentos, para o adequado funcionamento da planta nas condições ambientes, será necessária a utilização de 680 m<sup>3</sup>/h.

Portanto, a captação adicional necessária será de 680 m<sup>3</sup>/h, ou 0,19 m<sup>3</sup>/s do rio Jaguari, a qual a REPLAN disponibiliza-se a tratar e fornecer, estando dentro das possibilidades de fornecimento da outorga da REPLAN, conforme acordo da Petrobrás com a TPP através de Carta de Intenções.

De forma similar, a REPLAN efetuará o tratamento adequado dos efluentes produzidos no montante de 117,32 m<sup>3</sup>/h, antes da devolução no rio Atibaia. Neste contexto, o consumo efetivo de água do empreendimento é de 562,68 m<sup>3</sup>/h. O fluxograma a seguir ilustra este balanço de massa preliminar.



O sistema de tratamento de água da REPLAN, que deverá ser utilizado para a TPP, é composto:

- Clarificação: O sistema de tratamento de água da REPLAN possui dois clarificadores do tipo PULSATOR, cada um com capacidade nominal de 950 m³/h. Ainda este ano entrará em operação mais um clarificador, idêntico aos antigos, ficando assim com capacidade nominal total de 2850 m³/h. Sulfato de alumínio é utilizado como agente da floculação.
- Filtração: O sistema possui 6 filtros de areia, cada um com capacidade nominal de 120 m³/h. No total tem-se 720 m³/h nominal.
- Desmineralização: É utilizado o sistema de resinas de troca iônica. Primeiro remove-se cloro, materiais em suspensão e óleos da água nos vasos de carvão ativado, depois a água passa por vasos de resina catiônica, aniônica e por final, leito misto para fazer o polimento da água (utilizada em caldeiras de alta pressão). A capacidade hoje de operação é de 435 m³/h e a nominal de 348 m³/h. Com a partida da caldeira “E” ainda este ano, passará a ter capacidade de operação de 600 m³/h e nominal (contínua) de 480 m³/h.

## 2 DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS

A seguir, apresentam-se as principais propriedades físicas e toxicológicas dos produtos a serem utilizados na Usina Termelétrica: gás natural e óleo diesel.

### - GÁS NATURAL

Propriedades físicas:

Composição:

COMPONENTE	% MOLAR
METANO	91,80
ETANO	5,58
PROPANO	0,97
i-BUTANO	0,03
n-BUTANO	0,02
NITROGÊNIO	0,10
PENTANO	1,42
DIÓXIDO DE CARBONO	0,08

O teor máximo de inertes (dióxido de carbono e nitrogênio) é de 6%.

De acordo com o Regulamento Técnico CNP-23/87 de 01.12.87 e com o Pré-Contrato de Compra e Venda entre a COMGÁS e a TPP é previsto no gás natural um teor máximo de 29 mg/m<sup>3</sup> de gás sulfídrico e de 110 mg/m<sup>3</sup> de enxofre total.

Peso Molecular Médio: 17,367 g/mol (% molar)  
 Densidade Relativa: 0,600  
 Poder Calorífico Inferior: 8.364 kcal / m<sup>3</sup>  
 Viscosidade Absoluta: 0,011 cP  
 Temperatura Máxima: 35°C  
 Pressão: 40,5 a 47,25 kgf/cm<sup>2</sup>

. Limites de inflamabilidade:

SUBSTÂNCIA	LIMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDADE (% vol)	LIMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDADE (% vol)
Gás natural	4,28	13,55
Metano	5,30	14,00
Etano	3,00	12,50
Propano	2,20	9,50

- Classificação de Risco segundo o NFPA:

<u>Categoria</u>	<u>Classificação</u>
Saúde	1
Inflamabilidade	4
Reatividade	0

- Propriedades toxicológicas:

Os principais componentes do gás natural, metano, etano, propano e dióxido de carbono são gases incolores e inodoros. São considerados gases asfixiantes, ou seja, não tem efeitos tóxicos específicos, sendo perigosos devido ao fato de excluírem o oxigênio dos pulmões.

A exposição aguda, que leva em conta a exposição durante “curtas durações” (no máximo expressa em horas) não apresenta nenhum efeito local (ação na área de contato) e apresenta baixo efeito sistêmico (ação em área diferente daquela de contato, pressupondo assim a ocorrência de absorção).

A exposição crônica, que considera a exposição durante longos tempos de duração (no mínimo expressa em dias) não apresenta efeitos locais e apresenta baixo efeito sistêmico.

Os primeiros sintomas produzidos pelos gases asfixiantes são: respiração acelerada, falta de ar, diminuição da capacidade mental, coordenação motora deficiente seguida de repressão das sensações e falha de raciocínio. Instabilidade mental e fadiga sempre ocorrem em pouco tempo e quando a asfixia progride, podem ocorrer náuseas, vômitos, prostração, perda de consciência e finalmente convulsões, coma profundo e morte.

Os gases etano e metano são asfixiantes simples, não alterando em nada as propriedades toxicológicas do gás natural. O propano apesar de, por definição, ser um gás asfixiante e ter propriedades toxicológicas diferentes do metano e etano, não possui uma participação importante, pois, só está presente em 0,97% da composição do gás natural. O metano por possuir uma participação majoritária no gás natural (91,80%) terá a sua propriedade toxicológica representativa como sendo a do gás natural.

- ÓLEO DIESEL

Na TPP será utilizado o óleo diesel veicular como um combustível auxiliar, com especificação atendendo a Portaria DNC nº 32 de 04.08.1997.

A seguir se apresentam as propriedades físico-químicas e toxicológicas do óleo diesel.

. Sinônimos

- .. Óleo combustível 1-D
- .. Óleo combustível 2-D

. Características

- .. Líquido oleoso, marrom amarelado, com odor de óleo combustível ou lubrificante e imiscível com a água.

. Designações Químicas

- .. Família química: hidrocarboneto (mistura)
- .. Fórmula: não pertinente
- .. No ABNT/ONU: 1268 (conforme CETESB)  
1203 (conforme Ministério dos Transportes)

- Riscos de Fogo

. Flash point:

- .. 1-D: 37,8 (vaso fechado)
- .. 2-D: 51,7 (vaso fechado)

. Limites de inflamabilidade no ar: 1,3% - 6%

. Agentes extintores de fogo: pó químico, espuma ou CO<sub>2</sub>; resfriar os recipientes expostos com água

. Agentes extintores de fogo que não devem ser utilizados: a água pode ser ineficaz

. Temperatura de auto-ignição:

- .. 1-D: 176,8 a 329,7°C
- .. 2-D: 254,6 a 285,2°C

. Taxa de queima: 4 mm/min

- Reatividade Química

- . Reatividade com água: não reage
- . Reatividade com materiais comuns: não reage
- . Estabilidade durante o transporte: estável
- . Polimerização: não ocorre

- Poluição Aquática

- . DBO: dado não disponível
- . Potencial de concentração na cadeia alimentar: nenhum

- Classificação de Risco

- . Segundo o NFPA:

<u>Categoria</u>	<u>Classificação</u>
Saúde	0
Inflamabilidade	2
Reatividade	0

- Propriedades Físico-Químicas

- . Estado físico a 15°C e 1 atm: líquido
- . Peso molecular: não pertinente
- . Temperatura de ebulição a 1 atm: 288 a 338°C
- . Temperatura de fusão: dado não disponível
- . Temperatura crítica: não pertinente
- . Densidade do líquido: 0,841, a 16°C
- . Calor de combustão: -10 200 cal/g

- Riscos à Saúde

- . O vapor é irritante para as vias respiratórias; a exposição a concentrações elevadas pode causar náusea, tontura ou desmaio;
- . O líquido é irritante para a pele e os olhos; a ingestão pode resultar em significativos distúrbios orgânicos.

### **3 IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS PERIGOSOS**

A identificação dos eventos perigosos será elaborada por meio da técnica denominada Análise Preliminar de Perigos (APP). Os detalhes da APP estão apresentados a seguir.

#### **3.1 Análise Preliminar de Perigos**

A Análise Preliminar de Perigos (APP) é uma técnica que visa identificar os possíveis perigos que possam ocorrer em uma instalação industrial. Sua aplicação inicialmente concentrada na área militar se estende atualmente por praticamente todas as atividades industriais.

Esta técnica é executada em uma fase preliminar do projeto de tal forma que seja possível a identificação dos possíveis perigos e a elaboração de medidas para minimizá-los, economizando assim tempo e gastos em um eventual replanejamento do projeto ou da planta. Esta técnica ao permitir a avaliação rápida dos perigos terá grande utilidade no direcionamento da aplicação de técnicas de identificação de riscos mais detalhadas que serão aplicadas em fases posteriores da vida útil da planta.

As principais vantagens da Análise Preliminar de Perigos são:

- identificação e conscientização prematura pela equipe de projeto dos perigos potenciais;
- identificação de diretrizes e critérios para serem seguidos no projeto.

Os riscos são classificados utilizando uma metodologia derivada da norma militar americana MIL-STD-882B com o objetivo de se obter uma categorização qualitativa de riscos. Serão estudadas também as consequências de um possível acidente e a probabilidade histórica de ocorrência do mesmo.

#### **3.2 Descrição da Técnica**

A planilha a ser utilizada neste método compõem-se das seguintes colunas:

1ª Coluna - PERIGO: contém os perigos que possam causar dano às instalações, operadores e ao meio ambiente identificados para o sistema em estudo.

2ª Coluna - CAUSAS POSSÍVEIS: são os eventos ou sequência de eventos que dão origem ao perigo.

3ª Coluna - CONSEQUÊNCIAS: degradação de origem humana e/ou material.

5ª Coluna - MEDIDAS PREVENTIVAS: medidas de prevenção e/ou proteção para evitar o evento ou minimizar as suas consequências e que deverão ser estudadas no decorrer do projeto.

7ª Coluna - VALOR DO RISCO: obtido através da combinação entre as duas categorias, consequências e probabilidade, listada a seguir.

VRC (valor de risco crítico): formada pelas combinações IVD, IVE e IIIE

VRS (valor de risco sério): formada pelas combinações IIIE, IIID, e IVC

VRM (valor de risco moderado): formada pelas combinações IE, IID, IIIC e IVB

VRB (valor de risco baixo): formada pelas combinações ID, IIC, IIIB e IVA

VRD (valor de risco desprezível): formada pelas combinações IA, IB, IC, IIA, IIB e IIIA.

Nas três tabelas a seguir apresentam-se os significados e níveis das categorias de consequências, valores de probabilidade e a matriz de risco.

4ª Coluna: CATEGORIA DAS CONSEQUÊNCIAS

Para a classificação das consequências, foram consideradas as seguintes categorias:

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
I Desprezível	A falha não irá resultar em uma degradação maior do sistema, nenhuma lesão é esperada, não contribuindo para um aumento do risco ao sistema.
II Marginal ou Limítrofe	A falha irá degradar o sistema em uma certa extensão, porém sem comprometer-lo seriamente, nem causar lesões graves (danos controláveis).
III Crítica	A falha causará danos substanciais ao sistema, provocando lesões e resultando em risco inaceitável (ações preventivas e corretivas imediatas são requeridas).
IV Catastrófica	A falha irá produzir severa degradação ao sistema e ao meio ambiente, resultando em sua perda total, ou ainda, em lesões graves e mortes (ações preventivas e corretivas imediatas são requeridas).



