



**UFSM**

Dissertação de Mestrado

**DELINEAMENTO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO  
AMBIENTAL PARA EXECUÇÃO DE TESTE  
HIDROSTÁTICO EM DUTOS DE GÁS NATURAL**

---

**Renato Paula de Andrade**

**PPGEP**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**DELINEAMENTO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO  
AMBIENTAL PARA EXECUÇÃO DE TESTE  
HIDROSTÁTICO EM DUTOS DE GÁS NATURAL**

---

**por**

**Renato Paula de Andrade**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção,  
Área de Concentração em Qualidade e Produtividade, da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia de Produção**

**PPGEP**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**DELINEAMENTO DE METODOLOGIAS DE  
GESTÃO AMBIENTAL PARA EXECUÇÃO DE TESTE  
HIDROSTÁTICO EM DUTOS DE GÁS NATURAL**

elaborada por  
**Renato Paula de Andrade**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia de Produção**

**COMISSÃO EXAMINADORA :**

---

**Prof. Dr. Djalma Dias da Silveira**  
(Presidente/Orientador)

---

**Prof. Dr. Jorge Orlando Cuellar Noguera**

---

**Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva**

Santa Maria, 30 de Abril de 2004

*“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*

**(Art. 225º, Constituição da República Federativa do Brasil)**

*Dedico este trabalho a todos aqueles que, assim como eu, acreditam que é possível integrar desenvolvimento e preservação, permitindo a manutenção dos ecossistemas e o contínuo desenvolvimento humano. Cabe ao homem reconhecer, mensurar e controlar o efeito de suas ações sobre o meio ambiente.*

*Agradeço à Organização Techint pelo apoio e confiança investidos durante a elaboração deste trabalho, assim como ao Prof. Dr. Djalma Dias da Silveira, que orientou-me com extrema dedicação e propriedade durante meses a fio, extrapolando por muitas vezes a figura do “orientador”, e também às minhas filhas Anna Beatriz e Maria Luísa de Paula Andrade, que souberam, inconscientemente, doar-me um pouco de sua necessidade de atenção.*

## SUMÁRIO

### **Capítulo 1 : Introdução**

1. Justificativa .....	01
1.1. Definição de Objetivos	
1.1.1. Objetivo Principal .....	03
1.1.2. Objetivos Específicos .....	03
1.2. Contextualização do Cenário.....	03

### **Capítulo 2 : Desenvolvimento**

2. O Teste Hidrostático de Tubulação .....	13
2.1. Planejamento .....	17
2.2. Limpeza e Calibração .....	20
2.3. Enchimento .....	23
2.4. Pressurização .....	26
2.5. Drenagem .....	27
2.6. PIG Instrumentado .....	28
2.7. Secagem .....	30

### **Capítulo 3 : Material e Métodos**

3. Aspectos Básicos .....	31
3.1. ACV (Análise do Ciclo de Vida)	
3.1.1. Conceitos .....	31

a) Objetivo e Escopo .....	33
b) Análise do Inventário .....	34
c) Avaliação do Impacto .....	34
d) Interpretação .....	34
3.1.2. Aplicação da ACV para o Teste Hidrostático .....	35
3.2. FMEA ( <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> )	
3.2.1. Conceitos .....	36
<b>Capítulo 4 : Resultados</b>	
4. Aspectos e Impactos Ambientais Significativos Oriundos do Teste Hidrostático de Tubulação .....	39
4.1. Discussão sobre os Parâmetros de Controle da Captação e do Efluente de Teste .....	42
4.2. Emissão de Fumaça .....	50
4.3. Derramamento de Óleos e Combustíveis .....	50
4.4. Geração de Resíduos Sólidos .....	51
4.5. Consumo de Combustíveis .....	51
4.6. Geração de Ruído .....	52
4.7. Consumo de Água .....	53
<b>Capítulo 5 : Discussão e Conclusões .....</b>	<b>56</b>
<b>Capítulo 6 : Bibliografia .....</b>	<b>58</b>
<b>Anexos :</b>	
Anexo A (Procedimento para Análise de Requisitos de Processo)	
Anexo B (Análise de Aspectos e Impactos Ambientais)	
Anexo C (Planejamento de Ações de Mitigação)	
Anexo D (Algoritmo para Execução de Testes Hidrostáticos)	

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Demanda Projetada para o Consumo de Gás Natural (SANTOS,2002) .....	09
FIGURA 02 - Diagrama Teórico de Teste Hidrostático (Fonte : Procedimentos Internos Techint) .....	19
FIGURA 03 - Detalhes Típicos de Cabeçotes para Teste Hidrostático (Fonte : Procedimentos Internos Techint) .....	20
FIGURA 04 - PIG tipo Escova (Fonte : T.D.Williamson,1999) .....	22
FIGURA 05 - PIG tipo Escova sendo Removido (Fonte : Techint, 2000) .....	22
FIGURA 06 - Detalhes Típicos de Placa Calibradora (Fonte : Procedimentos Internos Techint) .....	23
FIGURA 07 - Diagrama de uma Estação de Bombeamento (Fonte : Procedimentos Internos Techint) .....	24
FIGURA 08 - Detalhes do Sistema de Proteção com Telas (Fonte : Procedimentos Internos Techint) .....	25
FIGURA 09 - Estação de Bombeamento em Canoas/RS (Fonte : Acervo Techint, 2000) .....	25

FIGURA 10 - PIG Instrumentado	
(Fonte : T.D.Williamson,1999) .....	29
FIGURA 11 - Detecção de Redução de Seção	
(Fonte : T.D.Williamson,1999) .....	29
FIGURA 12 - Fluxograma Básico de Teste Hidrostático .....	35
FIGURA 13 - The FMEA Process	
(Fonte : The Haviland Consulting Group, 2003) .....	38
FIGURA 14 - Representatividade dos Impactos Ambientais decorrentes do Processo de Teste Hidrostático .....	40
FIGURA 15 - Avaliação da Etapa do Processo com Maior Significância Ambiental .....	41

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 - Fontes de Gás Natural (adaptado de SANTOS, 2002) .....	10
QUADRO 02 - Tendências de Desenvolvimento de Linhas de Transporte de Gás (adaptado de MOHITOPOUR <i>et alii</i> , 2001) .....	12

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **DELINEAMENTO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO AMBIENTAL PARA EXECUÇÃO DE TESTE HIDROSTÁTICO EM DUTOS DE GÁS NATURAL**

AUTOR : RENATO PAULA DE ANDRADE  
ORIENTADOR : Prof. Dr. DJALMA DIAS DA SILVEIRA  
Data e Local da Defesa : Santa Maria/RS, 30 de Abril de 2004

O presente trabalho avalia cenários distintos relativos à Política Energética de nosso País, sem contudo perder o foco voltado para a contribuição do Gás Natural para nossa Matriz Energética. Como principal direcionamento, apresenta discussões pertinentes aos aspectos e impactos ambientais oriundos dos testes hidrostáticos executados para verificação da integridade física de tubulações de transporte de gás natural, quer seja em novos empreendimentos ou durante reparos em tubulações já existentes. São apresentadas as características do teste hidrostático de tubulação, perfeitamente relatado conforme executado na prática, tomando como base procedimentos operacionais reais. O autor baseou seu trabalho em duas técnicas analíticas bastante difundidas : a Análise de Ciclo de Vida de Produto (ACV) e a FMEA (sigla em inglês para Análise de Modo de Falha), avaliando qualitativa e quantitativamente os impactos e propondo metodologias de controle factíveis, de acordo com a magnitude dos impactos verificados. Como produto final desta dissertação, foi possível obter um algoritmo heurístico a ser utilizado por qualquer executante de teste hidrostático em dutos de gás natural, dotado de um mapeamento completo dos aspectos e impactos ambientais envolvidos, assim como as medidas mitigadoras pertinentes.

## **ABSTRACT**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **DELINEAMENTO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO AMBIENTAL PARA EXECUÇÃO DE TESTE HIDROSTÁTICO EM DUTOS DE GÁS NATURAL**

*(DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT  
GUIDELINES FOR HYDROSTATIC TESTING OF  
NATURAL GAS PIPELINES)*

AUTHOR : RENATO PAULA DE ANDRADE  
ADVISOR : Dr. DJALMA DIAS DA SILVEIRA  
Date and Location : Santa Maria/RS, April, 30<sup>th</sup>., 2004

The present dissertation evaluates distinct scenarios related to the Brazilian Energetic Policy and the contribution of Natural Gas to the existing Energetic Matrix. Many discussions are presented respecting environmental aspects and impacts from hydrostatic testing process, conducted to assure pipeline integrity. Hydrostatic testing is performed in each new one or existing pipelines, and its characteristics are demonstrated based on real and already experimented execution procedures. The author based its work in two important analytical models: The Life Cycle Analysis (LCA) and The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), evaluating quantitative and qualitative impacts. As the same manner, mitigation measures are proposed, according to the aspects and impacts relevancy. Resulting from this work, a heuristic algorithm to hydrostatic testing was generated, and can be used by any person. The heuristic algorithm is complemented by the impacts and aspects analysis sheet, as well as mitigation measures that must be employed.



## 1. Justificativa

A Lei máxima de nosso País, a Constituição da República Federativa do Brasil, determina, em seu artigo 225º, a obrigação da coletividade e do Poder Público para com a preservação do ambiente. Partindo da premissa de que o ambiente possui uma base “biocêntrica”, não mais “antropocêntrica”, conforme postula muito bem (BENJAMIN, 1998), temos que é obrigação do cidadão a luta pela defesa do meio ambiente.

Ao identificarmos a base “biocêntrica” do meio ambiente, vislumbramos a essência da preservação: preservar para que a vida continue existindo. A vida deve ser preservada pela vida, isto é, manter o meio ambiente vivo significa manter a dinâmica entre todos os seres que compõem nosso *habitat*. A permanência do homem decorrerá destas ações de manutenção das relações de equilíbrio, que deverão ser contínuas e sustentáveis. Como bem sintetiza (FIGUEIREDO, 1999), temos que “*o bem maior tutelado é a vida com saúde para toda a humanidade*”.

Outra característica importante deste adágio constitucional refere-se às futuras gerações: faz parte de nossas obrigações a preservação do ecossistema para que nossos sucessores possam desfrutá-lo. Com a leitura sob este prisma, a preservação ambiental passa a ter uma conotação voltada para a obrigatoriedade. Não é mais aceita a idéia do modismo para a “coisa ambiental”, em que a luta pela preservação nada mais é do que exibir camisetas ou flâmulas de organizações não-governamentais. A partir da promulgação de nossa Constituição, e da tomada de consciência do povo brasileiro, a preservação ambiental tornou-se um “exercício de cidadania”, indelével, indispensável e inadiável.

Esta obrigação expande-se para todos os nossos semelhantes, e a despeito de encontrar-se estampada e sublinhada em nossa Constituição Federal, encontra eco em toda a humanidade moderna, haja visto o esforço de praticamente todas as nações para o desenvolvimento de políticas mais razoáveis sob o ponto de vista ambiental, e voltadas para o Desenvolvimento Sustentável. Sendo assim, não comete-se um devaneio ao afirmar que a obrigação para com o meio ambiente transcende fronteiras, raças, credos ou línguas, devendo ser discutido e interiorizado por todos os habitantes de nosso planeta.

Dentro do espírito eco-desenvolvimentista que norteia o pensamento deste autor, entende-se indispensável a construção e manutenção dos dutos de transporte de gás natural em nosso País, conforme poderá ser visto detalhadamente mais à frente. Assim sendo, urge entender e questionar os impactos ambientais decorrentes da principal etapa da construção: o teste hidrostático de tubulação.

## **1.1. Definição de Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Principal**

Definir critérios técnicos para avaliação e mitigação dos impactos ambientais decorrentes da execução de testes hidrostáticos em dutos de transporte de gás natural.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- a. Qualificar e quantificar a magnitude dos impactos ambientais oriundos de um teste hidrostático de tubulação;
- b. Discutir os parâmetros de controle do efluente resultante da execução do teste hidrostático;
- c. Desenvolver algoritmo heurístico voltado para a condução de testes hidrostáticos de impacto ambiental controlado e mitigado.

## **1.2. Contextualização do Cenário**

O autor iniciou a construção da presente dissertação em um cenário extremamente favorável ao desenvolvimento de projetos relacionados à Indústria do Gás Natural. Ao longo do ano de 2001, o governo brasileiro demonstrava-se bastante dedicado à questão, buscando o incremento da participação deste combustível de maneira mais representativa na composição da matriz energética de nosso país. À luz da época, a matriz energética brasileira seria composta por até 12 % de gás natural no ano de 2010 (BAJAY e RODRIGUES, 1997).