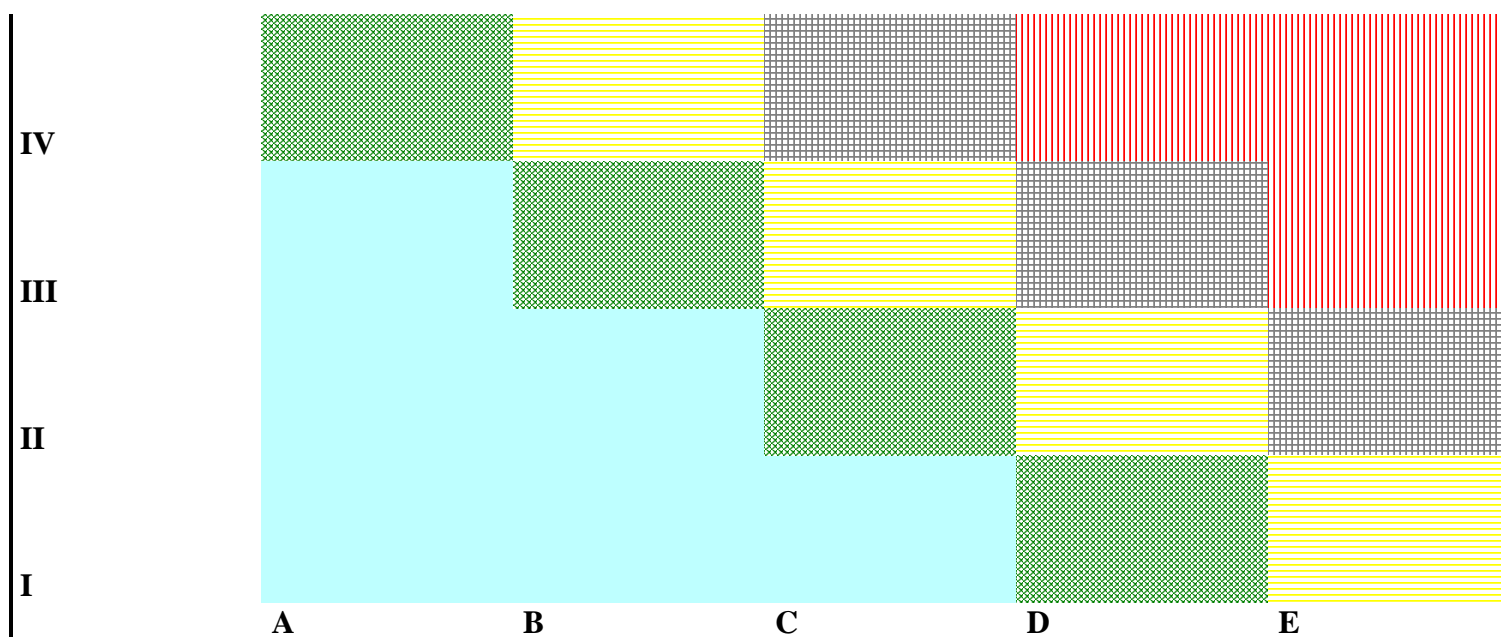
#### 6ª Coluna: VALOR DA PROBABILIDADE

Para o valor da Probabilidade de Ocorrência (PO), foram adotadas 5 categorias, de acordo com a frequência de ocorrência do evento considerado, e que são apresentadas na tabela a seguir:

CATEGORIA	FREQÜÊNCIA (OC./ANO)	DESCRIÇÃO
A - Extremamente Rara	$f < 10^{-4}$	Ocorrência teoricamente possível, porém tecnicamente improvável
B - Rara	$10^{-3} > f > 10^{-4}$	Não é esperado de ocorrer durante a vida útil da instalação
C - Eventual	$10^{-2} > f > 10^{-3}$	Provável de ocorrer durante a vida útil da instalação
D - Provável	$10^{-1} > f > 10^{-2}$	Esperado de ocorrer uma vez durante a vida útil da instalação
E - Freqüente	$f > 10^{-1}$	Possível de ocorrer mais de uma vez durante a vida útil da instalação

A partir das categorizações feitas para as conseqüências e as probabilidades de ocorrência, é definido, qualitativamente, o Valor do Risco (VR), a partir da Matriz de Riscos, ou seja, uma combinação dos pares "conseqüência x probabilidade de ocorrência", conforme apresentado na Figura 3.2-1.

**FIGURA 3.2-1 - MATRIZ DE RISCOS - Categoria de Consequência**



**LEGENDA:**

Categorias de Risco

Desprezível



Baixo



Moderado



Sério



Crítico



### 3.3 Aplicação da Técnica

Aplicou-se a técnica APP para as seguintes unidades da TPP.

- Alimentação/Distribuição de Gás Natural;
- Geração de Energia Elétrica;
- Alimentação de Óleo Diesel.

As planilhas referentes a aplicação da técnica APP são apresentadas nas tabelas das páginas a seguir.

<b>JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Alimentação / Distribuição de Gás Natural	<b>Tabela: I</b>	<b>Pag.:</b> 01 / 02  <b>Data:</b> 25/11/98
	<b>Subsistema:</b> -	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Linhas e Filtro	<b>Fluxograma:</b> M240 Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
Pequenos Vazamentos	- Desgaste de juntas, gaxetas e acessórios; desregulagem das PSVs - Porosidade na solda	- Emissão de gás para a atmosfera - Emissão de gás para a atmosfera	I	- Manutenção preditiva - Rotinas de manutenção preventiva	-	C	VRD
			I	- Realização de testes hidrostáticos e ensaios não destrutivos (pré-operacionais)	-	A	VRD
Pequenos Vazamentos	- Corrosão; má instalação da flange no topo do filtro	- Emissão de gás para a atmosfera	I	- Linhas construídas em tubos projetados conforme Norma ANSI 31.1 - Rotinas operacionais (testes antes da partida da planta) - Manutenção preditiva - Manutenção preventiva	-	B	VRD
Grandes Vazamentos	- Choque mecânico com possível ruptura da tubulação - Corrosão/fadiga do material com possível ruptura da tubulação	- Emissão de gás para a atmosfera, com possibilidade de "flash fire" ou explosão da nuvem, caso haja uma fonte de ignição - Emissão de gás para a atmosfera, com possibilidade de "flash fire" ou explosão da nuvem, caso haja uma fonte de ignição	III	- Rotinas para movimentação de materiais nas proximidades - Áreas classificadas	- Sinalizar área - Acionamento do PAE - Treinamento da Brigada de Incêndio	A	VRB
			III	- Linhas construídas em tubos projetados conforme Norma ANSI 31.1 - Válvulas "shut down" bloqueiam alimentação de gás a partir do gasoduto, se ocorrer queda de pressão nas linhas de gás internas à área da Termelétrica - Manutenção preditiva - Manutenção preventiva - Áreas classificadas	- Inspeção visual diária - Acionamento do PAE	A	VRD
	- Falha na estação reguladora; erro	- Sobrepressão na linha de gás natural	III	- Testes hidrostáticos com pressão 50% superior à pressão de projeto, antes do	- Treinamento pessoal - Procedimentos de	B	VRB

**Legenda:**

**VR = Categoria de Risco**

. VRD = desprezível  
 . VRB = baixo  
 . VRM = moderado  
 . VRS = sério  
 . VRC = crítico

**PO = Probabilidade de Ocorrência**

. A = extremamente rara  
 . B = rara  
 . C = eventual  
 . D = provável  
 . E = freqüente

**Categoria de Conseqüência**

. I = desprezível  
 . II = marginal  
 . III = crítica  
 . IV = catastrófica

<b>JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Alimentação / Distribuição de Gás Natural	<b>Tabela:</b> I	<b>Pag.:</b> 01 / 02  <b>Data:</b> 25/11/98
	<b>Subsistema:</b> -	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Linhas e Filtro	<b>Fluxograma:</b> M240 Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
Grandes Vazamentos	operacional	- Possível dano na linha de gás natural - Emissão de gás para a atmosfera, com possibilidade de “flash fire” ou explosão da nuvem, caso haja uma fonte de ignição	III	início da operação da planta - Válvulas de alívio de pressão no filtro e ao longo das linhas - Válvula de bloqueio no ponto de recebimento de gás do gasoduto - Áreas classificadas	inspeção e manutenção da estação reguladora - Acionamento do PAE/PAM	A	VRD
	- Falhas de flanges, válvulas, etc. (expansão térmica provocada por insolação ou incêndio)	- Emissão de gás para a atmosfera, com possibilidade de “flash fire” ou explosão da nuvem, caso haja uma fonte de ignição		- Linhas projetadas para temperaturas superiores à temperatura ambiente, com margem de segurança conforme Normas - Atuação de válvulas de alívio térmico ao longo das linhas - Áreas classificadas	- Programas de inspeção e manutenção - Acionamento do PAE/PAM		

**Legenda:**

**VR = Categoria de Risco**

. VRD = desprezível  
 . VRB = baixo  
 . VRM = moderado  
 . VRS = sério  
 . VRC = crítico

**PO = Probabilidade de Ocorrência**

. A = extremamente rara  
 . B = rara  
 . C = eventual  
 . D = provável  
 . E = freqüente

**Categoria de Conseqüência**

. I = desprezível  
 . II = marginal  
 . III = crítica  
 . IV = catastrófica

<b>JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Geração de Energia Elétrica	<b>Tabela:</b> II	<b>Pag.:</b> 02/ 02  <b>Data:</b> 30/11/98
	<b>Subsistema:</b> -	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Turbina a Óleo Diesel / Gás Natural	<b>Fluxograma:</b> M201 Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
Sobreaquecimento na turbina	- Falha mecânica . excesso de vibração . falta de lubrificação . desbalanceamento do eixo - Falha de projeto ou operação . erro no ajuste do "set-point"	- "Shut down" da unidade - Possíveis danos a turbina	II	- Monitoramento automático da vibração - Alarme sonoro e visual indicando aumento de temperatura e/ou vibração, velocidade muito alta ou muito baixa, etc.	- Inspeção periódica - Manutenção preventiva	B	VRD
Furo na linha de suprimento de Óleo Diesel/ Gás Natural	- Corrosão - Impacto mecânico - Erro de projeto - Falha de montagem	- Derramamento de produto e possibilidade de incêndio, se houver fonte de ignição	II	- Rotinas de manutenção preventiva - Rotinas de manutenção corretiva - Rotinas operacionais	- Treinamento de segurança dos operadores	C	VRB
Injeção indevida de combustível durante partida	- Erro operacional - Falha aberta das válvulas na linha de alimentação - Falha da malha de controle	- Possível formação de atmosfera explosiva no interior da câmara de combustão, com possibilidade de explosão, caso não ocorra purga dos gases e haja fonte de ignição presente.	II	- Detector de chama com redundância, intervalo com sistema de purga dos gases, caso haja ausência de chama; na fase I o intertravamento será com o sistema de drenagem de óleo diesel - Sensores de temperatura na câmara de combustão, também intertravado com os sistemas de purga e drenagem - Rotinas operacionais - Rotinas de manutenção preventiva e/ou corretiva	- Acionamento do procedimento de " shut-down" - Treinamento de segurança dos operadores - Acionamento do PAE	B	VRD
Vazamento de gás	- Falha estrutural - Erro de projeto	- Emissão de nuvem tóxica para a atmosfera com possibilidade de	II	- Detectores de gás no interior da carcaça da	- Acionamento do PAE/PAM	A	VRD

**Legenda:**

**VR = Categoria de Risco**

- . VRD = desprezível
- . VRB = baixo
- . VRM = moderado
- . VRS = sério
- . VRC = crítico

**PO = Probabilidade de Ocorrência**

- . A = extremamente rara
- . B = rara
- . C = eventual
- . D = provável
- . E = freqüente

**Categoria de Conseqüência**

- . I = desprezível
- . II = marginal
- . III = crítica
- . IV = catastrófica

<b>JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Geração de Energia Elétrica	<b>Tabela:</b> II	<b>Pag.:</b> 02/ 02  <b>Data:</b> 30/11/98
	<b>Subsistema:</b> -	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Turbina a Óleo Diesel / Gás Natural	<b>Fluxograma:</b> M201 Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
	- Falha de montagem	intoxicar operadores e/ou incêndio, caso haja fonte de ignição		turbina - Ventilação forçada nas “casas das turbinas”, evitando acúmulo de gases - Rotinas operacionais - Rotinas de manutenção preventiva e/ou corretiva			
Faísca	- Quebra de palheta - Desbalanceamento (vibração)	- Possíveis danos à turbina	II	- Sistema para desligamento da turbina se houver desbalanceamento, bloqueando a entrada de gás ou óleo e iniciando a purga e/ou drenagem	- Treinamento dos operadores	B	VRD
Furo na tubulação de água	- Corrosão por falha no sistema de água desmineralizada - Falha de projeto - Falha de montagem	- Vazamento de água para o interior da caldeira	II	- Medição de nível baixo nos tambores com intertravamento para “shut down” na turbina - Medição de pressão na linha de alimentação de água - Aumento da vazão de recirculação de água	- Inspeção periódica	C	VRB
Aumento da pressão no sistema de vapor	- Bloqueio indevido de válvulas - Excesso de geração de vapor - Falha de malha de controle	- Possibilidade de ruptura da caldeira, com lesões a operadores e danos estruturais	II	- Alívio de pressão pela válvula de alívio - Abertura da válvula de segurança, caso persista a elevação da pressão	- Treinamento dos operadores	C	VRB
Falta de água de alimentação para	- Falha das bombas de alimentação de água	- Superaquecimento do vapor, podendo levar a um “shut down”	II	- Medição de nível baixo nos tambores, com	- Incluir Alerta de Segurança na Rotina	B	VRD

**Legenda:**

**VR = Categoria de Risco**

. VRD = desprezível  
 . VRB = baixo  
 . VRM = moderado  
 . VRS = sério  
 . VRC = crítico

**PO = Probabilidade de Ocorrência**

. A = extremamente rara  
 . B = rara  
 . C = eventual  
 . D = provável  
 . E = freqüente

**Categoria de Conseqüência**

. I = desprezível  
 . II = marginal  
 . III = crítica  
 . IV = catastrófica

<b>JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Geração de Energia Elétrica	<b>Tabela:</b> II	<b>Pag.:</b> 02/ 02  <b>Data:</b> 30/11/98
	<b>Subsistema:</b> -	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Turbina a Óleo Diesel / Gás Natural	<b>Fluxograma:</b> M201 Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
a caldeira	- Bloqueio indevido de válvulas - Falha da malha de controle - Parada de equipamentos a montante (desaerador, condensador ou torre de resfriamento)	da turbina		intertravamento para “shut down” da turbina	Operacional		
Nível baixo	- Ruptura de linha - Falha da malha de controle - Parada do sistema de condensado - Falha aberta da válvula de saída - Falha da bomba de alimentação de água para caldeira (não desliga)	- Baixa eficiência de produção de vapor, podendo levar a um “shut down” da turbina	I	- Medição de nível baixo com intertravamento, desligando as bombas de alimentação de água para a caldeira	- Incluir Alerta de Segurança na Rotina Operacional	B	VRD

<b><u>Legenda:</u></b>		
<b>VR = Categoria de Risco</b>	<b>PO = Probabilidade de Ocorrência</b>	<b>Categoria de Conseqüência</b>
. VRD = desprezível	. A = extremamente rara	. I = desprezível
. VRB = baixo	. B = rara	. II = marginal
. VRM = moderado	. C = eventual	. III = crítica
. VRS = sério	. D = provável	. IV = catastrófica
. VRC = crítico	. E = freqüente	



<b>JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Descarregamento, Estocagem e Transferência de Óleo Diesel	<b>Tabela:</b> III	<b>Pag.:</b> 01/ 04  <b>Data:</b> 23/11/98
	<b>Subsistema:</b> Estocagem Diária	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Tanque de Estocagem Diária de Óleo Diesel	<b>Fluxograma:</b> M224/ Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
Pequenos Vazamentos	- Furo na parede ou no fundo do tanque)	- Vazamento de óleo diesel para a bacia de contenção (construída em concreto e dotada de drenagem para separador água-óleo)	II	- Tanques com revestimento anticorrosivo - Manutenção preditiva - Rotinas de manutenção preventiva	- Elaborar manuais de manutenção preventiva específicos.	B	VRD
Vazamentos Maiores	- Nível alto no tanque (falha no sistema de medição de nível ou erro operacional)	- Vazamento de óleo diesel para a bacia de contenção, com formação de poça ou emissão de vapores para a atmosfera e possibilidade de incêndio da poça ou “flash fire”, caso haja fonte de ignição	II	- Chave e alarme de nível alto e muito alto no tanque - Manutenção preditiva - Rotinas de manutenção preventiva	- Elaborar manuais de manutenção preventiva específicos . - Procedimentos operacionais - Treinamento dos operadores - Acionamento do PAE/PAM	A	VRD
Fonte de Calor Externa	- Incêndio próximo - Insolação	- Elevação da temperatura interna com possibilidade de incêndio - Danos estruturais ao tanque	II	- Sistema de resfriamento externo, com chuveiros de água - Sistema de espuma para abatimento de fogo no interior do tanque	- Treinamento da Brigada de Incêndio - Acionamento do PAE/PAM	B	VRD
Fonte de Ignição Externa	- Raios - Serviços de soldagem	- Possível rompimento do tanque (eventualmente seguido de incêndio)	II	- Tanque aterrado - Pára-raios no topo do tanque e em toda a área - Tanque dotado de sistema de espuma para abatimento de fogo interno - Procedimentos conforme NFPA para serviços de manutenção (soldagem)	- Instalar corta-chamas no respiro - Treinamento do pessoal	B	VRD

<b><u>Legenda:</u></b>		
<b>VR = Categoria de Risco</b>	<b>PO = Probabilidade de Ocorrência</b>	<b>Categoria de Conseqüência</b>
. VRD = desprezível	. A = extremamente rara	. I = desprezível
. VRB = baixo	. B = rara	. II = marginal
. VRM = moderado	. C = eventual	. III = crítica
. VRS = sério	. D = provável	. IV = catastrófica
. VRC = crítico	. E = freqüente	

<b>94JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Descarregamento, Estocagem e Transferência de Óleo Diesel	<b>Tabela:</b> III	<b>Pag.:</b> 02 / 04  <b>Data:</b> 24/11/98
	<b>Subsistema:</b> Estocagem Diária	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Linhas de Transferência	<b>Fluxograma:</b> M224/ Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
Pequenos Vazamentos	- Desgaste de juntas, gaxetas e acessórios; desregulagem das válvulas de alívio térmico	- Gotejamento de produto na área dos tanques ou das bombas de transferência	I	- Canaletas de concreto sob as linhas - Manutenção preditiva - Rotinas de manutenção preventiva	- Inspeção visual diária	D	VRB
Vazamentos Maiores	- Choque mecânico	- Líquido contido na calha de concreto, com drenagem para sistema de separação água/óleo	II	- Canaletas de concreto evitam choques mecânicos nas linhas	- Sinalização de áreas	A	VRD
	- Corrosão/Fadiga do material	- Líquido contido na calha de concreto, com drenagem para sistema de separação água/óleo	II	- Sobresspessura das paredes para prevenir contra furos (corrosão) - Pintura anticorrosiva - Manutenção preditiva - Rotinas de manutenção preventiva	-	B	VRD
	- Sobrepressão (falha fechada de válvula ou erro operacional)	- Líquido contido na calha de concreto, com drenagem para sistema de separação água/óleo	II	- Linha projetada para pressão máxima superior à da bomba operando em "shutoff"	-	B	VRD
	- Falha em flanges, válvulas, etc. (expansão térmica provocada por incêndio ou insolação)	- Líquido contido na calha de concreto, com drenagem para sistema de separação água/óleo	II	- Linhas dotadas de válvulas de alívio térmico	-	B	VRD

<b><u>Legenda:</u></b>		
<b>VR = Categoria de Risco</b>	<b>PO = Probabilidade de Ocorrência</b>	<b>Categoria de Conseqüência</b>
. VRD = desprezível	. A = extremamente rara	. I = desprezível
. VRB = baixo	. B = rara	. II = marginal
. VRM = moderado	. C = eventual	. III = crítica
. VRS = sério	. D = provável	. IV = catastrófica
. VRC = crítico	. E = freqüente	

<b>JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Descarregamento, Estocagem e Transferência de Óleo Diesel	<b>Tabela:</b> III	<b>Pag.:</b> 03 / 04  <b>Data:</b> 24/11/98
	<b>Subsistema:</b> Estocagem Diária	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Bombas de Transferência de Óleo Diesel	<b>Fluxograma:</b> M224 / Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
Sobreaquecimento da Bomba	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nível baixo no tanque de estocagem diária</li> <li>- Válvula fechada (falha da válvula ou erro operacional)</li> <li>- Cavitação na bomba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possível incêndio na bomba</li> <li>- Danos a bomba</li> </ul>	II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alarme de nível baixo e muito baixo e chave de nível no tanque de óleo diesel</li> <li>- Intertravamento (bomba não parte se o nível, no tanque, estiver baixo)</li> <li>- Rotinas operacionais para verificação do nível no interior do tanque antes do início da transferência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extintores portáteis no local</li> <li>- Treinamento dos operadores</li> </ul>	B	VRD

**Legenda:**

**VR = Categoria de Risco**

. VRD = desprezível  
 . VRB = baixo  
 . VRM = moderado  
 . VRS = sério  
 . VRC = crítico

**PO = Probabilidade de Ocorrência**

. A = extremamente rara  
 . B = rara  
 . C = eventual  
 . D = provável  
 . E = freqüente

**Categoria de Conseqüência**

. I = desprezível  
 . II = marginal  
 . III = crítica  
 . IV = catastrófica

<b>JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA LTDA.</b>  <b>Cliente:</b> TPP - COMPANHIA TERMELÉTRICA DO PLANALTO PAULISTA	<b>APP - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS</b>		
	<b>Sistema:</b> Descarregamento, Estocagem e Transferência de Óleo Diesel	<b>Tabela:</b> III	<b>Pag.:</b> 03 / 04  <b>Data:</b> 24/11/98
	<b>Subsistema:</b> Estocagem Diária	<b>Rev.:</b> 0	
	<b>Equipamento:</b> Bombas de Transferência de Óleo Diesel	<b>Fluxograma:</b> M224 / Rev. A	

Perigo	Causas Possíveis	Conseqüências	Categoria de Conseqüência	Medidas Preventivas ou Corretivas		PO	VR
				Existentes	A Implantar		
Pequenos Vazamentos	- Desgaste de juntas, gaxetas e acessórios	- Gotejamento de óleo diesel na área	I	- Rotinas de manutenção preventiva	-	D	VRB
Vazamento devido a ruptura ou desconexão do mangote	- Fadiga do mangote - Desgaste das conexões - Movimentação do caminhão conectado - Erro operacional	- Formação de poça, com possibilidade de incêndio, se houver fonte de ignição	II	- Área dotada de sistema de drenagem para o separador água/óleo - Área classificada - Rotinas de manutenção preventiva (inspeção de mangotes) - Rotinas operacionais	- Incluir, nos procedimentos operacionais para descarregamento de caminhões, a verificação das condições dos mangotes - Treinamento dos operadores	C	VRB
Presença de Centelha	- Eletricidade estática (durante o descarregamento) devido a falha no aterramento do caminhão - Erro operacional - Serviços de manutenção, com solda, na área de caminhões	- Vazamento de produto com possibilidade de incêndio local	II	- Sistema de aterramento dos caminhões - Procedimentos operacionais para aterramento - Procedimentos para realização de serviços de manutenção na área	- Treinamento da Brigada de Incêndio - Acionamento do PAE	B	VRD

**Legenda:**

**VR = Categoria de Risco**

. VRD = desprezível  
. VRB = baixo  
. VRM = moderado  
. VRS = sério  
. VRC = crítico

**PO = Probabilidade de Ocorrência**

. A = extremamente rara  
. B = rara  
. C = eventual  
. D = provável  
. E = freqüente

**Categoria de Conseqüência**

. I = desprezível  
. II = marginal  
. III = crítica  
. IV = catastrófica

### 3.4 Hipóteses Acidentais

As hipóteses acidentais de ocorrência mais provável (maior probabilidade de falha), normalmente identificadas nos estudos de riscos como "Most Credible Accidents (MCA)", representam um critério para a seleção dos cenários de riscos de acidentes, para as simulações das consequências.

Outro critério utilizado está relacionado com a avaliação preliminar da magnitude das consequências, para cada uma das hipóteses acidentais em análise, levando em consideração os seguintes aspectos principais:

- periculosidade das substâncias envolvidas;
- quantidades das substâncias envolvidas;
- duração dos eventos (vazamentos, incêndios, explosões);
- disponibilidade de sistemas de combate e/ou proteção;
- características dos locais provavelmente afetados;
- tipologia accidental.

Segundo os critérios acima e tomando como base aqueles eventos que, na Análise Preliminar de Perigos apresentaram valor de risco baixo - VRB (uma vez que não foram identificadas hipóteses acidentais associadas às faixas de riscos moderado, sério e crítico), porém, com um nível crítico de consequências, definiu-se a seguinte hipótese accidental a ser considerada na elaboração do cenário para as análises de consequências e de vulnerabilidade:

***Hipótese 1: Vazamento de gás natural devido a furo na linha de suprimento.***

### 3.5 Conclusão

Foram identificados níveis de riscos desprezíveis e baixos, não se apresentando nenhum risco que possa ser classificado como moderado, sério e crítico.

As medidas mitigadoras propostas encontram-se descritas detalhadamente no item 6 deste capítulo.

## 4 ANÁLISE DOS REGISTROS DAS OCORRÊNCIAS ANORMAIS (ROA'S)

Os registros das ocorrências anormais da PETROBRAS, são uma ferramenta valiosa para o gerenciamento operacional e dos equipamentos, como também para a redução dos perigos, constituindo um processo contínuo de melhoria nos aspectos de segurança.

Os ROA's apresentam uma quantidade de registros e forma de tabulação que não permitem uma análise estatística baseada em uma distribuição gaussiana.