A situação vislumbrada pelo autor na época inferia à crise energética que estava instaurada no País um caráter de previsibilidade, onde a mesma decorria de vários fatores, mas resultava principalmente da inércia da década de 80, considerada por muitos como “década perdida”, não só para o Brasil, mas para vários dos países latino-americanos. (BAJAY, 1996)

Conjuntamente, o problema do setor energético brasileiro passava por uma inversão de valores entre as “necessidades técnicas” e as “necessidades político-econômicas”. Com tal postura, fora criada uma submissão das posições científicas que comprovaram a necessidade de investimento, frente à necessidade de manutenção do *status quo* econômico. Neste confronto de forças, o planejamento energético brasileiro foi preterido.

Em paralelo houve, neste passado recente, a ocorrência de esforços no sentido de alavancar as ações necessárias a atender a crescente demanda de energia elétrica. Grupos de trabalho e câmaras de discussão geraram diretrizes para o Governo Brasileiro. Contudo, as recomendações resultantes, ou não foram consideradas, ou foram somente admitidas parcialmente. Um destes pontos admitidos refere-se à alteração da composição da matriz energética brasileira. No Relatório da Comissão de Reexame da Matriz Energética Nacional de 1991, já havia menção sobre a participação do Gás Natural em 6 % da Matriz Energética em 2010. Entretanto, em Março de 1992, o Relatório da Comissão do Gás Natural concluiu que a participação do Gás Natural atingiria cerca de 12 %, ou seja, o dobro do relatório inicial, conforme já citado anteriormente. Especificamente quanto à energia elétrica, no período em que estes relatórios foram consolidados, a composição da matriz energética de nosso país compunha-se, em linhas gerais, de 90 % de energia elétrica oriunda de

usinas hidrelétricas. Os demais 10 % eram originados em usinas térmicas movidas a carvão e óleo, ou ainda nucleares (ANDRADE, 1998).

Antagonicamente ao que vemos atualmente, onde a discussão sobre o gás natural versa sobre questões tarifárias e exigência de garantias de longo prazo, quando do início destes estudos, a tônica que deveria mover a “indústria” do gás natural focava a construção de usinas termoelétricas e dutos de transporte e distribuição.

Vários fatores também vêm cerceando o crescimento do mercado, e conseqüentemente a ampliação dos projetos envolvendo o gás natural, os quais são muito bem apresentados por (ANP,2002) e que discuto a seguir.

- a) **Competição do Gás Natural x Óleo Combustível**, devido ao reduzido preço do óleo combustível, em especial dos mais pesados.
- b) **Posição dominante da Petrobrás**, historicamente detentora do monopólio do petróleo e gás, que age buscando a manutenção de seu mercado, dificultando a entrada de novos agentes e retardando a livre concorrência.
- c) **Dificuldade de harmonizar cláusulas do tipo *take or pay* de contratos de gás** com a otimização hidrotérmica do sistema elétrico, onde espera-se um incremento importante do gás natural como combustível para a geração de energia. Entretanto, a natureza dos contratos de gás natural e de compra/venda de energia dificulta a conciliação de ambos.

- d) **Tributação do gás natural** , devido à iniciativa de imposição de tributação em cascata do gás natural, em cada uma das distintas atividades da cadeia. Soma-se a isso, a tributação nos diferentes estados por onde passa um gasoduto.
- e) **Limites da regulação estabelecidos pela Lei 9.478/97**, pois esta lei não estabelece critérios definidos de atuação da ANP nas questões contratuais envolvendo o Gás Natural.
- f) **Dificuldades de licenciamento ambiental**, pois o início das construções e operações são condicionadas ao licenciamento ambiental amplo, definido pela abrangência do projeto.
- g) **Indefinição com relação ao acesso às redes** , que ainda continua com uma procura insipiente.
- h) **Fronteira de competência entre a ANP e as agências estaduais de regulação**, onde a Constituição estabelece que “cabe aos estados explorar diretamente, ou mediante concessão, os serviços locais de gás canalizado”. A divisão da regulação, portanto, se dá na entrega do gás no *city-gate*. Esta divisão com relação à tarefa regulatória dentro de uma mesma indústria, dificulta a homogeneização e a continuidade desejada do processo regulatório.

Face a este novo cenário, em virtude principalmente da indefinição da questão tarifária, o grande mote do gás natural definhou, levando consigo a expectativa da indústria construtora do segmento. Esta indefinição tarifária, causada basicamente pela discrepância entre os

valores de compra do insumo (gás natural, cotado em dólares americanos) e tarifas de energia elétrica (em reais), causou uma constante inconsistência e imprevisibilidade das empresas geradoras, que invariavelmente, haviam enxergado no processo de alteração energética conduzido pelo Brasil uma excelente oportunidade de negócios e desenvolvimento.

As bibliografias revisadas demonstram principalmente que o fator regulatório é uma das travas de maior efeito sobre a questão do gás natural. Esta característica deriva principalmente do histórico do mercado energético, com passado marcado e reconhecido como monopolista, fato este agravado pelo monopólio pertencer ao Estado.

Verifica-se também que:

*... frente a um modelo institucional que ainda se encontra em processo de transição, as incertezas permanecem elevadas, dificultando o desenvolvimento da indústria. Por esta razão, a ANP vem trabalhando na regulamentação das leis que regem o mercado nacional de petróleo e de gás natural. Todavia, o processo de construção do marco regulatório é complexo e tem ocorrido de acordo com as necessidades regulatórias apresentadas pela indústria (ANP, 2002).*

Especificamente quanto ao Gás Natural, a questão econômica sobrepõe-se à questão técnica, havendo a necessidade de envolvimento de vários agentes, de distintos segmentos e origens, tais como os Ministérios de Minas e Energia, Fazenda, ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), e as agências estaduais.

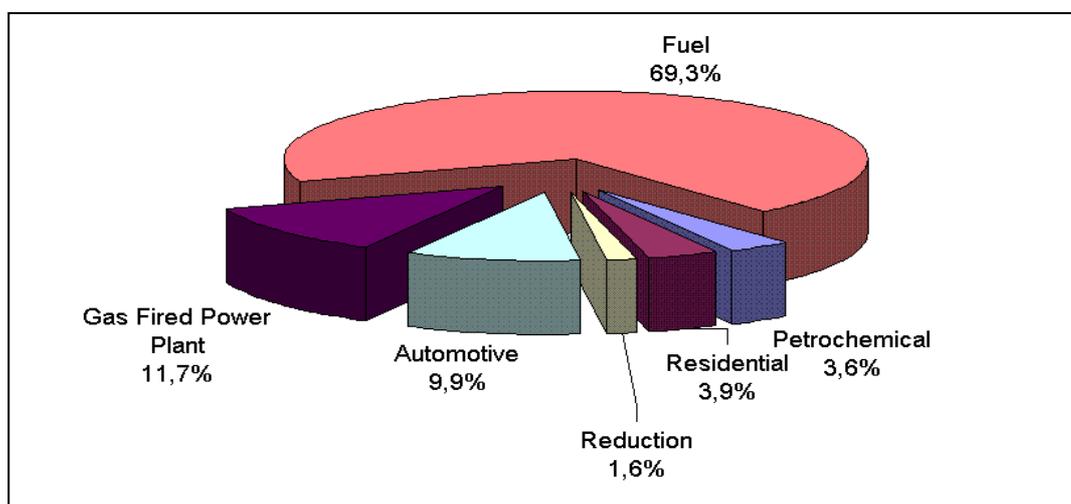
Com relação ao mercado de gás natural, algumas pendências têm impedido ou inibido a entrada de novos operadores nas distintas atividades ou, ainda, retardado o investimento nos diferentes segmentos da cadeia. Algumas dessas pendências podem ser regulamentadas por Portarias da

ANP. Outras, entretanto, referem-se a assuntos os quais perpassam o escopo de atuação da Agência, sendo responsabilidade do Ministério das Minas e Energia, do Ministério da Fazenda, do CADE, da Aneel, das agências de regulação estaduais entre outros órgãos.

Esta nova realidade, ainda que não invalide a questão do gás natural, ao menos remete sua discussão e conceitos a planos secundários, em contraponto ao pensamento do autor, que acredita na diversificação e multi-sustentação da matriz energética.

Paralelamente à questão regulatória, um dos pontos de incerteza reside na definição de demanda. A demanda para o Gás Natural residirá na utilização do insumo como combustível veicular, utilização doméstica e utilização industrial, não só por questões econômicas (redução de custos), mas também pelas melhorias ambientais proporcionadas por este combustível.

Um panorama proposto para o consumo do gás natural pode ser verificado na Figura 01.



**Figura 01** - Demanda Projetada de Gás Natural (SANTOS, 2002)

Como demanda não pode ser estudada sem avaliar e contabilizar a oferta, temos que o Brasil descobriu nos últimos anos importantes jazidas gasíferas: Urucu (na Floresta Amazônica), Sul do Brasil (Santa Catarina principalmente) e Bacia de Santos, que são pontos de exploração futura. Do ponto de vista internacional, o Brasil possui relações diplomáticas e comerciais que garantem o suprimento do combustível, principalmente junto à Bolívia, com reservas estimadas em 45 TCF<sup>1</sup> (ANP, 2002), e ainda a Argentina. Em estudo, e parcialmente já realizado, temos o Gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre (GASUP), que traria Gás Natural da Bacia Gasífera de Neuquén, sudoeste argentino. Outro duto com implantação já estudada é o *Cruz Del Sur*, que chegaria o Brasil por intermédio do Uruguai, sendo também originado em bacia gasífera da Argentina.

Detalhando ainda mais a oferta de gás, o Quadro 01 relaciona as fontes potenciais de gás natural:

**Quadro 01 - Fontes de Gás Natural (adaptado de SANTOS, 2002)**

<b>Local</b>	<b>Produção (em trilhões de m<sup>3</sup>/d)</b>
Bacia de Campos e Santos	9 a 20
Nordeste ( <i>inshore e offshore</i> )	9 a 12
Norte ( <i>inshore</i> )	2 a 5
Importação Bolívia e Argentina	6 a 12
Importação GNL	6

Para o ano de 2004, surgem projetos de grande porte, ampliando a rede de distribuição do gás. Dentre eles podemos citar: GASENE (levando o gás da Bacia de Campos à região metropolitana de Salvador), e o

<sup>1</sup> Sigla em inglês para a unidade de volume “Trilhões de Pés Cúbicos” (*Trillion of Cubic Feet*)

Campinas-Rio, que momentaneamente encontra-se em processo de licenciamento final junto aos órgãos ambientais competentes .

Esse prenúncio de futuro promissor, ainda que confuso, para a questão do gás natural no Brasil, encontra alento ainda na magnitude de nosso parque dutoviário, cerca de 12.000 km, ou seja, pouco mais de 2 % da malha dutoviária do Canadá, com cerca de 540.000 km (PASC, 1996). Ao expandir o horizonte para a malha dutoviária mundial, chegamos ao incrível número de 3,5 milhões de quilômetros de dutos, sendo que 98 % destes são enterrados (*underground pipelines*), de acordo com (MOHITPOUR *et alii*, 2002). Com base nestes números e frente à posição relativa de nossa economia, podemos prever o horizonte de expansão previsto para este modal de transporte.

Paralelamente, outra questão que corrobora a importância do teste de integridade física da tubulação, seja ela construída ou reparada, refere-se às pressões de trabalho destas tubulações, que aumentaram cerca de 75 vezes, em 80 anos de história, conforme podemos visualizar através do Quadro 02. Este incrível aumento da pressão de trabalho reforça a necessidade de execução de testes hidrostáticos de alto nível de confiabilidade.

**Quadro 02 :** Tendências de Desenvolvimento de Linhas de Transporte de Gás (adaptado de MOHITOPOUR *et alii*, 2001)

<b>ANOS</b>	<b>PRESSÃO DE OPERAÇÃO (kPa)</b>
1910	200
1930	2.000
1965	6.600
1980	8.000 - 10.000
1990	12.000 - 15.000

Estas pressões vêm sendo atingidas com o auxílio do desenvolvimento de aços especiais, com limites de escoamento maiores, permitindo a construção de dutos de maior pressão com paredes mais finas. Atualmente já encontra-se em testes o aço API 5L X100 (HUDSON *et alii*, 2002) e (BARSANTI, 2002).

## **2. O Teste Hidrostático de Tubulação**

O teste hidrostático de tubulação consiste, não apenas no teste físico propriamente dito, mas também em toda uma rotina de execução fundamentada no conceito de submeter a tubulação montada a uma pressão superior à pressão normal de trabalho, conforme projeto, garantindo sua integridade durante a operação normal.

Vários são os pontos de interface ambiental, tornando o teste hidrostático uma etapa de construção de vital importância para a construção e montagem, não só sob o ponto de vista de verificação da integridade das soldas executadas, mas também sob a ótica do gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais envolvidos.

Utilizando este prisma de avaliação, o teste hidrostático ganha contornos de “ponto crítico”, evidenciando a relevância do tema escolhido pelo autor para esta dissertação.

Há de se levar em consideração o caráter transitório dos impactos gerados pela execução do teste hidrostático, tendo em vista a execução do mesmo durante a fase de construção. Porém, quando avaliamos o cenário de expansão proposto para nossa malha de dutos, bem como a necessidade de recuperar linhas existentes e já em operação, o caráter transitório assume ares de perenidade, onde, em algum lugar de nosso País, em qualquer momento, um duto poderá estar sendo testado. Neste momento, os aspectos e impactos aqui avaliados deverão ser controlados e devidamente mitigados. Caso contrário, poderemos originar passivos ambientais tecnicamente conhecidos, porém, com conseqüências futuras indesejáveis. Segundo (SANCHEZ, 2001) o passivo ambiental pode ser definido como

*”acúmulo de danos infligidos ao meio natural por uma determinada atividade ou pelo conjunto das ações humanas, danos esses que muitas vezes não podem ser avaliados economicamente. Representa, num sentido figurado, uma “dívida” para com as gerações futuras”.*

De acordo com a ética e retidão que devem nortear as atividades antropogênicas, bem como a obrigação que nos é atribuída pela Constituição Federal, assunto amplamente discutido na Introdução desta dissertação, não faz sentido reconhecer a existência de impactos (potenciais danos) e não envidar esforços para seu controle. Este postulado condensa o Princípio da Precaução, disseminado pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO92), ocorrida no Rio de Janeiro, em 1992. O entendimento deste princípio é corroborado por (BOTHE, 1999), onde *“It [the Precautionary Principle] requires that measures for the protection of the environment are taken, not only to protect human health or environmental goods against clearly unacceptable risks, but also against possible impacts below this level.”*

A possibilidade de ocorrência da poluição deve ser estudada e verificada, e sua constatação precedida de todos os esforços e técnicas de controle possíveis. Segundo a Lei Federal 6.938/81, art. 3º, inciso III, a poluição é :

*A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.*

Tecnicamente, segundo o exposto por (BAUSELL *et al.*, 1998) ,  
temos que :

*Hydrostatic testing ... is conducted when there is a new pipeline installation, a pipeline relocation, replacement of existing pipeline segments, or when there are other changes to a pipeline system which may impact integrity.*

*Hydrostatic testing is conducted by isolating the pipeline segment, and filling the system with water. After the pipeline is full, the pressure is increased to the desired level using a high pressure pump system. The pressure is then held for a pre-set time to check the integrity of the pipeline. The pipeline may be pigged and pre-washed prior to hydrostatic testing to remove residual product and scale. Fill water is typically obtained from a surface water body, such as a lake or stream, a municipal water source or a groundwater well.*

*Following the hydrostatic testing, the pressure is removed and the pipeline is dewatered by pushing a pig or spacer through the line; typically with product or crude. In some cases, test waters are staged in tankage prior to treatment and discharge. Test waters may contain some residual oil and grease, BTEX and suspended solids and therefore, must be properly managed.*

*Test water may be discharged to surface waters (rivers or streams), municipal POTWs or it may be managed through a refinery, terminal, or plant water treatment system. The discharge of hydrostatic test water is typically regulated at the state level, through requirements under the National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) program. The management option ultimately selected will depend on the types and levels of constituents present, the site-specific regulatory discharge limits, the location of the discharge and the overall pipeline system design.”*

Segundo (KIEFNER, 2001), temos que “*Hydrostatic testing is universally know and accepted as a means of demonstrating the fitness of a pressurized component for service*”

Por esta resumida descrição do teste hidrostático, é possível verificar que:

- a) O teste hidrostático de tubulação é etapa presente em todo projeto de construção de dutos, sejam eles oriundos de novos projetos ou processos de reconstrução ou condicionamento ;
- b) O teste é executado através do preenchimento da tubulação com água, tubulação esta posteriormente pressurizada até a pressão de teste definida por norma definida pelo projeto.

Basicamente, a rotina de teste pode ser resumida da seguinte forma:

- a) Planejamento ;
- b) Limpeza e calibração ;
- c) Enchimento ;
- d) Pressurização ;
- e) Drenagem ;
- f) Inspeção com PIG Instrumentado ;
- g) Secagem.

## **2.1. Planejamento**

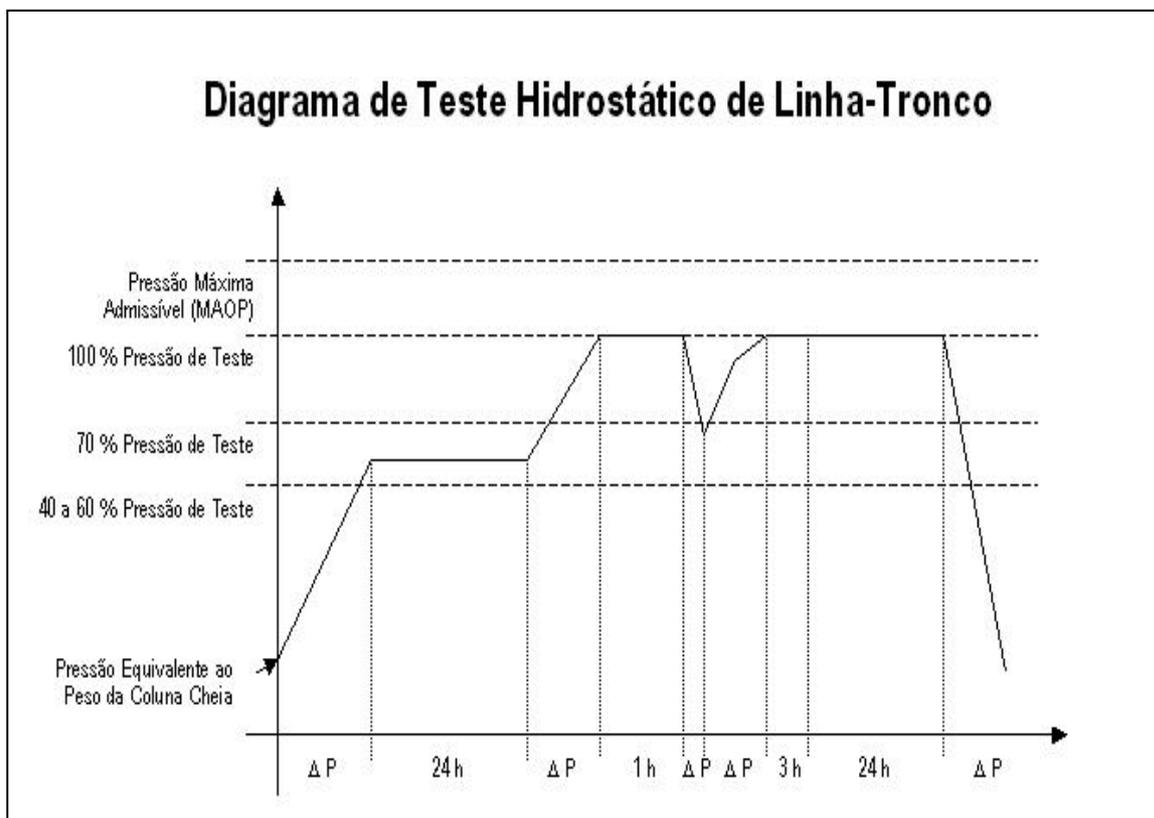
O Teste Hidrostático de tubulação é precedido de inúmeras reuniões de preparação, visando a determinação de toda a rotina lógica a ser seguida durante sua realização. Dois são os principais objetivos : estudar o número

de tramos de teste e determinar a logística necessária para sua condução. A questão ambiental também é verificada, ainda que não adequadamente, sempre com o intuito de antever questões relacionadas ao descarte e à necessidade de uso de produtos químicos (aditivos).

Na etapa de planejamento, as equipes de produção e meio ambiente envolvidas saem a campo, visitando pontos possíveis de captação e drenagem, visando escolher locais que permitam boas condições de acesso e permanência, bem como a pressão a ser impingida à tubulação não ultrapasse o limite de escoamento do aço.

O planejamento determina a elaboração de um diagrama teórico, a ser utilizado para todos os trechos de teste. A elaboração deste diagrama segue regras clássicas de mecânica dos fluidos e resistência de materiais, que não serão discutidas neste trabalho. Basicamente resume-se à verificação das pressões finais a que submete-se a tubulação em função das cotas topográficas diferenciais observadas nos desenhos de elevação ao longo do traçado.

A Figura 02 apresenta um diagrama teórico típico de teste hidrostático, utilizado durante o planejamento das atividades.

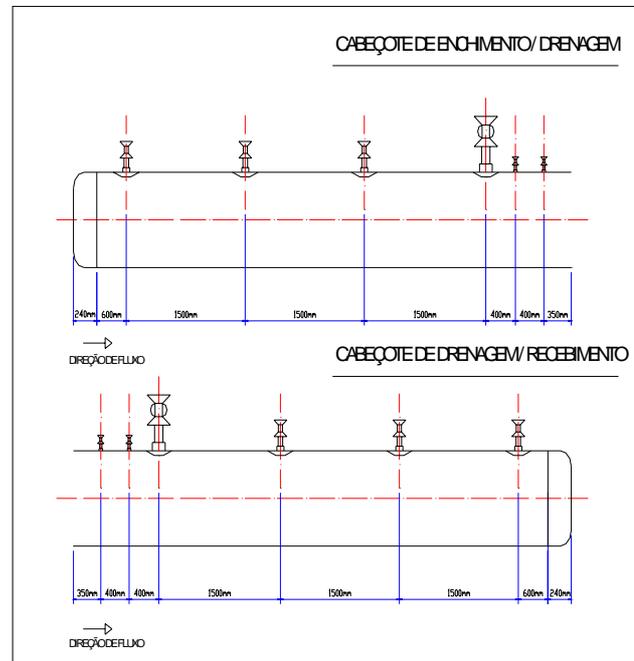


**FIGURA 02 - Diagrama Teórico de Teste Hidrostático**  
(Fonte: Procedimentos Internos Techint)

Os trechos de teste definidos e verificados *in loco* são então preparados para a realização do teste.

Inicialmente, são soldados os cabeçotes, previamente construídos para alimentação com água e lançamento/recebimento dos elementos internos de trabalho (conhecidos como “PIGs”). Estes cabeçotes, por sua vez, são preparados e testados sob pressão antes de serem soldados à tubulação-tronco. É fundamental a execução de ensaio não-destrutivo

(gamagrafia ou ultra-som) nestes acessórios para garantia da integridade da soldagem executada. A Figura 03 apresenta detalhamento típico dos cabeçotes de teste.



**FIGURA 03** - Detalhes Típicos de Cabeçotes para Teste Hidrostático  
(Fonte : Procedimentos Internos Techint)

## 2.2. Limpeza e Calibração

A limpeza do duto caracteriza-se pela passagem dos elementos internos de trabalho (conhecidos como “PIGs”). Os PIGs utilizados neste etapa constituem-se de copos de neoprene concêntricas e escovas plásticas montadas sobre um mesmo eixo. Ao deslocarem-se no interior da tubulação, desalojam materiais impregnados nas paredes do duto, limpando-o. Invariavelmente, os PIGs arrastam também materiais sólidos

que estejam presentes, conforme veremos mais à frente, durante a discussão sobre os impactos ambientais do teste.

Seu esquema de passagem consiste em realizar um “trem” de limpeza, com um bolsão de água no início, seguido de um PIG de limpeza, mais um bolsão de água e depois mais um PIG de limpeza, seguindo de mais um bolsão de água. Os volumes de água necessários variam em função do diâmetro do duto, topografia do terreno e extensão do trecho de teste.

Os PIGs são empurrados por ar comprimido, gerado por compressor instalado na bateria de captação.