Da análise dos ROA's do período de 1985 a 1992, contendo um total de 254 acidentes, selecionou-se 32 relacionados a gás natural. Estes registros indicam incidentes com potencial de riscos, tais como:

1 – Ocorrência relativa a acidente ocupacional, sem repercussão aos limites externos do empreendimento onde foi registrado;

2 – Ocorrências envolvendo compressor com conseqüências restritas a paradas ou problemas operacionais.

Exemplos:

- Curto-circuito em painel de comando do compressor;
- Falha em válvula causando problemas mecânicos (vibração) na sucção do compressor;
- Princípios de incêndio por perda de conteúdo;
- Vazamento de gás através de válvula de dreno.

3 – Ocorrência envolvendo um compressor, com incêndio e explosão durante sua partida. Situação controlada mas com danos operacionais e ao equipamento;

4 – Perdas de conteúdo em conexões e tubulação, mas sem conseqüências graves.

Causas:

- Corrosão;
- Defeito em juntas;
- Impacto com veículos;
- Escavação;
- Falha de conexão roscada;
- Rompimento de linha por falta de suporte.

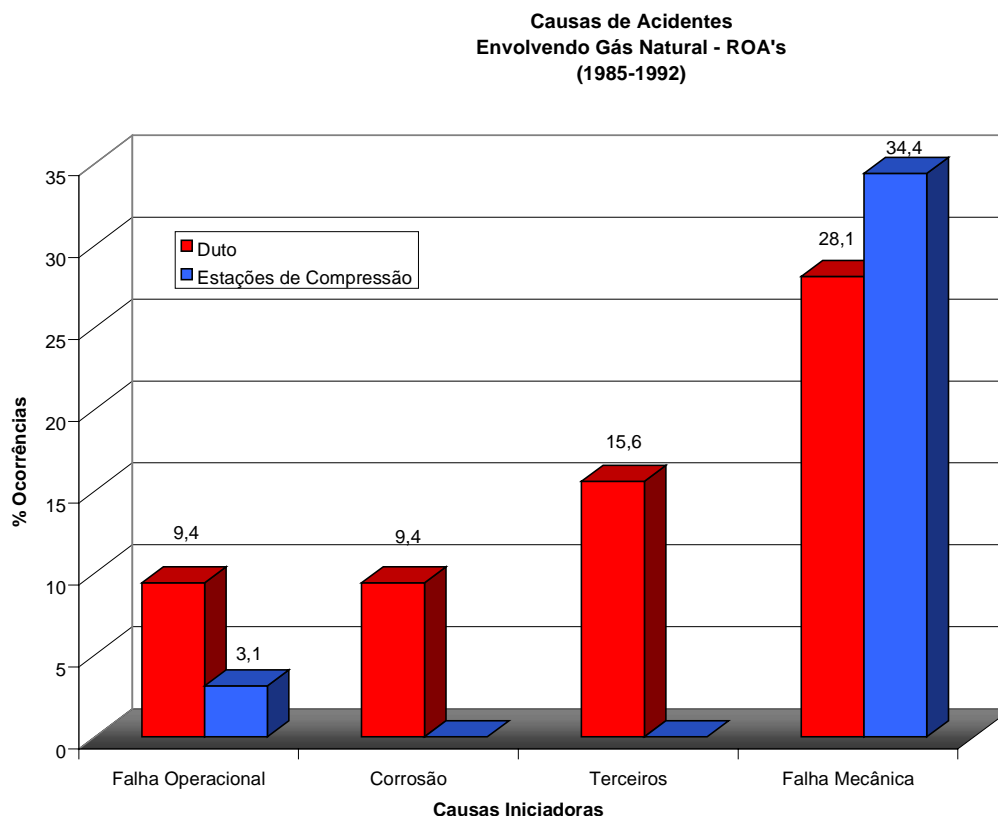
O tratamento estatístico dos dados coletados para análise das causas iniciadoras, indicam que falha mecânica corresponde a 62,5% dos incidentes registrados.

Outras causas apresentadas por estes registros são:

- falha operacional;
- corrosão;
- ação de terceiros.

A distribuição destes acidentes é apresentada no gráfico da Figura 4-1 a seguir:

**Figura 4-1 - Gráfico da Distribuição de Acidentes com Gás Natural**



#### 4.1 Análise do MHIDAS

O Health and Safety Executive da Inglaterra enviou os registros simplificados que contém informações indicativas sobre:

- local de ocorrência do incidente;
- data da ocorrência;
- produto químico envolvido (no caso sempre gás natural ou metano);
- tipologia acidental;
- causa iniciadora;
- número de feridos e fatalidades;
- resumo do incidente.

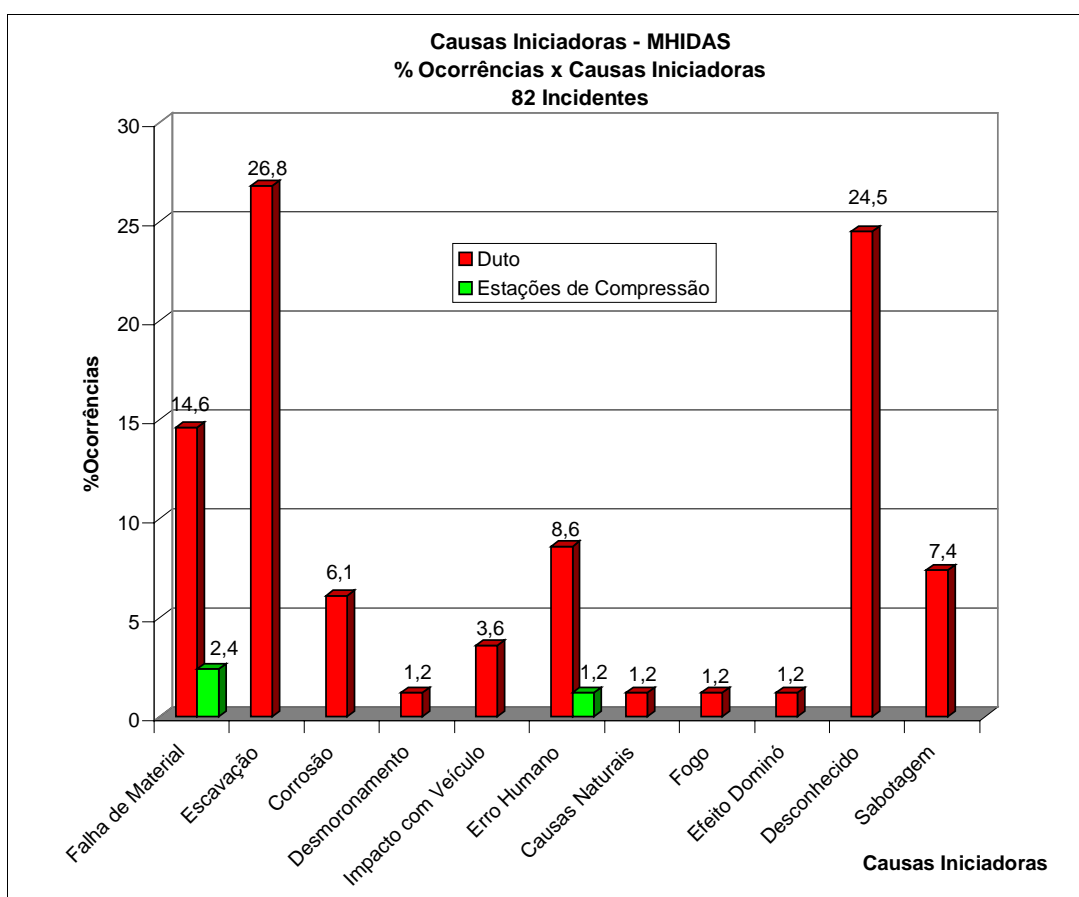
Foram analisados 119 registros relativos a acidentes envolvendo gás natural, servindo de base para o tratamento estatístico e análises de sensibilidade.

É interessante ressaltar que os gasodutos podem ser divididos em duas categorias, uma correspondendo a transporte de gás, onde as pressões são normalmente superiores a 250 psig, e a segunda relativa as redes de distribuição, que operam a pressões menores.

Para efeito de análise histórica, o tratamento estatístico foi efetuado considerando-se conjuntamente estes dois grupos de gasoduto, não prejudicando a validade do estudo, pois as características das causas iniciadoras mostram ser pouco dependentes das categorias acima definidas.

O tratamento estatístico das causas iniciadoras de acidentes dos registros do Major Hazard Incident Data Service - MHIDAS são apresentadas no gráfico da Figura 4.1-1 a seguir:

**Figura 4.1-1 - Gráfico demonstrativo das Causas Iniciadoras de Acidentes**



Pode-se observar que entre as causas iniciadoras conhecidas, escavação, falha de material e erro humano são as que apresentam as maiores incidências.

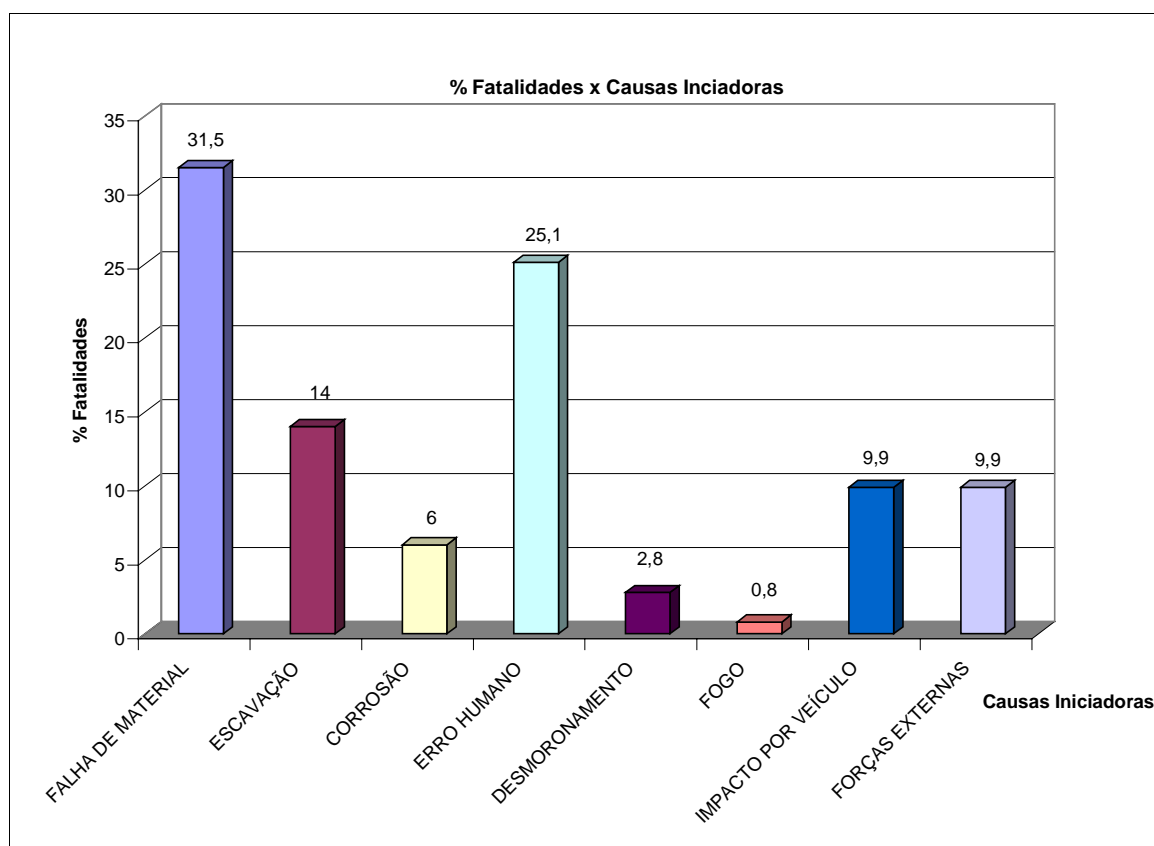


A partir do estudo, constata-se que os acidentes relativos a escavações apresentam uma característica freqüente, estando em grande parte relacionadas a falta de comunicação entre a empresa que opera o gasoduto e as empresas de água, luz, telefone e saneamento, bem como as administrações públicas.

Apesar das causas iniciadoras desconhecidas representarem 24,5% das ocorrências, estas podem ser desconsideradas, já que a maioria não apresenta qualquer informação sobre fatalidades, o que não invalida os cálculos estatísticos.

Selecionou-se, então, 62 incidentes para o estudo em questão, conforme gráfico da Figura 4.1-2 a seguir.

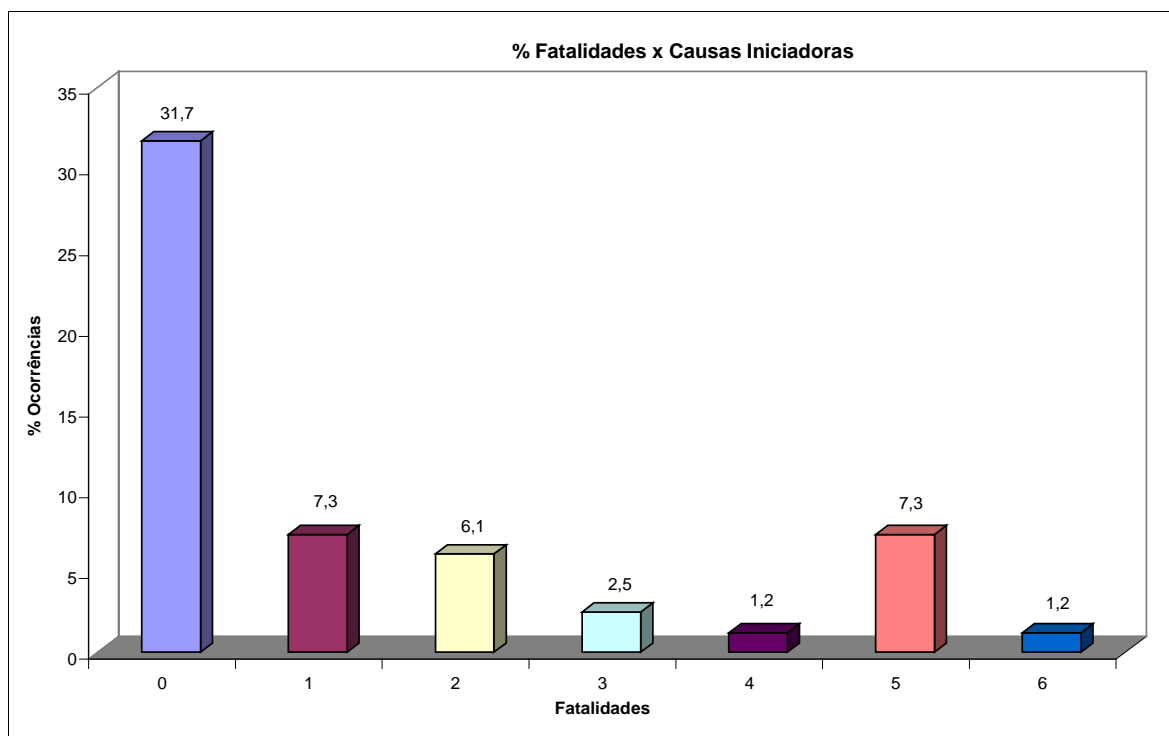
**Figura 4.1-2 - Gráfico comparativo entre Causas Iniciadoras X Fatalidade.**



Nota-se que a maior incidência de fatalidades é decorrente de falha de material, erro humano e escavação, coincidindo com as maiores probabilidades de ocorrência de causas iniciadoras conhecidas indicadas no gráfico da Figura 4.1-1 já apresentada.

Pelo gráfico a seguir (Figura 4.1-3), pode-se verificar que a maior parte dos acidentes não estão associados a perdas de vida (31,7%) e que 19,7% dos acidentes relacionam-se a um número maior que 6 (seis) fatalidades.

**Figura 4.1-3 - Porcentagens de Fatalidade em Acidentes**



Estudos apresentados em congressos e análises de risco nos Estados Unidos e Inglaterra, mostram que o transporte de gás por dutos apresenta menor grau de risco que qualquer outro tipo de transporte.

Este fato pode ser explicado pela própria característica do empreendimento, ou seja, no caso de transporte de gás por duto, a presença do ser humano nas proximidades do acidente é probabilística (a pessoa pode ou não estar próxima) e no caso de transporte por meio rodoviário ou ferroviário, a presença do ser humano nas proximidades do produto químico transportado é certa.

Como é verificado no Quadro 4.1-1 a seguir, os artigos do MHIDAS mostram que as principais tipologias acidentais estão relacionadas a incêndios. Há registros de acidentes com ocorrência de explosão, sendo no entanto todos eles associados a explosões em áreas confinadas e para redes de distribuição.

**Quadro 4.1-1 - Tipologia Acidental X % Ocorrências**

Tipologia Acidental	% Ocorrências
Incêndio	58,5
Explosão confinada	24,4
Vazamento	9,7
Efeito dominó	2,4
Desconhecido	5,0
TOTAL	100,0

Não há qualquer registro de acidente cuja tipologia accidental seja uma explosão não confinada de gás natural.

## **5 ANÁLISE DE CONSEQÜÊNCIAS**

### **5.1 Introdução**

Este estudo de análise de conseqüências, tem por objetivo avaliar a gravidade de um cenário de vazamento de gás natural na TPP a ser instalada na REPLAN, município de Paulínia.

Será simulado um cenário de vazamento de gás natural, considerando-se duas hipóteses de desencadeamento do cenário. A primeira hipótese é que a ignição da nuvem formada seja imediata e a segunda, que a ignição não seja imediata.

### **5.2 Modelo**

Foi utilizado o programa de modelização de conseqüências denominado CHEMS-PLUS versão 2, da Arthur D. Little, Inc, Cambridge, Massachusetts, Novembro de 1991.

### **5.3 Cenário Acidental**

O cenário selecionado para este estudo de análise de conseqüências, representa vazamentos de gás natural com vários orifícios na tubulação do gasoduto de 14" de gás natural.

O gás natural para este estudo será considerado com as mesmas propriedades do metano, visto que na composição, este produto varia de no mínimo 87,2% a no máximo 92,8%.

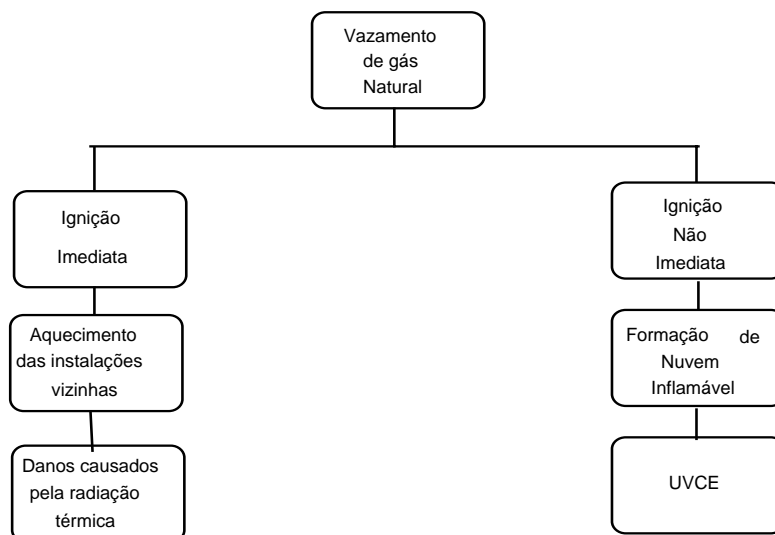
O Limite Inferior de Explosividade (L.I.E.) para o metano é de 5%. O rendimento para uma eventual explosão de vapores não confinados (UVCE) será considerado para o metano, como sendo 2%.

A pressão e temperatura da liberação correspondem a 35 bar manométrico e 30°C, respectivamente.

O vazamento não pode ser interrompido rapidamente e a pressão na tubulação foi considerada constante durante todo o tempo do vazamento. Para permitir uma análise mais completa deste cenário, vamos considerar orifícios com várias dimensões. Os vazamentos considerados na tubulação de 14", correspondem a orifícios com diâmetros de 5% (fissura), 20% (trinca) do diâmetro do tubo e ao total do tubo de 14".

A Figura 5.3-1 apresenta o encadeamento de eventos, após o evento inicial do vazamento de gás natural pelo orifício.

**Figura 5.3-1 - Desenvolvimento do Cenário Acidental**



## 5.4 Resultados das Simulações

Os vazamentos com orifícios de vários diâmetros na descarga de gás natural, sem possibilidade de contenção imediata, foram simulados através do programa CHEMS-PLUS (Anexo II.1).

A Tabela 5.4.1 resume para cada diâmetro do orifício equivalente, a quantidade de gás natural liberada para a atmosfera.

**Tabela 5.4.1 - Liberação de Gás Natural**

Diâmetro do orifício (mm)	Quantidade liberada (kg/s)
17,8	0,935
71,2	14,4
356	374

### - Ignição não imediata

O cenário considera que não ocorre a ignição imediata, portanto a simulação da dispersão de gás natural, para cada uma das liberações consideradas neste estudo, indica que existe nuvem de vapores dentro da faixa de explosividade. A nuvem acima do limite inferior de explosividade tem o formato e as dimensões, conforme indicado na Figura 5.4.1 para cada uma das quantidades liberadas, conforme programa de dispersão de jato CHEMS-PLUS (Anexo II.2).

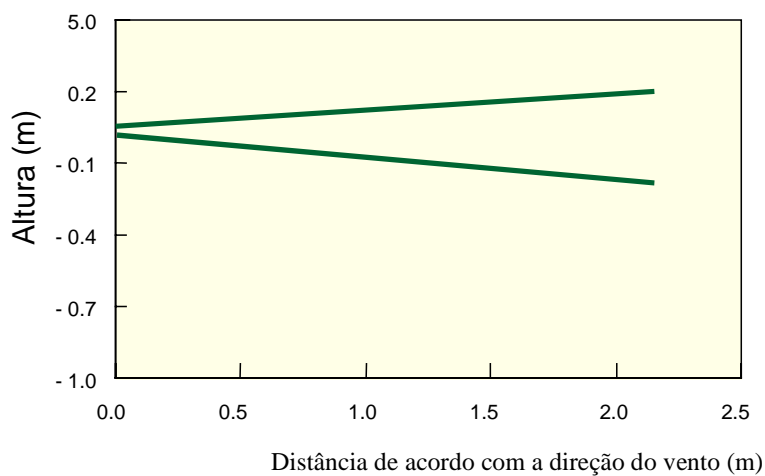
Portanto, se a ignição ocorrer após o estabelecimento do regime contínuo de dispersão, poderemos ter a ocorrência de uma UVCE. A simulação da massa explosiva, considerando-se um vazamento contínuo, após o estabelecimento do regime de dispersão, mostra que as quantidades são muito pequenas para sustentar uma explosão do tipo UVCE. A Tabela 5.4.2 apresenta para cada um dos orifícios formados, a quantidade de gás natural dentro da faixa de explosividade.

**Tabela 5.4.2 - Massa de Gás Natural por Orifício na Tubulação**

	Orifício 17,8 mm	Orifício 71,2 mm	Orifício 356 mm
Massa explosiva ( kg )	0,5 (*)	159 (*)	40.840

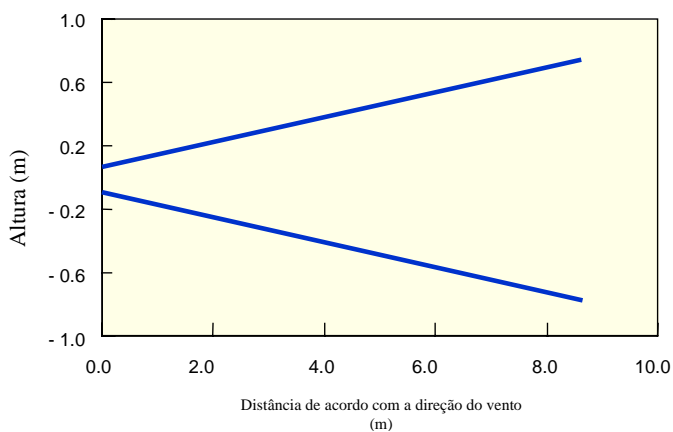
(\*) : Massa explosiva para estes vazamentos é muito pequena para sustentar a geração de sobrepressões, um fogo tipo flash será produzido e na seqüência o fogo se dirige para o local do vazamento produzindo um fogo tipo tocha.

Portanto, podemos concluir que a probabilidade de ocorrer uma explosão não confinada, UVCE, para vazamentos do tipo fissura e trinca é muito remota, e que o risco se torna mais importante para vazamentos com grande diâmetro como no caso da ruptura total da tubulação de 14”.