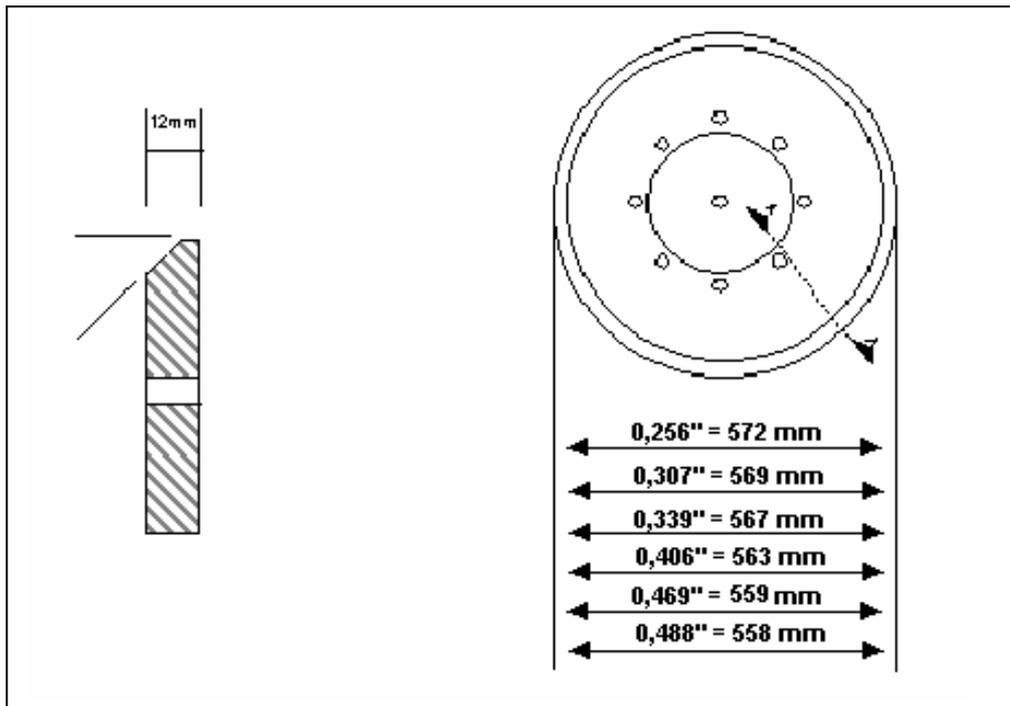
A Figura 04 apresenta fotografia de um PIG tipo escova, onde estão aparentes as cerdas responsáveis por parte da limpeza mecânica interna. A Figura 05 mostra o PIG escova sendo retirado após a limpeza para verificação do estado da placa calibradora. A placa calibradora pode ser verificada na Figura 06, e serve para definir se há alguma redução de seção no trecho testado, o que pode exigir o corte e a substituição de alguma parte de um tubo.



**FIGURA 04 - PIG tipo Escova**  
(Fonte : T.D.Williamson, 1999)



**FIGURA 05 - PIG tipo Escova sendo removido**  
(Fonte : Techint, 2000)

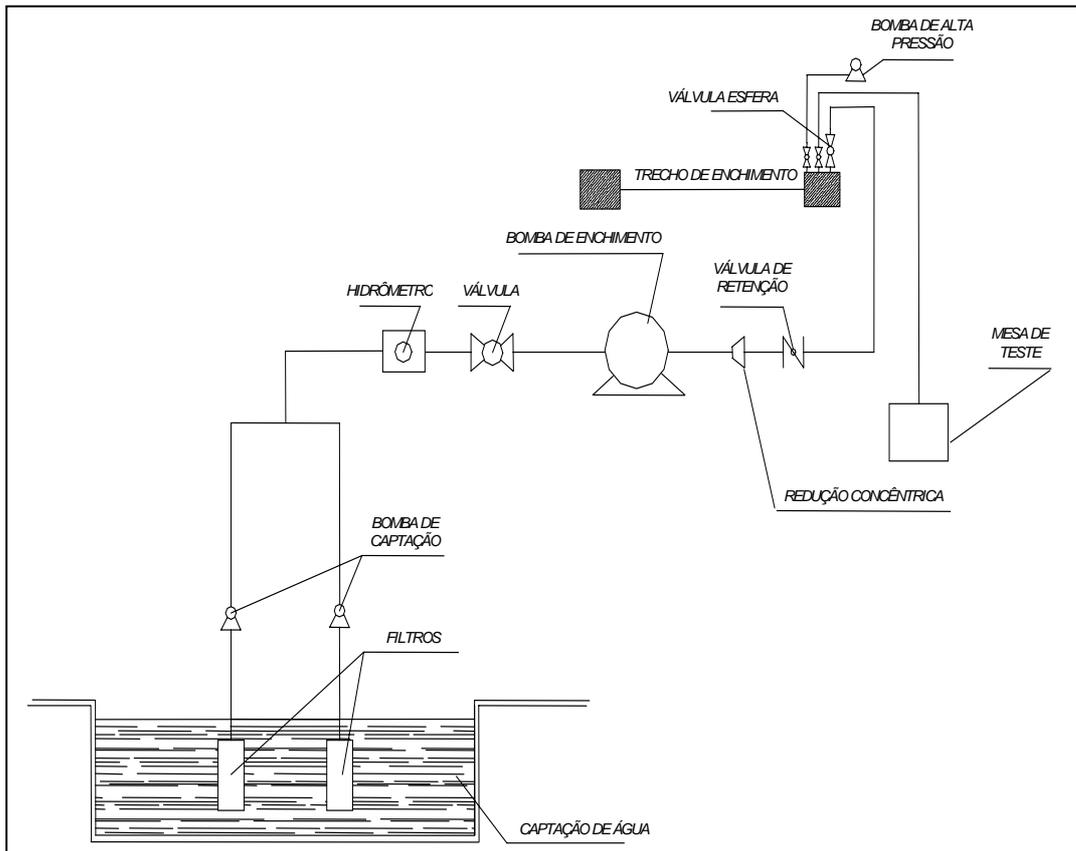


**FIGURA 06** - Detalhes Típicos de Placa Calibradora

(Fonte : Procedimentos Internos Techint)

### 2.3. Enchimento

Os pontos de captação de água são instalados diretamente no corpo d'água escolhido. A sucção da bomba é colocada em um ponto mais baixo, e cercada com telas para evitar a captação de peixes ou impurezas de maior dimensão. A Figura 07 apresenta um fluxograma do processo de enchimento.

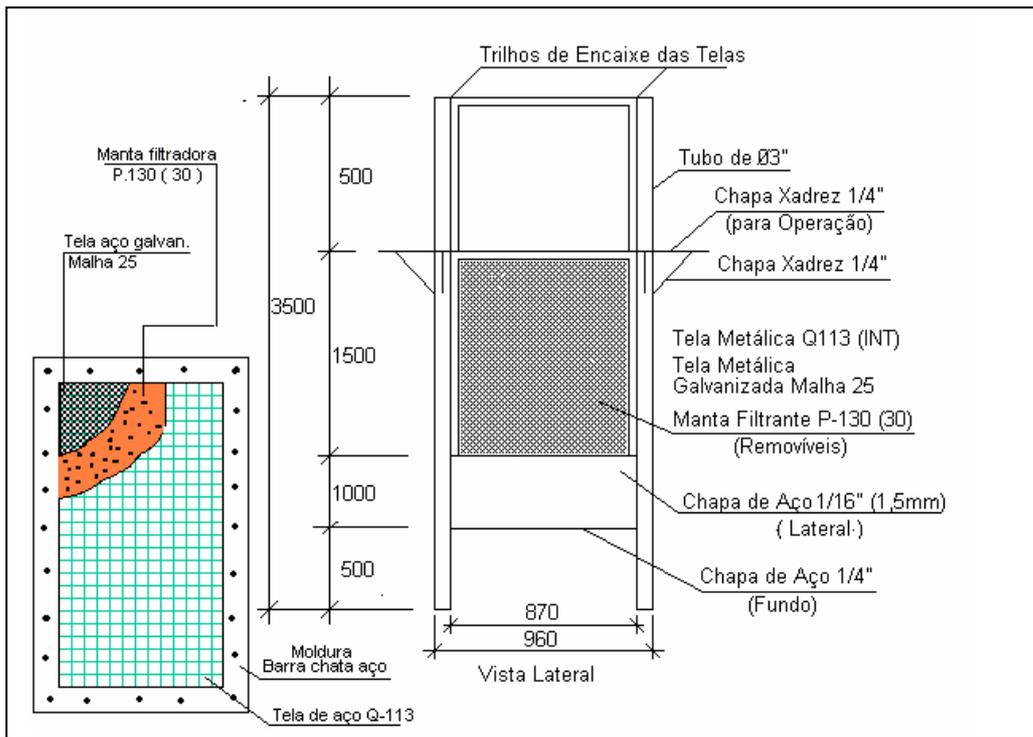


**FIGURA 07 - Diagrama de uma Estação de Bombeamento**

(Fonte : Procedimentos Internos Techint)

O enchimento também pode ser utilizado na dosagem de aditivos químicos, caso sua necessidade seja detectada previamente. A sucção da bomba pode ser utilizada para injeção de químicos por arraste.

Na Figura 08, podemos verificar detalhes do sistema de proteção com telas, utilizado no ponto exato de captação. A Figura 09 nos mostra uma foto de uma estação de bombeamento, tal qual geralmente instalada.



**FIGURA 08** - Detalhes do Sistema de Proteção com Telas  
(Fonte : Procedimentos Internos Techint)



**FIGURA 09** - Estação de Bombeamento no Rio Caí, em Canoas/RS  
(Techint, 2000)

É importante verificar, durante o processo de enchimento, a ausência de ar no trecho a ser testado. Bolsões de ar tornam o teste impróprio, com resultados não-confiáveis devido à diferença nas taxas de compressibilidade.

#### **2.4. Pressurização**

A pressurização é conduzida por bombas de alta pressão. O comportamento é cíclico, sendo totalmente registrado para confiabilidade dos resultados. A pressão submetida, em qualquer ponto do trecho testado, é maior ou igual a "pressão mínima de teste" e não deve ultrapassar a "pressão máxima de teste", indicada durante a atividade de planejamento.

Os pontos em que a tubulação e acessórios permanecem expostos (não-enterrados), são devidamente sinalizados com respeito a alta pressão. A linha cheia de fluido de teste (água), permanece assim por 24 horas (mínimo), com pressão situada na faixa de 40 a 60 % da pressão de teste, com o objetivo de promover a estabilização do sistema. A partir do fim do período de estabilização, a pressão é elevada a uma taxa constante, até atingir 100 % da pressão de teste determinada, permanecendo nesta pressão por 1 hora. A partir deste ponto, o sistema é despressurizado até 50 % da pressão de teste determinada. Assim, a partir desta despressurização, o sistema é novamente pressurizado, até alcançar 70 % da pressão de teste determinada. Os 100 % são alcançados em incrementos constantes, com espaçamento mínimo de 3 minutos entre eles. A pressão é então mantida em 100 % da pressão determinada por 3 horas (mínimo).

Para a aprovação do teste hidrostático é permitida uma queda máxima de 0,5 % da pressão de teste determinada, em um período de 24 horas.

Em paralelo, outro cuidado bastante relevante refere-se à possibilidade da pressão interna do sistema ultrapassar a pressão máxima determinada para o teste. Neste caso, é necessário proceder uma redução da pressão interna, com o objetivo de manter a integridade física do sistema.

## **2.5. Drenagem**

A drenagem do sistema após o teste, ou durante o mesmo, é executada com a abertura de válvulas dos cabeçotes de teste. Invariavelmente, é necessária a utilização de dissipadores de energia, sob a forma de caixas de passagem ou tubos com difusores. O objetivo primordial é o de quebra de energia cinética, capaz de promover danos bastante consideráveis em obras de arte ou no próprio solo. Nesta etapa também reside o potencial de contaminação ambiental devido à qualidade do fluido após sua pressurização.

## **2.6. PIG Instrumentado**

Esta etapa consiste na utilização de equipamento interno de inspeção denominado “PIG instrumentado”. Este equipamento promove uma varredura interna do duto, indicando mudanças de espessura, pontos de solda, problemas de colapsamento e demais critérios de inspeção. Permite indicar, com extrema precisão, todas as alterações significativas verificadas no duto, sejam elas de projeto, inerentes ao processo ou decorrentes de problemas durante a condução das atividades de construção.

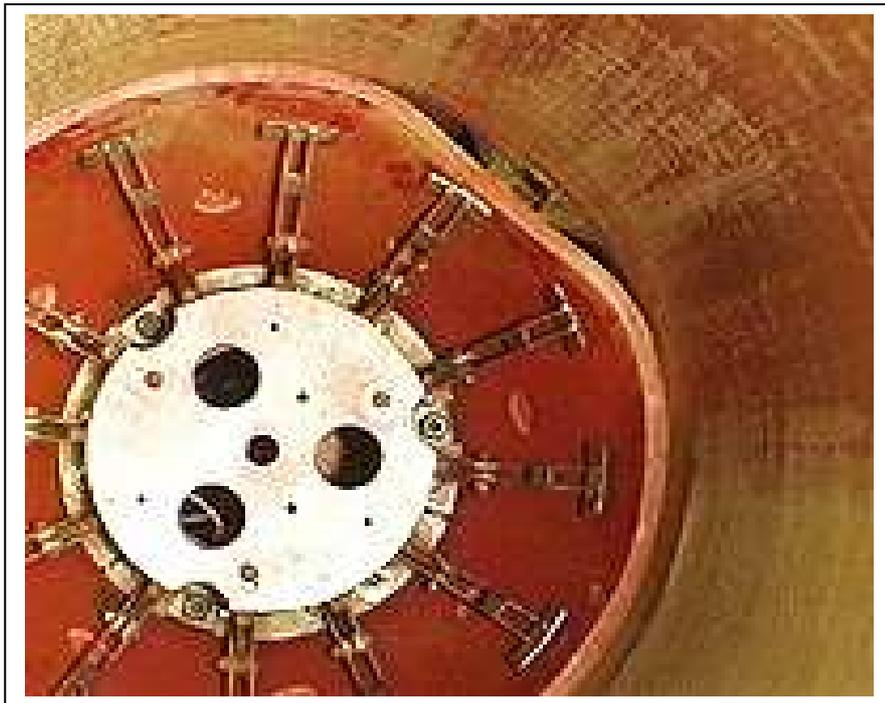
Este trabalho, além de ser de extremo interesse do proprietário do duto, permite ao construtor emitir laudo referente aos padrões de materiais utilizados durante a construção, especificamente sobre as características de cada um dos tubos soldados, bem como atestar a ausência de problemas causados por falhas durante a realização das atividades de construção.