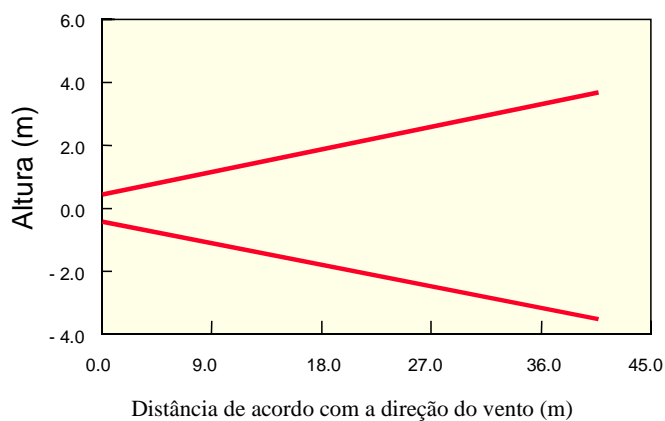


## Fissura

**Figura 5.4-1 – Formato e dimensão da nuvem acima do limite inferior de explosividade (ignição não imediata)**



## Trinca



## Colapso

Porém, se a explosão de vapores não confinados (UVCE) ocorrer mesmo assim, as seguintes sobrepressões serão desenvolvidas, para a máxima nuvem possível neste cenário dentro da faixa de explosividade, conforme cálculos efetuados (Anexo II.4).

- . 2 bar num raio de 33 metros;
- . 1 bar num raio de 50 metros;
- . 0,5 bar num raio de 75 metros;
- . 0,14 bar num raio de 170 metros;
- . 0,05 bar num raio de 350 metros.

- ***Ignição imediata***

Ocorrendo ignição imediata no local do vazamento, haverá a formação de um jato de fogo. A direção desse jato pode ser qualquer e dependerá só da posição do orifício formado. Porém, de modo a ser feita uma avaliação conservativa, essa direção deve ser considerada na análise em função da implantação.

A Tabela 5.4-3 apresenta as dimensões do jato de fogo e as radiações recebidas em função da distância do jato, para cada um dos orifícios formados (ou seja em função da vazão de liberação), conforme cálculos efetuados pelo CHEMS-PLUS no Anexo II.3. A Tabela 5.4-3 também apresenta o comprimento da chama em função da quantidade do vazamento. Em todos os orifícios estudados, considerou-se que a pressão do sistema se mantenha constante durante todo o tempo do vazamento.

**Tabela 5.4-3 -Níveis da Radiação Térmica e Distâncias**

Radiação (kW/m <sup>2</sup> )	Distâncias ( metros )		
	Orifício 17,8 mm	Orifício 71,2 mm	Orifício 356 mm
2	16	63	294
10	7	29	136
30	4	17	80
50	3	14	63
100	2	10	45
Comprimento da chama ( m)	18	75	371

## 5.5 Vulnerabilidade

Para o cenário de vazamento de gás natural, considerando-se a ignição imediata após a liberação, teremos a formação do jato de fogo. Com as radiações do jato de fogo calculadas pelo programa CHEMS-PLUS, poderemos avaliar as consequências sobre pessoas eventualmente expostas. Segundo o modelo de vulnerabilidade baseado nos estudos de Eisenberg, poderemos concluir que nas proximidades do jato de fogo, a radiação é suficiente para provocar queimaduras graves e inclusive a morte de pessoas. Como o estudo foi dirigido para diferentes orifícios formados, portanto diferentes quantidades de liberação, as consequências dependerão do cenário que ocorrer em termos de orifício.

As equações de Probit que definem probabilidade de fatalidade por queimaduras de 1º e 2º graus são, segundo a TNO:

- Probit para morte  $Pr = - 36,38 + 2,56 \ln (Dose).$
- Probit para queimaduras de 1º grau  $Pr = - 39,83 + 3,0186 \ln (Dose).$
- Probit para queimaduras de 2º grau  $Pr = - 43,14 + 3,0186 \ln (Dose).$

Nestas equações não é levada em consideração a presença de roupas.

$$Dose = t (I)^{4/3}$$

Onde:

**I** é a intensidade de radiação térmica em  $W/m^2$ ,  
**t** é a duração da exposição em segundos.

## 5.6 Resultados das Simulações

A Tabela 5.6.1 permite visualizar a vulnerabilidade em função do vazamento.



**Tabela 5.6-1 - Resultados da Vulnerabilidade**

Orifício (mm)	Distância ( metros )	Dano causado em 5 segundos de exposição ( * )
17,8	4	Morte 2%
		Queimadura de 1º grau 94%
		Queimadura de 2º grau 4%
	3	Morte 37%
		Queimadura de 1º grau > 99%
		Queimadura de 2º grau 61%
	2	Morte 98 %
		Queimadura de 2º grau > 99%
71,2	17	Morte 2%
		Queimadura de 1º grau 94%
		Queimadura de 2º grau 4%
	14	Morte 37%
		Queimadura de 1º grau > 99%
		Queimadura de 2º grau 61%
	10	Morte 98 %
		Queimadura de 2º grau > 99%
356	80	Morte 2%
		Queimadura de 1º grau 94%
		Queimadura de 2º grau 4%
	63	Morte 37%
		Queimadura de 1º grau > 99%
		Queimadura de 2º grau 61%
	45	Morte 98 %
		Queimadura de 2º grau > 99%

(\*) : Como se tratam de jatos de fogo, o tempo de reação será adotado como tempo de exposição, o que considera que a distância a ser percorrida para escapar da radiação é pequena e não será adicionada ao tempo total. Da mesma forma a integração da dose recebida em função da redução da radiação pelo efeito do afastamento de pessoas da chama durante a fuga, não foi considerada.

Para o desenvolvimento do cenário com risco de UVCE, o modelo de Eisenberg, define as equações de Probit para morte por hemorragia e ruptura dos tímpanos, conforme representadas na Tabela 5.6-2.

Equações de Probit:

Morte por hemorragia pulmonar

$$Pr = -77,1 + 6,91 \ln P$$

onde P é expresso em Pascal

Ruptura dos tímpanos

$$Pr = -15,6 + 1,93 \ln P$$

onde P é expresso em Pascal

**Tabela 5.6-2 - Resultados**

Tipo de injúria	Parâmetros da equação Probit	% afetada	Sobrepresão bar	Distância do centro da explosão (metros)
Morte por hemorragia	-77,1	6,91	1	1,019
			10	1,222
			50	1,436
			99	2,038
Ruptura do tímpano	-15,6	1,93	1	0,168
			10	0,196
			50	0,444
			90	0,859

Os resultados das análises de consequência e vulnerabilidade são apresentados nas Figuras 5.6-1 e 5.6-2 .

## 5.7 Efeito Dominó

De acordo com informações da REPLAN, há tubulações com circulação de produtos inflamáveis em uma faixa de 50 m de distância da área que será ocupada pela termelétrica, conforme a relação a seguir:

No caso de um eventual colapso do gasoduto com vazamento de gás natural, foi efetuada uma análise preliminar do Efeito Dominó sobre estas tubulações já existentes. Concluiu-se que não haverá um impacto direto sobre elas pela ocorrência da hipótese acidental preconizada pelo estudo, uma vez que estas tubulações estarão distantes do local do potencial vazamento, entre 150 m a oeste e 180 m a leste da TPP. Sobrepressões de uma UVCE da ordem de 0,15 bar serão alcançadas a estas distâncias, conforme os resultados das simulações efetuadas no item 4.4. Esse nível de sobrepressão, entretanto, estaria atenuado para essas distâncias devido aos próprios equipamentos da TPP, porém, estas tubulações poderão ser atingidas por fragmentos decorrentes da UVCE.

### **Linhas de circulação de produtos inflamáveis numa faixa de 50 m da área de TPP.**

A Leste:
- 1 linha de resíduo de gasolina/diesel de diâmetro 6”;
- 1 linha de óleo combustível/gasóleo (oleoduto) de diâmetro 16”;
- 2 linhas de GLP/gasolina/diesel (oleodutos) de diâmetro 14” e 10”.
A Oeste:
- 1 linha de gás residual de diâmetro 12”;
- 2 linhas de diesel/querosene de diâmetros 4” e 3”;
- 2 linhas de gás combustível de diâmetro 2”;
- 2 linhas de hidrogênio de diâmetros 3” e 2”.

**Figuras 5.6-1 – Sobrepressões da UVCE – Colapso do Gasoduto 14”.**

**Figuras 5.6-2 – Vulnerabilidade – Ignição imediata e UVCE – Colapso do Gasoduto 14”.**

## **6 MEDIDAS MITIGADORAS**

### **6.1 Introdução**

A TPP deverá implementar as seguintes medidas mitigadoras de riscos ambientais e para a segurança de operação da Termelétrica junto a REPLAN, afim de minimizar os efeitos danosos ao meio ambiente e às pessoas:

A seguir são apresentadas as medidas mitigadoras gerais e específicas propostas para os sistemas da Termelétrica junto a REPLAN, de acordo com a análise da APP.

### **6.2 Medidas Mitigadoras Gerais**

- Elaboração dos procedimentos operacionais, incluindo instruções de segurança;
- Treinamento de operadores e funcionários de manutenção e reciclagem de treinamento periódica;
- Programas de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos da fábrica, com atenção especial para o reparo e/ou substituição de partes móveis desgastadas pelo uso, ou, ainda, troca de equipamentos completos;
- Prever Plano de Controle Auditivo (PCA);
- Preparação do documento de mapeamento de ruídos;
- Elaboração do Mapeamento de Riscos Ambientais, conforme o Anexo IV da NR-5;
- Instalação de aterramento de equipamentos e medição periódica da equipotencialidade da malha de aterramento dos equipamentos;
- Instalação de sistema de proteção a dispersão atmosférica (pára-raios e gaiola de Faraday para as edificações);
- Elaboração de programas de inspeções e de auditorias de segurança;
- Efetuar inspeções de segurança periódicas em equipamentos pressurizados e caldeiras, conforme a NR-13;
- Preparar desenho com a localização dos sistemas de combate a incêndio;
- Elaboração do Plano de Gerenciamento de Riscos;
- Elaboração do Plano de Ação de Emergência e/ou de Contingências, especificando a localização dos alarmes de emergência e dos detectores de gases, os procedimentos, as rotas de fuga e os pontos de encontros;

- Sistemas adequados de combate a incêndio, conforme o risco de incêndio nas áreas de fabricação que manuseiam produtos inflamáveis;
- Criar e treinar a equipe de Brigada de Incêndio;
- Efetuar simulados de combate a incêndio e outros tipos de emergência.

### 6.3 Medidas Mitigadoras Específicas

- Linhas de Transferência de Óleo Diesel
  - . Sobresspressão das paredes para prevenir contra furos (corrosão)
  - . Pintura anti-corrosiva
  - . Linha projetada para pressão máxima superior à da bomba operando em “shutoff”
  - . Linhas dotadas de válvulas de alívio térmico
- Linhas de Gás Natural e Filtro
  - . Realização de testes hidrostáticos e ensaios não destrutivos (pré-operacionais);
  - . Linhas construídas em tubos projetados conforme Norma ANSI 31.1;
  - . Área sinalizada;
  - . Rotinas para movimentação de materiais nas proximidades;
  - . Válvulas “shut down” bloqueiam alimentação de gás a partir do gasoduto, se ocorrer queda de pressão nas linhas de gás internas à área da TPP;
  - . Inspeção visual diária;
  - . Testes hidrostáticos com pressão 50% superior à pressão de projeto, antes do início da operação da planta;
  - . Válvulas de alívio de pressão no filtro e ao longo das linhas;
  - . Válvula de bloqueio no ponto de recebimento de gás do gasoduto;
  - . Linhas projetadas para temperaturas superiores à temperatura ambiente, com margem de segurança conforme Normas;
  - . Atuação de válvulas de alívio térmico ao longo das linhas.
- Turbinas a Óleo Diesel / Gás Natural
  - . Monitoramento automático da vibração;
  - . Alarme sonoro e visual indicando aumento de temperatura e/ou vibração, velocidade muito alta ou muito baixa, etc.
  - . Detector de chama com redundância, intervalo com sistema de purga dos gases, caso haja ausência de chama; na fase I o intertravamento será com o sistema de drenagem de óleo diesel;
  - . Sensores de temperatura na câmara de combustão, também intertravado com os sistemas de purga e drenagem;
  - . Detectores de gás no interior da carcaça da turbina;
  - . Ventilação forçada nas “casas das turbinas”, evitando acúmulo de gases;
  - . Sistema para desligamento da turbina se houver desbalanceamento, bloqueando a entrada de gás ou óleo e iniciando a purga e/ou drenagem;

- . Medição de nível baixo nos tambores com intertravamento para “shut down” na turbina ;
- . Medição de pressão na linha de alimentação de água;
- . Aumento da vazão de recirculação de água;
- . Alívio de pressão pela válvula de alívio;
- . Abertura da válvula de segurança, caso persista a elevação da pressão;
- . Medição de nível baixo com intertravamento, desligando as bombas de alimentação de água para a caldeira.