A Figura 10 mostra as características básicas do PIG instrumentado, com vista para os sensores e seus cabos de comunicação e alimentação. Este PIG é capaz de medir inclusive os ângulos reais das curvas, permitindo sua comparação ao projeto.

A Figura 11 mostra uma redução de seção do duto, verificada durante a passagem do PIG instrumentado.



**FIGURA 10 - PIG Instrumentado**  
(Fonte: T.D.Williamson, 1999)



**FIGURA 11 - Detecção de Redução de Seção**  
(Fonte: T.D.Williamson, 1999)

## 2.7. Secagem

A secagem é realizada com ar seco, obtido em colunas de alumina ativada. Este ar seco, é introduzido após a drenagem e montagem das válvulas do trecho testado, sendo seguido pela passagem de PIGs de espuma, que têm por objetivo, remover a umidade interior e limpar de maneira conclusiva o interior do duto. O nível de limpeza do duto é medido pelo nível de sujidade do PIG. Várias passagens são necessárias até a obtenção do grau máximo de sujidade, medido desde a superfície da espuma em direção ao centro do PIG.

### **3. Aspectos Básicos**

No presente trabalho considera-se como objeto de estudo o teste hidrostático de uma tubulação hipotética de gás natural. Quando do início do mestrado, havia a real intenção de aplicar a metodologia descrita durante as atividades de construção do Gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre (GASUP), o que infelizmente não ocorreu, prejudicando a demonstração prática da teoria formulada.

Assim sendo, demonstrar-se-á a partir de agora, todas as etapas de planejamento do processo, que culminará na elaboração de um algoritmo heurístico. Basicamente, duas metodologias foram utilizadas: a Análise do Ciclo de Vida (ACV) e o FMEA, sigla em inglês para Análise de Modo de Falha.

#### **3.1 ACV (Análise do Ciclo de Vida)**

##### **3.1.1 Conceitos**

O processo de Análise de Ciclo de Vida do Produto (A.C.V.) consiste de uma poderosa ferramenta analítica para utilização nos mais variados processos de interpretação e mensuração de dados, quer seja em processos formais (como no caso do estudo em pauta) ou para a avaliação de alternativas de embalagens, conforme abordado a seguir.

Esta técnica desenvolveu-se contemporaneamente na Europa e Estados Unidos, motivada principalmente pela grande crise do petróleo da década de 70, que suscitou a necessidade de condução de estudos

pormenorizados das diversas etapas de produção, visando a utilização mais racional e produtiva do petróleo e seus derivados.

Desta maneira, veio a ser também largamente utilizada, já com um foco voltado à questão ambiental, para avaliação do ciclo de vida de embalagens, principalmente na área de alimentos. Há uma longa lista de estudos realizados, sobretudo em países europeus (Suécia, Suíça, Itália, França, dentre outros) e Estados Unidos (ROUSSEAU, 1993). Posteriormente, o conceito evoluiu para a produção (mais relacionado ao processo), não somente o produto, resultante final do processo (SANCHEZ, 2001).

Na década de 90, a SETAC (*Society for Environmental Toxicology and Chemistry*), propôs a sistematização de termos e critérios, visando a padronização dos estudos. Deste ponto em diante, a **Análise do Ciclo de Vida (A.C.V.)** foi estudada pelo Subcomitê 5 da ISO, subdividido em cinco Grupos de Trabalho (WG), que convergiram para a proposição da edição dos padrões de Análise do Ciclo de Vida, com codificação ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042 e ISO 14043 (CHEHEBE, 1998)

O estudo em tela empregou a A.C.V. como ferramenta para delimitação de sistema, permitindo identificar, de maneira rápida e objetiva, os processos e subprocessos envolvidos no escopo do estudo, bem como seus desdobramentos.

Sendo que a utilização da A.C.V. compreende, segundo a ISO 14040, quatro etapas distintas e seqüenciais, porém inter-relacionadas:

- a) Objetivo e Escopo
- b) Análise do Inventário
- c) Avaliação do Impacto
- d) Interpretação

**a) Objetivo e Escopo**

Basicamente, uma representação do fluxo de estudo apresenta-se dentro do conceito clássico de entrada e saída de dados a partir de um determinado processo. Este modelo é aplicado à exaustão em praticamente todas as áreas do conhecimento. Basicamente, representa a utilização do raciocínio analítico, através da redução de um sistema em sistemas cada vez menores e interdependentes, as unidades de processo (CHEHEBE, 1998), possibilitando a interpretação e análise de um contexto maior. Esta etapa é de suma importância pois uma definição de limites equivocada pode gerar *loops* (ciclos) de análise sem qualquer finalidade.

**b) Análise do Inventário**

Ao assumir que um dos produtos finais desta dissertação é um algoritmo teórico, e que não haverá coleta de dados de campo, a análise de inventário será praticamente conduzida em conjunto com a avaliação do impacto.

### **c) Avaliação do Impacto**

Para a avaliação do impacto da atividade, será levada em conta a magnitude dos impactos das etapas do processo “teste hidrostático”, mensurados a partir da utilização da técnica FMEA, que será detalhadamente discutida adiante.

Após a definição dos impactos ambientais significativos referentes ao nosso sistema, passaremos então a discutir cada um deles, visando a proposição de alternativas de mitigação e controle.

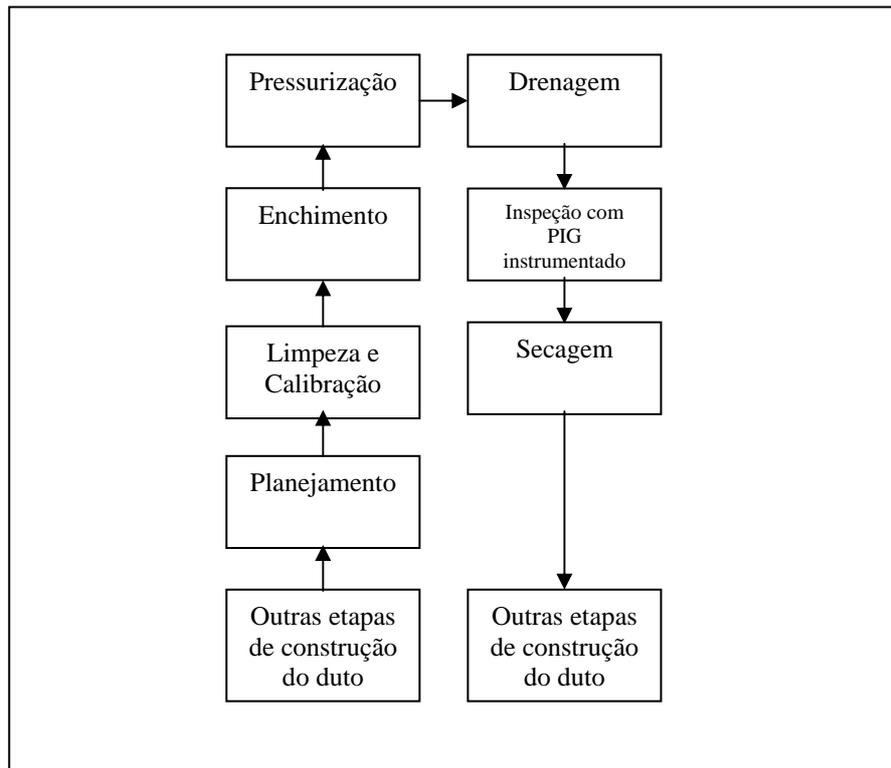
### **d) Interpretação**

A interpretação por sua vez consiste de três etapas interdependentes : identificação, avaliação e conclusões.

Esta etapa é de suma importância para a ACV pois permite visualizar todo o contexto do estudo, indicando as conclusões efetivas após todo o trabalho analítico desenvolvido.

#### **3.1.2 Aplicação da A.C.V. para o Teste Hidrostático**

Realizou-se a definição do sistema a ser estudado, a partir de todo o seqüenciamento de atividades de uma obra de construção de gasoduto. Como pretende-se aplicar o resultado da dissertação em qualquer atividade de teste hidrostático de gasoduto, as demais etapas são descartadas, não sendo controladas pelo algoritmo final.



**Figura 12** - Fluxograma Básico de Teste Hidrostático

A partir deste fluxograma, é possível verificar os aspectos e impactos ambientais decorrentes, através da aplicação da ferramenta FMEA. O mais importante, e é para o que foi utilizada a A.C.V., foi delimitar o sistema. Nenhuma outra atividade da construção será estudada, para que o foco do trabalho seja mantido. É importante ressaltar também que, em relação a dutos em operação, este trabalho assume que o duto encontra-se descontaminado, isto é, a etapa de descontaminação não é citada, tendo que ser contemplada à parte.

## **3.2 FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*)**

### **3.2.1 Conceitos**

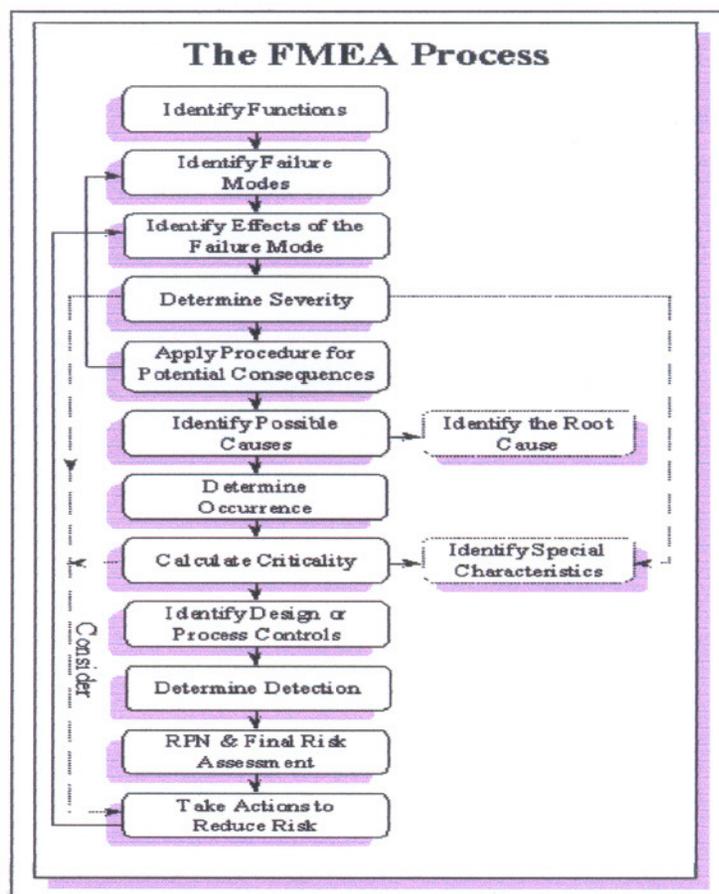
As primeiras menções sobre a técnica de FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) datam do fim da década de 40, mais especificamente 1949, através do lançamento do procedimento MIL-P-1629, das Forças Armadas Americanas. Este procedimento intitulava-se *Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* e tinha por objetivo principal funcionar como uma técnica de análise de confiabilidade, determinando os efeitos de falhas de sistemas e equipamentos em missões militares. Uma das limitações da época, não somente pela sua aplicação restrita ao meio militar, reside no conceito de sinonímia entre equipamentos e pessoal, considerando-os iguais quando da avaliação de efeitos, algo inaceitável nos dias atuais.

Com o surgimento da ISO 9000 em 1988 através da ISO (*International Organization for Standardization*), várias ações para adequação e formalização da disciplina qualidade foram implantadas. Dentre estas, uma bastante importante foi conduzida pelas indústrias automobilísticas norte-americanas, capitaneadas pela *Chrysler Corporation, Ford Motor Company e a General Motors Corporation*, que desenvolveram a norma QS9000, análoga à norma editada pela ISO, e aplicada ao ambiente da indústria automobilística, conduzindo à uma padronização de condutas e produtos, dos vários fornecedores do segmento da indústria automobilística. A estratégia dos planos da qualidade aplicados à QS 9000 volta-se para a elaboração de controle avançado de qualidade do produto, o que é conseguido através da aplicação do FMEA.

A técnica de FMEA usualmente é referida como: “*a systematic process for identifying potential design and process failures before they occur, with the intent to eliminate them or minimize the risk associated with them*”.

O potencial de previsão de riscos, através da antecipação dos mesmos, é que tornou possível a utilização da técnica para análises das disciplinas de segurança, saúde e meio ambiente. Sua fácil compreensão e independência de grandes sistemas de cálculo probabilístico foram as molas propulsoras para a difusão da técnica dentro dos recentes sistemas de gestão de Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

Uma boa representação para o processo de FMEA pode ser verificada na Figura 13.



**Figura 13 - The FMEA Process** (Fonte : The Haviland Consulting Group, 2003)

A condução do FMEA para esta dissertação seguirá o modelo proposto pela Techint S.A., através do procedimento Análise de Requisitos de Processo (OPE.SGI.00000.710.01) (Anexo A), e será utilizada para a quantificação dos impactos ambientais gerados pela atividade.

#### **4. Aspectos e Impactos Ambientais Significativos oriundos do Teste Hidrostático de Tubulação**

O procedimento Análise de Requisitos de Processo (OPE.SGI.00000.710.01) (Anexo A) foi empregado para definir, de maneira ordenada, os aspectos e impactos ambientais significativos do processo. Após determinar todas as etapas, aplicamos os índices correspondentes, obtendo um índice de significância resultante, denominado ISA (Índice de Significância Ambiental). Este índice é obtido através da multiplicação dos conceitos de cada fator crítico (probabilidade, severidade, detecção) entre si, onde valores iguais ou superiores a 80 (oitenta pontos) são considerados significativos, independentemente das legislações aplicáveis.

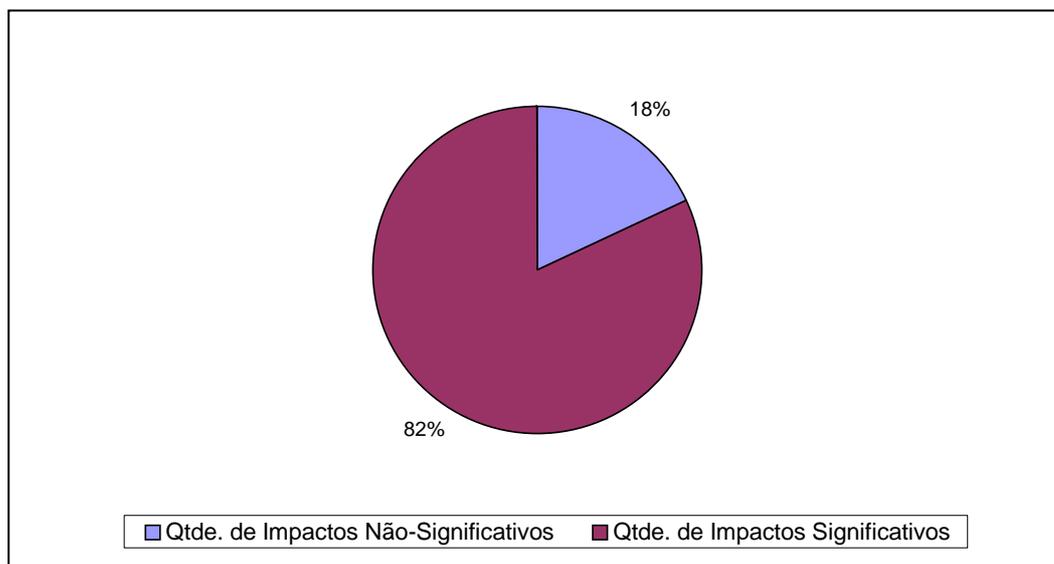
Para a aplicação do procedimento, é importante ter em mente o conceito de impacto ambiental estabelecido pela Resolução 001/86 do CONAMA, na qual:

*...considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.”*

Há de se ressaltar que o procedimento utilizado (Anexo A) prevê duas condições para que um impacto ambiental seja considerado significativo:

- Índice de Significância Ambiental (ISA) igual ou maior que 80 ;
- Aplicabilidade de alguma legislação ambiental, seja ela da esfera Municipal, Estadual ou Federal.

A saída do processo de aplicação do procedimento foi a Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais apresentada como Anexo B. Com base nos dados apurados, foi possível avaliar a representatividade dos impactos, através do gráfico apresentado na Figura 14.

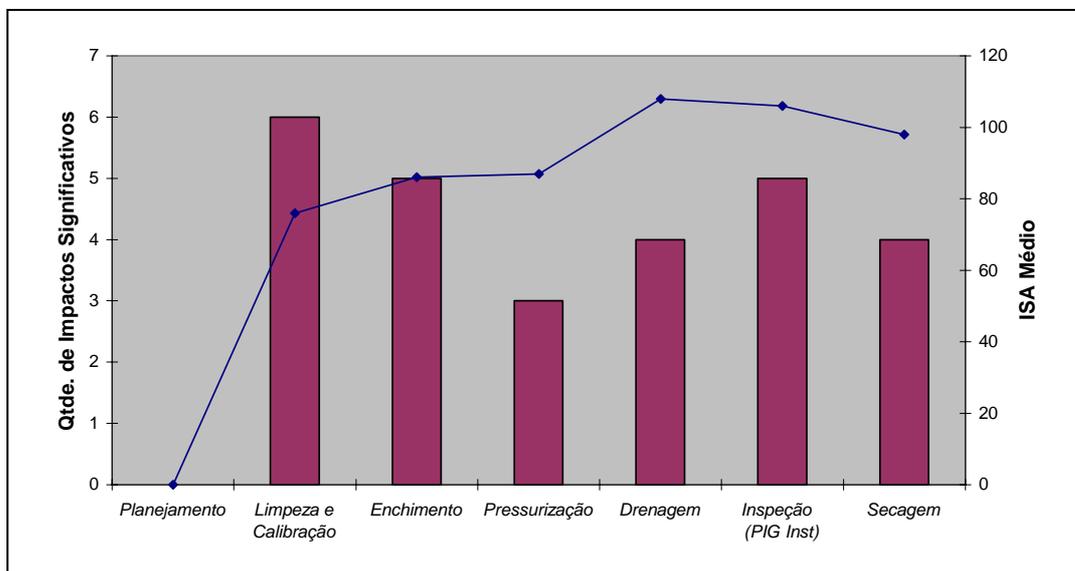


**Figura 14** - Representatividade dos Impactos Ambientais decorrentes do Processo de Teste Hidrostático

Os impactos significativos são todos aqueles que alcançaram índice ISA maior que 80 ou que interferiam com alguma legislação vigente. Entretanto, conforme explicado adiante, o filtro de legislação não foi aplicado neste estudo.

Também é possível avaliar a etapa de processo mais significativa sob o ponto de vista ambiental. Esta análise encontra-se resumida na Figura 15,

onde apresentam-se, em duas escalas distintas, os índices obtidos (%) e a quantidade de impactos significativos.



**Figura 15** - Avaliação da Etapa do Processo com Maior Significância Ambiental

Torna-se possível concluir que a Drenagem apresenta-se como ponto crítico de todo o processo, com ISA médio de 108 pontos, apesar de número de impactos relativamente baixo. De fato, o autor supunha tal desempenho, devido à suas observações práticas durante suas participações no desenvolvimento de obras de construção de dutos no Brasil e no Exterior.

O filtro de significância não foi aplicado devido ao fato de que o mesmo é dependente da localização do duto, pois há a necessidade de conhecer-se detalhadamente as Legislações Municipal e Estadual, além da Legislação Federal. Entretanto, tendo em vista o caráter teórico desta dissertação, onde não realizaremos um teste de aplicação do algoritmo

final, consideraremos que a totalidade de impactos avaliados como significativos deverão ser mitigados.

Conhecendo todo o processo de realização dos testes hidrostáticos, e sua dinâmica, é possível discutir detalhadamente a morfologia dos impactos, o que é apresentado a seguir.

#### **4.1 Discussão sobre os Parâmetros de Controle da Captação e do Efluente do Teste**

A alteração dos corpos d'água durante a realização de um teste hidrostático pode resultar no comprometimento da qualidade da água deste corpo d'água. Este comprometimento, com intensidade variada e extremamente dependente das condições de contorno do teste, fundamenta-se basicamente em alterações pontuais de parâmetros de controle, e tendem a cessar quando da conclusão do teste hidrostático.

Esta alteração advém de duas circunstâncias básicas:

- Modificação física do corpo d'água escolhido para o fornecimento de água (abertura de fosso de captação, rebaixamento de margens para acesso, etc);
- Modificação de parâmetros físicos, químicos ou biológicos do corpo d'água escolhido para descarte (oxigênio dissolvido, pH, temperatura, etc).

Há de se ter em mente contudo a questão subjetiva da qualidade da água. Como a maioria dos pontos de trabalho para execução dos testes ocorrerá em corpos d'água naturais, dentro quase de sua totalidade

públicos, ou a serviço da coletividade, várias situações de impasse referente à qualidade da água surgirão. Desta maneira, é imprescindível discutir tecnicamente apenas, levando em conta a afirmação de (BRANCO, 1986), onde *“Do ponto de vista de potabilidade, o conceito de pureza da água é totalmente diverso do conceito químico. A pureza química da água é não só dispensável como até mesmo indesejável”*

Para análise do impacto referente à alteração de qualidade da água, durante a própria captação, bem como do descarte propriamente dito, apresento abaixo considerações baseadas nos conceitos de qualidade da água segundo (SAWYER & McCARTY, 1978):

## **Cor**

A cor da água pode ser alterada pela ocorrência de sólidos dissolvidos. Em nosso sistema de estudo, a cor pode ser resultante do contato entre o fluido de teste (água pressurizada) e metais, principalmente ferro.

## **Turbidez**

Redução da intensidade da luz incidente devido a sólidos em suspensão. Ocorre durante a captação e a drenagem (revolução do fundo do corpo d'água e presença de sólidos em suspensão quando da drenagem). Assim como a cor, a turbidez elevada pode acarretar desequilíbrio na penetração da luz no corpo d'água, e alterações do ciclo biodinâmico. Tal situação pode resultar em prejuízos, pois segundo (BRANCO, 1986):

*“Com relação a organismos vegetais submersos, a maior dificuldade está na obtenção da luz, para a realização de fotossíntese.”*

## **Temperatura**

A temperatura do fluido de teste varia de acordo com a extensão do duto, em função da seção enterrada. Tende a ser mais baixa que a temperatura ambiente. Basicamente sua importância reside na alteração da taxa de solubilidade gasosa do corpo d'água, alterando o comportamento da dinâmica de trocas gasosas, bem como desequilíbrio momentâneo sobre a comunidade bêntica e a ictiofauna presente.

## **pH**

O pH da água de teste tende a permanecer estável, sem grandes oscilações durante todo o processo. Há de se presumir que águas com pH distante da neutralidade exijam processos prévios de adequação, visando a preservação e integridade do revestimento interno. Nestes casos, pode ser necessária a correção de pH com ácidos ou bases, alterando a condutividade geral do sistema de água de teste. Da mesma forma, águas com pH alterado após o teste, caso ocorram, podem demandar processos posteriores de tratamento, antes de seu descarte. Entretanto, as observações práticas do autor não demonstram grandes flutuações deste parâmetro.

## **Condutividade**

A condutividade elétrica da água pode ser um parâmetro de controle eficaz. A concentração de inorgânicos na água é diretamente proporcional à condutividade da mesma, sendo medida através de condutímetro. A

presença de metais e sais inorgânicos é a principal causa de alta condutividade em corpos d'água, podendo causar depósito ou corrosão.

## **Dureza**

Águas de dureza elevada são indesejadas, haja visto a possibilidade de causarem incrustações.

## **Sulfatos**

Os sulfatos são também indesejados pela possibilidade de presença de bactérias redutoras de sulfato (BRS) e conseqüente geração de meio ácido, comprometendo o revestimento interno ou propiciando o início de processo corrosivo. No meio do segmento de construção de dutos, a presença destes microrganismos é bastante conhecida e citada, como por exemplo em (IEC, 1990)

## **Cloretos**

Sua presença pode resultar em propensão para a ocorrência de corrosão interna do duto. O cloreto também é reconhecidamente, na indústria da construção de dutos, como elemento potencialmente crítico, quebrando a camada de passivação de óxidos (RODRIGUES & DICK, 2002).

## **Metais Pesados**

Os metais pesados podem ocorrer após contato extremo do fluido de teste com metais presentes em todo o processo construtivo do duto, desde o processo de fabricação do tubo até sua soldagem em campo. Seu potencial risco refere-se a questões de contaminação ambiental do corpo receptor do descarte.