## **7 PLANO DE GERENCIAMENTO DE RISCO**

### **7.1 Introdução**

O gerenciamento de riscos é uma coleção de recomendações de segurança, visando a mitigação ou minimização dos riscos encontrados pelo estudo de análise de risco de processo, seu planejamento de implantação, responsabilidades e cronograma.

O Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR) é a última fase do estudo de Análise de Risco de Processos. O PGR consiste no planejamento da implantação das medidas mitigadoras propostas pelo estudo de análise de risco de processos e de procedimentos operacionais, técnicos e administrativos, com o objetivo de manter a instalação operando dentro de limites de segurança aceitáveis pela sociedade.

A implementação das medidas mitigadoras recomendadas pelo estudo só terá efeito se houver um programa completo e contínuo de inspeção, de manutenção e de treinamento de operadores. A seguir, apresentam-se as principais diretrizes para a elaboração do PGR.

### **7.2 Diretrizes do Plano**

O PGR deve contemplar os seguintes itens:

- Inclusão de Alertas de Segurança no Manual de Operação da instalação;
- Elaboração de um programa de inspeções periódicas em todos os equipamentos e dispositivos de segurança;
- Preparação de programas efetivos de manutenção preditiva, preventiva e corretiva afim de assegurar o nível de segurança das especificações técnicas de projeto da instalação;

- Promover programa de treinamento operacional e de segurança aos operadores, bem como a sua reciclagem no treinamento;
- Efetuar auditorias periódicas para verificação do nível de segurança da instalação;
- Prever sistema de avaliação de risco permanente, toda vez que houver modificação, reforma ou ampliação do processo utilizado na instalação em questão;
- Preparar Plano de Ação de Emergência;
- Elaborar um cronograma de ações, a fim de poder implantar os itens já mencionados, indicando responsabilidades e datas de execução das ações.

## 8 CONCLUSÕES

Pelos resultados encontrados na análise de risco elaborada para a termelétrica da TPP, a ser instalada nas adjacências da REPLAN, pode-se concluir pela implantação do projeto na sua fase construtiva e, posteriormente, operacional, que os potenciais de riscos identificados por esta análise, foram considerados como sendo baixos e, que com a implementação das medidas mitigadoras propostas, pode-se considerar controlados.

Nas análises de consequência/vulnerabilidade para a hipótese acidental estudada para um potencial vazamento de gás natural pelo colapso do gasoduto na área da termelétrica, conclui-se que os seus efeitos ficarão contidos na área da termelétrica e da REPLAN.

Pela sua localização nas adjacências da REPLAN e também pelos resultados encontrados, conclui-se que não há potenciais de riscos para a comunidade mais próxima da termelétrica, quer sejam elementos do público, que são inexistentes, ou funcionários de outras unidades industriais próximas.



## **9 PLANO DE EMERGÊNCIA**

### **9.1 Diretrizes do Plano de Ação de Emergência**

#### **9.1.1 Introdução**

O risco de incêndios, explosões, vazamentos e outros acidentes capazes de originar uma situação de emergência sempre está presente em instalações industriais, apesar das medidas de prevenção e de proteção existentes. Esta constatação faz com que, haja necessidade destas instalações estarem devidamente equipadas e com o seu pessoal treinado para o combate e o controle de situações de emergência. Tendo por base este conceito deve-se elaborar as diretrizes para um Plano de Ação de Emergência (P.A.E.).

#### **9.1.2 Objetivos do Plano**

O Plano de Ação de Emergência (PAE) tem a finalidade de apresentar um conjunto de diretrizes e informações necessárias e importantes para a preparação de procedimentos lógicos, técnicos e administrativos, e de certa forma estruturados, para serem adotados e/ou seguidos imediatamente após a caracterização de situações emergências em uma instalação industrial. O PAE deve sempre visar a minimização dos impactos negativos de situações de emergências a todos os funcionários da instalação industrial, à comunidade circunvizinha em geral e ao meio ambiente.

#### **9.1.3 Desenvolvimento do Plano**

O PAE deverá ser desenvolvido a partir das informações resultantes do Estudo de Análise de Risco da instalação em questão, contemplando ações específicas para o controle de emergências potencialmente geradas pelas hipóteses acidentais previstas por este estudo.

#### **9.1.4 Diretrizes**

As diretrizes são instruções básicas que definem as ações para o controle de situações emergenciais no âmbito da instalação ou do empreendimento. Tais diretrizes devem ser elaboradas durante o desenvolvimento do Estudo de Análise de Risco e, assim, darão origem ao Plano de Ação de Emergência da instalação em estudo.

Ao se preparar um PAE é necessário se atender uma série de elementos considerados críticos para a sua elaboração. A seguir, apresentam-se uma relação desses elementos:

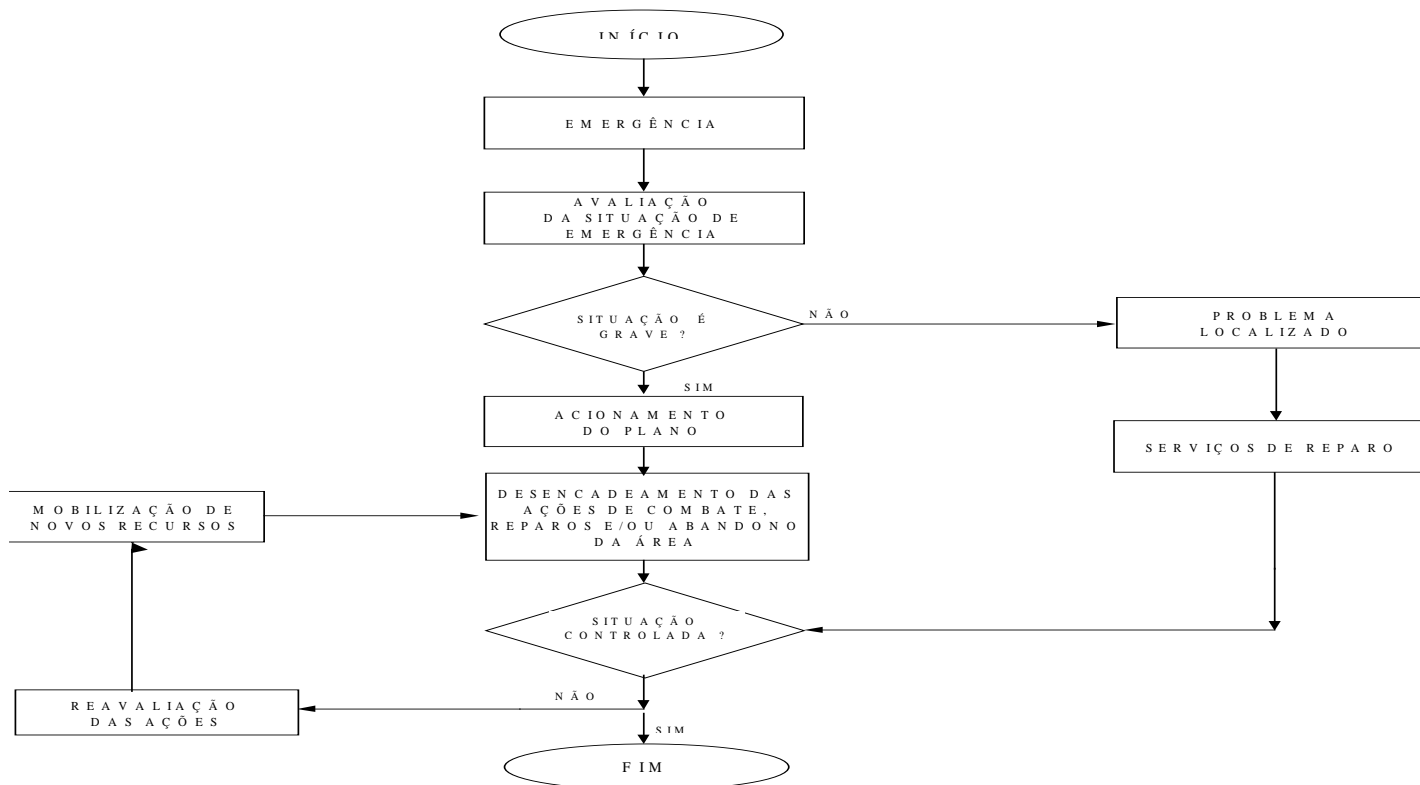
- identificação clara e localização da instalação;
- relação dos produtos perigosos e suas respectivas quantidades;
- descrição sucinta do processo utilizado na instalação;

- descrição, composição e localização dos sistemas de proteção, de comunicação, de combate a incêndio, dispositivos de segurança, alarmes de emergência, sistemas de monitoramento ambiental, serviços médicos, sistema de transporte e demais equipamentos importantes para o controle de emergências;
- identificação clara da natureza e extensão das hipóteses acidentais adotadas para o PAE;
- estabelecimento da hierarquia da equipe de atuação em emergências, inclusive suas funções, responsabilidades e deveres;
- preparação dos procedimentos de emergência para cada hipótese acidental estudada;
- definição dos níveis de emergência;
- indicação de rotas de fuga, pontos de encontro e local da central de comando da emergência;
- estabelecimento de um programa de treinamento pessoal, inclusive simulados de área;
- verificação da possibilidade de inter-relacionamento com outros planos de emergência, por exemplo, de indústrias próximas ou regionais (PAM - Plano de Auxílio Mútuo);
- estabelecimento de programas de revisão e de auditoria do PAE.

#### 9.1.5 Estrutura Básica para Acionamento do Plano

A estrutura básica de acionamento do P.A.E. para atender à instalação da termelétrica da TPP deverá ser elaborado de acordo com os critérios propostos e recomendados a seguir na Figura 9.1.5-1 - "Estrutura Básica para Acionamento do P.A.E."

**Figura 9.1.5-1 - Estrutura Básica para Acionamento do P.A.E.**





## MODELOS DE CÁLCULO DE CONSEQUÊNCIAS

### **Modelo de Cálculo de Consequências**

O aplicativo de computador CHEMS-PLUS, possui um banco de dados com 378 produtos, existindo a possibilidade de inserção de novos produtos e, permite realizar simulações de vazamentos de líquidos, gases e escoamento duas fases. O CHEMS-PLUS realiza simulações de dispersão instantâneas e contínuas de gases mais pesados que o ar, dispersão de jatos e dispersão tipo pluma gaussiana e, calcula parâmetros relativos a incêndios em bola de fogo, poças, jatos e UVCE; quanto às explosões, permite definir sobrepressões geradas por explosões não confinadas, UVCE, e explosões físicas.

Os modelos matemáticos utilizados pelo CHEMS-PLUS são os seguintes:

- Modelo para cálculo do comportamento das substâncias, imediatamente após a sua liberação para o meio ambiente;
- Modelo de dispersão de substâncias tóxicas na atmosfera, para cálculos de concentração no meio ambiente e probabilidades de fatalidades para seres humanos;
- Modelos para cálculo das consequências de incêndios e explosões.

O CHEMS-PLUS permite o uso, tanto individualmente como em conjunto, de maneira lógica e em sequência de cada um desses modelos, tornando assim mais fácil a visualização e a análise dos seus resultados.