## **Oxigênio Dissolvido**

O teor de oxigênio dissolvido tende a ser consumido durante o processo de pressurização do sistema de teste, haja visto a presença de matéria orgânica na água captada. Entretanto, tal característica pode ser indesejada: revestimentos internos de epóxi sofrem ataques de perda aderência em função de teores elevados de oxigênio dissolvido em fluidos de teste. Em algumas situações, são indicados supressores de oxigênio (sulfatos orgânicos) que devem ser adicionados durante a captação. A dosagem deve ser detalhadamente calculada e empiricamente testada, sob pena de enviar ao corpo receptor resíduo ativo do supressor, com impactos imediatos sobre a biota. Em adição ao supressor de oxigênio, alguns sistemas de teste necessitam da adição de inibidores de corrosão, com o objetivo de neutralizar o potencial oxidante do meio. Atualmente, são recomendados “inibidores verdes”, com toxicidade e biodegradabilidade devidamente reconhecidas (PAPAVINASAM *et alii*, 2002). Na prática, a recomendação da utilização de inibidores segue uma determinação empírica (uso geral), de que inibidores e aditivos químicos somente devem ser adicionados em situações em que a água permanecerá hibernada por mais de três meses no interior da tubulação. Na verdade, tal prática não está fundamentada em testes laboratoriais que demonstrem ausência de ataques à tubulação em período inferior a três meses.

## **Carga Orgânica**

A carga orgânica da água captada tende a aumentar durante o teste, em função do acúmulo de material orgânico solúvel no interior da tubulação e eventuais aditivos orgânicos incorporados ao fluido de teste. A carga orgânica do efluente gera a curva de depleção de oxigênio, de caráter pontual e temporário, mas presente durante toda a etapa de descarte, reduzindo a concentração disponível de oxigênio no ponto exato de descarte. O ponto crítico pode ser determinado através da Equação de Streeter-Phelps e a predição das coordenadas do ponto crítico através do desdobramento do modelo matemático (BRANCO, 1986).

## **Nutrientes**

As águas utilizadas podem apresentar teores de nutrientes capazes de proporcionar meios de cultura para microrganismos. Normalmente, as águas utilizadas apresentam teores de nitrogênio e fosfatos, principalmente, que participarão e promoverão condições de proliferação de algas. No interior do duto, em virtude da ausência de luz, tal situação não ocorre. Entretanto, o corpo receptor pode receber os nutrientes, fomentando a proliferação destas algas.

## **Microrganismos**

A concentração de microrganismos, principalmente as BRS e as autóctonas são parâmetros de suma importância para a definição dos corpos de captação e descarte. A presença destes microrganismos pode levar à utilização de biocidas durante o período de teste, com conseqüente impacto

quando do descarte. Seu descarte, caso não controlado, pode resultar em alterações importantes da biota do corpo receptor.

Paralelamente, há de se considerar a contaminação cruzada (*cross contamination*) causada pelo teste hidrostático. Ecossistemas diferentes são colocados em contato, mesmo que pontualmente, podendo haver migração e contaminação de habitats. Espécimes exóticos podem ser enviados a ambientes previamente desconhecidos, causando desequilíbrio.

Há de se considerar também a questão da formação de biofilmes internos na tubulação, efeito este promovido pelo acúmulo de microrganismos, em especial bactérias, nos interstícios do revestimento interno do duto. Após a completação mecânica e início da operação do duto, estas bactérias, sob a forma de biofilme, são colocadas em contato com substrato abundante: o próprio gás natural, composto por metano, em sua maior parte.

## **4.2 Emissão de Fumaça**

Em síntese, a emissão de fumaça durante o teste hidrostático reside na emissão decorrente dos motores a diesel utilizados nos compressores e bombas (de captação, enchimento e pressurização). A emissão de fumaça aqui citada não refere-se aos veículos de transporte, que sob a ótica de processos, estariam contemplados no processo de áreas de apoio, ou equivalente. Sendo assim, este aspecto torna-se importante pela necessidade de controle de opacidade da fumaça emitida, segundo a Escala Ringelmann, ainda que a legislação esteja voltada para o controle de fontes móveis (auto-propelidas) de poluição.

### **4.3 Derramamento de Óleos e Combustíveis**

Os equipamentos normalmente utilizados para captação, enchimento e pressurização são de alta vazão, sujeitos a vazamentos ou problemas de abastecimento, uma vez que são reabastecidos diretamente no local de uso, através de caminhões-comboio. Nestes momentos, são observadas perdas de combustível diretamente para o solo, ou corpo d'água, dependendo da distância entre o equipamento e o ponto de captação.

### **4.4 Geração de Resíduos Sólidos**

Apesar de todos os esforços no sentido de evitar a entrada de corpos estranhos no interior dos dutos durante a fase de construção, é usual a presença de vários tipos de resíduos:

- Pontas de eletrodo;
- Pedacos de madeira e isolamento ;
- Material particulado (solo local).

Alguns outros materiais são observados, ainda que em menor frequência ou em caráter inusitado: EPIs e ferramentas manuais. Estes resíduos, além de oferecerem um óbvio potencial de dano ao revestimento interno do duto, são materiais que serão lançados ao ambiente, quando da

etapa de drenagem, constituindo uma fonte significativa de poluentes para o meio.

Cabe ressaltar que alguns, principalmente os de natureza metálica e orgânica, podem contribuir significativamente para a alteração da qualidade da água a ser drenada, alçando-a a valores acima do estabelecido pela legislação.

#### **4.5 Consumo de Combustíveis**

Ainda que o consumo de combustíveis não tenha sido apontado como um impacto significativo, cabe ressaltar que é indiretamente responsável pela magnitude de outro impacto: contaminação do solo decorrente de atividades de reabastecimento.

Dentro do espírito de sustentabilidade (GOLÜKE & WILLUMS, 1992), a questão do combustível consumido assume aspecto de interesse, uma vez que poderíamos estar partindo para o uso de equipamentos movidos por energia renovável. Sob o ponto de vista prático, tal questionamento assume ares filosóficos, contudo, frente às dificuldades que representam o deslocamento de caminhões-comboio para os pontos de realização dos testes, e a não tão rara ocorrência de derramamentos, torna-se razoável pensar em tal circunstância.

Ainda dentro deste contexto, não é possível desprezar a questão relacionada ao consumo dos derivados do petróleo, fonte esgotável de energia e sua relação incontestável com o efeito estufa. Assim, a substituição do consumo de derivados de petróleo durante o teste hidrostático torna-se um desejo mais palpável.

## **4.6 Geração de Ruído**

O ruído dos equipamentos empregados para o teste hidrostático é ponto de constante preocupação. Para entender a dimensão do problema, há de se ter em mente duas características fundamentais:

- O teste é ininterrupto;
- Os equipamentos são de grande porte, movidos por motores de explosão a diesel, e a escolha do ponto de instalação depende fundamentalmente do diagrama de perfil/pressão.

Pode-se concluir que é possível e real a possibilidade de instalar uma bateria de teste hidrostático em uma área habitada, ou ainda, em uma área de interesse ambiental. O incômodo gerado pelo funcionamento dos equipamentos pode repercutir tanto no ambiente humano bem como nos animais presentes no entorno. A legislação referencia níveis de ruído para áreas contíguas à áreas industriais através da Resolução CONAMA N° 01, de 08 de Março de 1990, ou ainda a áreas urbanas, de acordo com os códigos de postura municipais. Entretanto, não há menção sobre limites para os ruídos gerados nestas situações. As grandes construtoras acatam o conceito do “incômodo relativo”, que é expressado pela reação do grupo de indivíduos afetados, isto é, é utilizado um limite baseado na subjetividade da percepção pelos indivíduos afetados. Infelizmente, trata-se de um conceito puramente empírico e facilmente contestável.

## **4.7 Consumo de Água**

Este aspecto, ligado à questão da sustentabilidade (GOLÜKE & WILLUMS, 1992), reside na questão da eficiência do teste. Obviamente, a captação de água para a realização do teste hidrostático tem de ocorrer. Contudo, qual o volume real de água necessário ? Qual a margem de segurança utilizada ? O autor verificou que não há histórico de medidas de controle do volume de água captado, tampouco vislumbrou alternativas técnicas factíveis que primassem pela redução do consumo de água para o mínimo possível. Este ponto é de suma importância quando verificamos que a única restrição referente ao consumo é que “*o fluxo de água do corpo hídrico será mantido num nível adequado para proteger a vida aquática, fornecer o uso de qualquer corpo d’água e proporcionar a captação das águas de rios de outros usuários já existentes*” (PETROBRAS,1997).

Pela responsabilidade envolvida na realização dos testes hidrostáticos, bem como o volume expressivo de água que é utilizado, medidas mais incisivas necessitam ser tomadas, no intuito de garantir a realização dos testes dentro de uma ótica conservacionista e de baixo impacto ambiental.

O descarte da água de teste é de fato um grande fator de preocupação. Uma fonte importantíssima para referência é a norma API 1157, que determina inúmeras modalidades de tratamento para estes efluentes. Contudo, vale ressaltar que esta norma recai sobre dutos em descontaminação, ou seja, com potencial poluidor real e presente, não fazendo menção às modalidades de poluição apresentadas neste trabalho.

A Resolução CONAMA N° 20, de 1986, deve ser adotada como padrão de referência para os descartes dos testes hidrostáticos, regendo todo o processo de adequação da qualidade do efluente final gerado, salvo

alguma orientação particular do Órgão Ambiental responsável pelo processo de licenciamento da atividade.

O presente trabalho permitiu determinar, de maneira inequívoca, os impactos ambientais resultantes da execução de testes hidrostáticos de tubulação. Ao determinarem-se os impactos, foi possível verificar as

medidas de controle necessárias para que o teste pudesse ser conduzido dentro de padrões adequados de proteção ao meio ambiente.

Cabe ressaltar que a qualificação e quantificação dos impactos, através da técnica FMEA, após delimitação dos horizontes de estudo através da técnica A.C.V., possibilitou uma discussão objetiva das características de todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos do fluido de teste, que permitiram a elaboração de uma planilha de controle (ou plano de ação), apresentada no Anexo C. Esta planilha alimenta por fim o produto final da dissertação: um algoritmo heurístico, que permitirá a qualquer executante de testes hidrostáticos, antever e controlar todos os efeitos sobre o meio ambiente causados por esta atividade. O algoritmo é apresentado no Anexo D.

A contribuição do presente trabalho reside nesta alternativa de controle, pois possibilitará à indústria da construção da malha dutoviária brasileira a possibilidade de “*agir localmente, pensando globalmente*”, linha de pensamento surgida durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, ECO92. Esta filosofia de pensamento vem de encontro à longitude dos dutos de transporte, geralmente extensos e sujeitos a inúmeros ambientes e realidades distintas.

Ao operar o algoritmo, o executante poderá deparar-se com rotinas não aplicáveis, dependendo do grau de desenvolvimento tecnológico de seu processo. Entretanto, em linhas gerais, o algoritmo é aplicável a todos os processos de teste de tubulações de transporte, o que confere ao mesmo uma relativa universalidade. A principal vantagem reside no fato de que os aspectos e impactos ambientais foram avaliados em todas as etapas do processo, e as medidas de controle permeiam todo o algoritmo.

Com tal contribuição, o autor espera ratificar mais uma vez a idéia da sustentabilidade, pois, se o crescimento tecnológico da humanidade é líquido e certo, a ciência deve prestar seu apoio, criando condições sustentáveis para este crescimento.

Surge como possibilidade de futuros estudos a utilização do fluido de teste em circuito fechado, além do aprofundamento sobre as características dos parâmetros físico-químicos do fluido captado para pressurização, buscando verificar se fluidos (águas) de menor qualidade poderiam ser utilizadas para o teste, contribuindo para a preservação dos recursos naturais.

**ANDRADE, R.P., PINAUD, R.Z.** *Licenciamento de Projetos de Dutos : Novo Desafio aos Construtores*, IIIº Seminário Brasileiro de Dutos, IBP, Rio de Janeiro,(Brasil), 2001

**AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP** - *Panorama da Indústria de Gás Natural no Brasil : Aspectos Regulatórios e Desafios”*  
- *Nota Técnica 033/2002*, Rio de Janeiro, (Brasil), 2002

\_\_\_\_. - *Nota Técnica 017/2003*, Rio de Janeiro, (Brasil), 2003

**API 1157**, *Hydrostatic Test Water Treatment and Disposal Options for Liquid Pipeline Systems*, First Edition, American Petroleum Institute (API), (EUA), Outubro de 1998

**BAJAY, S. V. ,** *Assimetrias e Competitividade no Setor Energético Brasileiro*, UNICAMP, Campinas, (Brasil), 1996

**BAJAY, S.V. e RODRIGUES**, *Diagnóstico e Perspectivas do Setor de Gás Natural*, UNICAMP/UFRJ, Campinas/Rio de Janeiro, (Brasil), 1997

**BARSANTI, L.** *Field Weldability of X100 Steel Pipes*, IPC2002, Alberta, (Canadá), 2002

**BAUSELL, R.A. , WENDROW, B. , SCHMIDT, B.I. ,** *Hydrostatic Test Water Treatment and Disposal Options for Liquid Pipeline Systems* , American Petroleum Institute , (EUA) , 1998

**BENJAMIN, A.H.V.,** *Introdução ao Direito Ambiental Brasileiro*, Fórum Lusófono sobre Redação Normativa e Direito do Ambiente, São Miguel,(Cabo Verde), 1998

**BOTHE, M.,** *Forest Preservation and the Precautionary Principle Questions of International and Comparative Law*, Anais do 3º Congresso Internacional de Direito Ambiental : A Proteção Jurídica das Florestas Tropicais, São Paulo, (Brasil), 1999

**BRANCO, S.M. ,** *Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária*, 3ª Ed, CETESB/ASCETESB, São Paulo, (Brasil), 1986

**BRASIL.** *Constituição da República Federativa do Brasil* de 05 de Outubro de 1988.

\_\_\_\_. – *Lei 9.478/97* de 06 de Agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências.