## **SIMULAÇÕES**

**Anexo II.1** - Programa CHEMS-PLUS - Vazamento de gás natural através dos orifícios.

**Anexo II.2** - Programa CHEMS-PLUS - Dispersão do jato de gás natural através dos orifícios.

**Anexo II.3** - Programa CHEMS-PLUS - Jato de fogo de gás natural através dos orifícios.

**Anexo II.4** - Programa equivalente em TNT (UVCE de gás natural).



**Anexo II - 1**

**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM: Mon Dec 07 20:27:58 1998**

**Gas/Vapor flow from vessels and pipes**

**User Inputs:**

Vessel temperature, (K) .....		303
Vessel pressure, (Pa) .....		3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.356	
Discharge coefficient .....	0.62	

**Model Outputs:**

Mass flow rate, (kg/s) .....	374
Exit temperature, (K) .....	263
Exit pressure, (Pa) .....	1.96E+06
Exit velocity, (m/s) .....	422
Exit density, (kg/m3) .....	14.4

**Flow is sonic**



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM: Mon Dec 07 12:13:51 1998**

**Gas/Vapor flow from vessels and pipes**

=====

**User Inputs:**

Vessel temperature, (K) .....		<b>303</b>
Vessel pressure, (Pa) .....	<b>3.6E+06</b>	
Hole diameter, (m) .....	<b>0.0712</b>	
Discharge coefficient .....	<b>0.62</b>	

**Model Outputs:**

Mass flow rate, (kg/s) .....	<b>15</b>
Exit temperature, (K) .....	<b>263</b>
Exit pressure, (Pa) .....	<b>1.96E+06</b>
Exit velocity, (m/s) .....	<b>422</b>
Exit density, (kg/m <sup>3</sup> ) .....	<b>14.4</b>
Flow is sonic	





## Anexo II.1

**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM: Mon Dec 07 20:29:44 1998**

**Gas/Vapor flow from vessels and pipes**

=====

### User Inputs:

Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.0178
Discharge coefficient .....	0.62

### Model Outputs:

Mass flow rate, (kg/s) .....	0.935
Exit temperature, (K) .....	263
Exit pressure, (Pa) .....	1.96E+06
Exit velocity, (m/s) .....	422
Exit density, (kg/m <sup>3</sup> ) ..	14.4

**Flow is sonic**



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM: Mon Dec 07 20:43:31 1998**

-----		
Gaseous Expansion Model		
-----		
	Initial	Final
-----		
Axial position (m)	0	0.2848
Diameter (m) 0.356	0.7204	
Velocity (m/s) 289.4	784.1	
Density (kg/m3)	12.98	1.17
Temperature (K)	303	168.9
Pressure (Pa) 1.96E+06	1.013E+05	
Flow rate (kg/s)	374	374
-----		



## Anexo II.1

CHEMS-PLUS, V 2

PROJECT:

PROBLEM: Mon Dec 07 12:17:04 1998

-----		
Gaseous Expansion Model Initial		Final
-----		
Axial position (m)	0	0.05696
Diameter (m) 0.0712	0.1424	
Velocity (m/s) 284.4	788.2	
Density (kg/m3)	12.98	1.171
Temperature (K)	303	166.7
Pressure (Pa) 1.96E+06	1E+05	
Flow rate (kg/s)	14.7	14.7
-----		

CHEMS-PLUS, V 2.0

PROJECT:

PROBLEM: Mon Dec 07 21:03:48 1998

-----		
Gaseous Expansion Model Initial		Final
-----		
Axial position (m)	0	0.01424
Diameter (m) 0.0178	0.03602	
Velocity (m/s) 289.4	784.1	
Density (kg/m3)	12.98	1.17
Temperature (K)	303	168.9
Pressure (Pa) 1.96E+06	1.013E+05	
Flow rate (kg/s)	0.935	0.935
-----		



## Anexo II.2

**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM:** Mon Dec 07 21:12:02 1998

**Gas/two-phase jet dispersion**

=====

### User Inputs:

Jet density [after expansion], (kg/m <sup>3</sup> ).....	1.17
Ambient temperature, (K) .....	303
Ambient pressure, (Pa) .....	1.01E+05
Limiting concentration, (ppm) .....	5E+04
Jet radius [after expansion], (m) .....	0.36

### Model Outputs:

Jet radius, (m) .....	3.78
Downwind distance, (m) .....	42.8



### Gas/two-phase jet dispersion

=====

#### User Inputs:

Jet density [after expansion], (kg/m <sup>3</sup> ) .....	1.17
Ambient temperature, (K) .....	303
Ambient pressure, (Pa) .....	1E+05
Limiting concentration, (ppm) .....	5E+04
Jet radius [after expansion], (m) .....	0.0712

#### Model Outputs:

Jet radius, (m) .....	0.748
Downwind distance, (m) .....	8.53



## Anexo II.2

### Gas/two-phase jet dispersion

=====

#### User Inputs:

Jet density [after expansion], (kg/m <sup>3</sup> ) .....	1.17
Ambient temperature, (K) .....	303
Ambient pressure, (Pa) .....	1.01E+05
Limiting concentration, (ppm) .....	5E+04
Jet radius [after expansion], (m) .....	0.018

#### Model Outputs:

Jet radius, (m) .....	0.189
Downwind distance, (m) .....	2.14



### Anexo II.3

CHEMS-PLUS, V 2.0

PROJECT:

PROBLEM: Mon Dec 07 22:00:03 1998

#### Flame Jet Model

=====

#### User Inputs:

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.28 (orifício equivalente para coeficiente 0,62)
Limiting flux value, (kW/m <sup>2</sup> ) .....	100

#### Databank Values:

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

#### Model Outputs:

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m <sup>3</sup> ) .....	1.17
Jet density, (kg/m <sup>3</sup> ) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	373
Flame jet length, (m) .....	372
Atmospheric transmissivity .....	0.698
Distance to limiting flux value, (m) .....	45.2



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM: Mon Dec 07 22:12:23 1998**

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
hole diameter, (m) .....	0.28
limiting flux value, (kW/m2) .....	50

**Anexo II.3**

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	373
Flame jet length, (m) .....	372
Atmospheric transmissivity .....	0.678
Distance to limiting flux value, (m) .....	63





**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM:** Mon Dec 07 22:12:32 1998

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.28
Limiting flux value, (kW/m2) .....	30

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	373
Flame jet length, (m) .....	372
Atmospheric transmissivity .....	0.663
Distance to limiting flux value, (m) .....	80.5



### Anexo II.3

CHEMS-PLUS, V 2.0

PROJECT:

PROBLEM: Mon Dec 07 22:12:38 1998

#### Flame Jet Model

=====

#### User Inputs:

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.28
Limiting flux value, (kW/m2) .....	10

#### Databank Values:

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

#### Model Outputs:

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	373
Flame jet length, (m) .....	372
Atmospheric transmissivity .....	0.632
Distance to limiting flux value, (m) .....	136



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM:** Mon Dec 07 22:12:44 1998

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.28
Limiting flux value, (kW/m2) .....	2

**Anexo II.3**

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	373
Flame jet length, (m) .....	372
Atmospheric transmissivity .....	0.59
Distance to limiting flux value, (m) .....	294



CHEMS-PLUS, V 2.0

PROJECT:

PROBLEM: Mon Dec 07 14:23:07 1998

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) 0.056 (orifício equivalente para coeficiente de descarga=0,62)	
Limiting flux value, (kW/m2) .....	2

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	14.9
Flame jet length, (m) .....	74.4
Atmospheric transmissivity .....	0.678
Distance to limiting flux value, (m) .....	63



### Anexo II.3

CHEMS-PLUS, V 2.0

PROJECT:

PROBLEM: Mon Dec 07 14:23:38 1998

#### Flame Jet Model

=====

#### User Inputs:

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.056
Limiting flux value, (kW/m2) .....	10

### Anexo II.3

#### Databank Values:

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

#### Model Outputs:

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	14.9
Flame jet length, (m) .....	74.4
Atmospheric transmissivity .....	0.726
Distance to limiting flux value, (m) .....	29.2



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM:** Mon Dec 07 14:23:51 1998

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.056
Limiting flux value, (kW/m2) .....	30

**Anexo II.3**

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	14.9
Flame jet length, (m) .....	74.4
Atmospheric transmissivity .....	0.761
Distance to limiting flux value, (m) .....	17.2



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM:**

**Mon Dec 07 14:24:00 1998**

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.056
Limiting flux value, (kW/m2) .....	50

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	14.9
Flame jet length, (m) .....	74.4
Atmospheric transmissivity .....	0.778
Distance to limiting flux value, (m) .....	13.5



### Anexo II.3

CHEMS-PLUS, V 2.0

PROJECT:

PROBLEM: Mon Dec 07 14:24:07 1998

#### Flame Jet Model

=====

#### User Inputs:

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.056
Limiting flux value, (kW/m2) .....	100

#### Databank Values:

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

#### Model Outputs:

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	14.9
Flame jet length, (m) .....	74.4
Atmospheric transmissivity .....	0.802
Distance to limiting flux value, (m) .....	9.69





## Flame Jet Model

=====

### User Inputs:

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m)                      0.014 (orifício equivalente para coeficiente de descarga=0,62)	
Limiting flux value, (kW/m2).....	100

### Databank Values:

#### Anexo II.3

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

### Model Outputs:

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	0.933
Flame jet length, (m) .....	18.6
Atmospheric transmissivity .....	0.904
Distance to limiting flux value, (m) .....	2.57



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM: Mon Dec 07 22:23:38 1998**

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.014
Limiting flux value, (kW/m2) .....	50

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	0.933
Flame jet length, (m) .....	18.6
Atmospheric transmissivity .....	0.877
Distance to limiting flux value, (m) .....	3.58



### Anexo II.3

**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM:** Mon Dec 07 22:23:46 1998

#### Flame Jet Model

=====

#### User Inputs:

Ambient temperature, (K) .....	303
Relative humidity, (Percent) .....	70
Vessel temperature, (K) .....	303
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06
Hole diameter, (m) .....	0.014
Limiting flux value, (kW/m <sup>2</sup> ) .....	30

#### Databank Values:

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

#### Model Outputs:

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m <sup>3</sup> ) .....	1.17
Jet density, (kg/m <sup>3</sup> ) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	0.933
Flame jet length, (m) .....	18.6
Atmospheric transmissivity .....	0.858
Distance to limiting flux value, (m) .....	4.58



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM:**

**Mon Dec 07 22:23:51 1998**

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....		<b>303</b>
Relative humidity, (Percent) .....	<b>70</b>	
Vessel temperature, (K) .....		<b>303</b>
Vessel pressure, (Pa) .....		<b>3.6E+06</b>
Hole diameter, (m) .....		<b>0.014</b>
Limiting flux value, (kW/m2) .....		<b>10</b>

**Anexo II.3**

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	<b>5E+04</b>
Molecular weight, (kg/kmol) .....	<b>16</b>
Heat of combustion, (J/kmol) .....	<b>8.02E+08</b>

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	<b>0.197</b>
air density, (kg/m3) .....	<b>1.17</b>
Jet density, (kg/m3) .....	<b>14.4</b>
Mass flow rate, (kg/s) .....	<b>0.933</b>
Flame jet length, (m) .....	<b>18.6</b>
Atmospheric transmissivity .....	<b>0.818</b>
Distance to limiting flux value, (m) .....	<b>7.74</b>



**CHEMS-PLUS, V 2.0**

**PROJECT:**

**PROBLEM: Mon Dec 07 22:23:58 1998**

**Flame Jet Model**

=====

**User Inputs:**

Ambient temperature, (K) .....	303	
Relative humidity, (Percent) .....	70	
Vessel temperature, (K) .....	303	
Vessel pressure, (Pa) .....	3.6E+06	
Hole diameter, (m) .....	0.014	
Limiting flux value, (kW/m2) .....		2

**Databank Values:**

Lower flammable limit, (ppm) .....	5E+04
Molecular weight, (kg/kmol) .....	16
Heat of combustion, (J/kmol) .....	8.02E+08

**Model Outputs:**

Radiative Fraction of Combustion Energy .....	0.197
air density, (kg/m3) .....	1.17
Jet density, (kg/m3) .....	14.4
Mass flow rate, (kg/s) .....	0.933
Flame jet length, (m) .....	18.6
Atmospheric transmissivity .....	0.764
Distance to limiting flux value, (m) .....	16.7

<b>Anexo II.4</b>			
CALCULO DOS EFEITOS DE UMA U.V.C.E (EXPLOSÃO DE VAPORES NÃO CONFINADOS)			
MÉTODO EQUIVALENTE TNT			
Dados para os Cálculos			
Quantidade de Produto (Kg) 40840	Calor de Combustão do Produto (KJ/Kg) 50000	Rendimento da Explosão (%) 2	
Cálculos			
Distância do Ponto Considerado até o Centro da Explosão (m)	Equivalente TNT (Kg TNT)	Distância Reduzida (Kg/m <sup>1/3</sup> )	Sobrepessão (atm)
33	9,0354E+03	1,5844E+00	1,9802E+00
40	9,0354E+03	1,9205E+00	1,4265E+00
50	9,0354E+03	2,4006E+00	9,8002E-01
75	9,0354E+03	3,6009E+00	5,0336E-01
170	9,0354E+03	8,1621E+00	1,4147E-01
350	9,0354E+03	1,6804E+01	5,0842E-02
500	9,0354E+03	2,4006E+01	3,1729E-02
40	9,0354E+03	1,9205E+00	1,4265E+00
44	9,0354E+03	2,1125E+00	1,2143E+00
81	9,0354E+03	3,8890E+00	4,4470E-01
136	9,0354E+03	6,5297E+00	1,9778E-01
155	9,0354E+03	7,4419E+00	1,6235E-01