\_\_\_\_. – *Lei 6.938/81* de 31 de Agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto 99.274/90, de 06 de Junho de 1990. Dispõe sobre a Política

Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e dá outras Providências.

\_\_\_\_. – *Resolução CONAMA 001/86*, de 23 de Janeiro de 1986.

\_\_\_\_. – *Resolução CONAMA 001/90*, de 08 de Março de 1990.

\_\_\_\_. – *Resolução CONAMA 020/86*, de 18 de Junho de 1986.

**CHEHEBE, J.R.** *Análise do ciclo de vida de produtos*, São Paulo, (Brasil), 1998, 104 p.

**CURRAN, M.A.** *Broad-based environmental life cycle assessment*, Environmental Science and Technology, Vol. 37, nº 3, p. 431-436, (EUA), 1993

**FIGUEIREDO, G.J.P.,** *Proteção das Florestas Sul-Americanas e Mudança dos Padrões Globais de Consumo*, Anais do 3º Congresso Internacional de Direito Ambiental : A Proteção Jurídica das Florestas Tropicais, São Paulo, (Brasil), 1999

**GOLDEMBERG, J.,** *S.O.S. Planeta Terra*, Ed Brasiliense, São Paulo, (Brasil), 1989

**GOLÜKE, U. & WILLUMS, J.O.**, *From Ideas to Action : Business and Sustainable Development*, International Chamber of Commerce, (Noruega), 1992

**HUDSON, G.M., BLACKMAN, S.A., HAMMOND, J., DORLING, D.**, *Girth Welding of X100 Pipelines Steel*, IPC2002, Alberta, (Canadá), 2002

**INSTALAÇÕES E ENGENHARIA DE CORROSÃO - IEC**, *Sistemas de Proteção Catódica*, Diagraphic, Rio de Janeiro, (Brasil), [1990] década certa

**JASKE, C.E. & BEAVERS, J.A.**, *Development and Evaluation of Improved Model for Engineering Critical Assessment of Pipelines*, IPC2002, Alberta, (Canadá), 2002

**KIEFNER, J.F.**, *Role of Hydrostatic Testing in Pipeline Integrity Assessment*, (EUA), 2001

**LAINA PORTO, R.L. (org.) et alii**, *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, (Brasil), 1997

**MOHITPOUR, M., GLOVER A., TREFANENKO, B.**, *Technology advances key worldwide gas pipeline developments*, Oil & Gas Journal, November Edition, pp.60-67, (EUA), 2001

**MOHITPOUR, M., McMANUS, M., TREFANENKO, B.,** *Trends in Pipeline Integrity Inspection and Rehabilitation Techniques*, IPC2002, Alberta, (Canadá), 2002

**PASC - Pipeline Abandonment Steering Committee,** *Pipeline Abandonment : A Discussion Paper on Technical and Environmental Issues*, Alberta, (Canadá), 1996

**PAPAVINASAM, S., DOIRON, A., REVIE, W.R.,** *Evaluation of Green Inhibitors*, IPC2002, Alberta, (Canadá), 2002

**PEARCE, D.W. & TURNER, R.K.,** *Economics of Natural Resources and the Environment*, The Johns Hopkins University Press, (EUA), 1990

**PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS,** *Estudo de Impacto Ambiental para o Trecho Brasileiro do Gasoduto Bolívia-Brasil*, Relatório Consolidado, Revisão 02, Rio de Janeiro, (Brasil),1997

**RODRIGUES, L.M. & DICK, L.F.P.,** *Influence of Humic Substances on the Corrosion of the API 5LX65 STEEL*, Departamento de Metalurgia, UFRGS, (Brasil), - Trabalho apresentado no IPC2002, (Canadá), 2002

**ROUSSEAU, P.** *Evaluation comparative de l'impact environnemental global (ecieg) du cycle de vie des produits.* Tese de doutorado, L'Institut National des Sciences Appliquees de Lyon (França), 1993, 276 p.

**SANCHEZ, L.H.,** *Desengenharia : O Passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais,* EDUSP, São Paulo, (Brasil), 2001

**SANTOS, S.P.,** *Viability of the Gas Pipeline Network Expansion in Brazil,* IPC2002, Alberta, (Canadá), 2002

**SAWYER, C.N. & McCARTY, P.L.,** *Chemistry for Environmental Engineering,* Third Edition, McGraw-Hill, (EUA), 1978

**T.D.WILLIAMSON,** *TDW Products and Services Brochure,* (EUA), 1999, Disponível em :

<<http://www.tdwilliamson.com/PDF/Catpdf/pigsurv.pdf>>

Acesso em : Fevereiro, 2004

**THE HAVILAND CONSULTING GROUP,** *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA),* Disponível em :

<<http://www.fmecca.com>> Acesso em : 12 Nov. 2003



# ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 1 DE 13

FOLHA	REVISÃO							FOLHA	REVISÃO							FOLHA	REVISÃO						
	0	A	B	C	D	E	F		0	A	B	C	D	E	F		0	A	B	C	D	E	F
001	0	A	B					035								069							
002	0	A	B					036								070							
003	0	A	B					037								071							
004	0	A	B					038								072							
005	0	A	B					039								073							
006	0	A	B					040								074							
007	0	A	B					041								075							
008	0	A	B					042								076							
009	0	A	B					043								077							
010			B					044								078							
011			B					045								079							
012			B					046								080							
013			B					047								081							
014								048								082							
015								049								083							
016								050								084							
017								051								085							
018								052								086							
019								053								087							
020								054								088							
021								055								089							
022								056								090							
023								057								091							
024								058								092							
025								059								093							
026								060								094							
027								061								095							
028								062								096							
029								063								097							
030								064								098							
031								065								099							
032								066								100							
033								067								101							
034								068								102							

Rev. 0: Emitido para comentários, em 14.06.02.

Este documento substitui na íntegra os Procedimentos de Controle Operacional e de Processos (PQ.000.409, Ed. 04, Rev. A, de 09.01.98), de Identificação e Avaliação dos Aspectos e Impactos Associados (PA.000.431, Ed. 01, Rev. C, de 07.07.99), e de Identificação e Avaliação dos Riscos de Segurança e Saúde no Trabalho (PS.000.422, Ed. 01, Rev. B, de 07.07.99).

Rev. A: Emitido para aplicação em 19.08.02.

Rev. B: Revisado em atendimento à nova estrutura do SGI, em 25.10.02.

Rev. C:

Rev. D:

Rev. E:

Rev. F:

Emissão:

NEG 25.10.02

Aprovação:

GPM 25.10.02

VIGÊNCIA:

04.11.02



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 2 DE 13

### 1. OBJETIVO

Estabelecer sistemática de análise dos processos produtivos, a fim de identificar e avaliar a necessidade de estabelecer documentos, levantar os aspectos e impactos ambientais, os perigos e riscos à segurança e saúde dos trabalhadores, determinando a significância do seu impacto, e de prover os recursos específicos.

### 2. APLICAÇÃO

Todos os processos relacionados com as atividades de construção e montagem da TECHINT.

### 3. DEFINIÇÕES

- **Processo:** Conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transforma insumo (elemento de entrada) em produto (elemento de saída).
- **Produto:** Resultado de um processo.
- **PPIE:** Plano de Processos e Inspeção e Ensaios – Planejamento do SGI para os processos, inspeções e ensaios do empreendimento.
- **AAIA:** Análise dos Aspectos e Impactos Ambientais – Planejamento para a análise dos aspectos e impactos ambientais, e avaliação da sua significância no empreendimento.
- **APR:** Análise de Perigos e Riscos – Planejamento para identificação dos perigos e análise de riscos no empreendimento.
- **PIO:** Ponto de Inspeção Obrigatória – Etapa do processo que requer uma inspeção, medição ou ensaio de liberação, para continuar com a etapa seguinte.
- **PINO:** Ponto de Inspeção Não Obrigatória – Inspeção, medição ou ensaio durante o processo, em uma etapa que não requer liberação para continuar com a seguinte.
- **INC: Incidência** – Se o aspecto ou risco são Diretos (D), quando forem referentes às atividades da Techint, ou são Indiretos (I), quando forem referentes às atividades de terceiros.
- **SIT: Situação** – Se o aspecto ou risco são decorrentes de uma situação Normal (N), Anormal (A) ou Emergencial (E).
- **TEM: Temporalidade** – Se o aspecto refere-se ao Passado (P), Presente (PR) ou Futuro (F).
- **SEV: Severidade** – Grau de severidade com que uma determinada etapa do processo possa ocorrer impactando na qualidade do produto, ou do meio ambiente, ou ainda da segurança e saúde do trabalhador. Quanto maior a classificação, maior a severidade.
- **PROB: Probabilidade** – Probabilidade com que uma determinada etapa do processo possa ocorrer impactando na qualidade do produto, ou do meio ambiente, ou ainda da segurança e saúde do trabalhador. Quanto maior a classificação, maior a probabilidade.



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 3 DE 13

- **DET: Detecção** – Grau de detecção prévia com que uma determinada etapa do processo possa ser identificada, impactando na qualidade do produto, ou do meio ambiente, ou ainda da segurança e saúde do trabalhador. Quanto menor a classificação, maior a possibilidade de detecção.
- **IS: Índice de Significância** – Valor atribuído a uma determinada etapa do processo. Esse valor possibilita estabelecer uma linha de corte, identificando as etapas de cada processo que requeiram determinadas ações.
  - ◇ **ISSS:** Índice de Significância de Segurança e Saúde;
  - ◇ **ISA:** Índice de Significância Ambiental;

### 4. RESPONSABILIDADES

#### 4.1 Do Gerente, Engenheiros, Supervisores e Encarregados de Obra

- Administrar e assegurar os recursos e meios necessários para a correta realização dos processos.
- Supervisionar o cumprimento das atividades de produção, de acordo com os requisitos deste procedimento;

#### 4.2 Do Pessoal de Execução

- Realizar os processos de acordo à documentação aplicável;
- Registrar, quando aplicável, os parâmetros definidos como básicos dos processos;
- Notificar aos responsáveis, processos e produtos não conformes, ou que possam provocar acidentes ou impactos ambientais.

#### 4.3 Do Gerente do Sistema de Gestão Integrada da Obra

- Coordenar a realização dos PPIE, AAIA e APR.
- Assegurar a realização e registros das inspeções, medições e testes requeridos.

#### 4.4 Dos Inspectores da Qualidade, Técnicos de Segurança e Meio Ambiente

- Controlar as características do produto ou processo, condições de segurança, saúde e meio ambiente de acordo com o requerido;
- Tratar os produtos, processos ou situações não conformes de acordo como requerido pela documentação aplicável;

### 5. PROCEDIMENTO

#### 5.1 Geral

- 5.1.1 Os processos são efetuados de acordo com a programação emitida pela Gerência de Planejamento. Esta programação, está baseada no sub-programa de cada área e desta se extraem as atividades que são seguidas e controladas. A medição do andamento do processo, realimenta a programação até o fechamento mensal, de acordo com o planejamento de cada Empreendimento.



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 4 DE 13

5.1.2 Os processos de produção, são conduzidos baseados na documentação aplicável. Esta documentação é composta basicamente de:

- *Procedimentos de execução e instruções de trabalho;*
- *Desenhos e especificações técnicas;*
- *Listas de materiais.*

5.1.3 A seqüência dos processos é descrita de forma idêntica nos **Planos de Processo Inspeção e Ensaio (PPIE) – OPE.SGI.00000.710.01-form1**, nas **Análises de Aspectos e Impactos Ambientais (AAIA) – OPE.SGI.00000.710.01-form2** e nas **Análises de Perigos e Riscos (APR) – OPE.SGI.00000.710.01-form3**. Estes documentos, contêm um sucinto fluxo predeterminado, descrevendo cronologicamente a seqüência de operações que afetam a qualidade final do produto, os impactos ambientais significativos e os perigos e riscos à segurança e saúde.

5.1.4 Quando a complexidade de uma atividade, seu impacto sobre a qualidade final do produto ou ao meio ambiente, os riscos à segurança e saúde das pessoas, e as aptidões do pessoal envolvido, determinem que a ausência de instruções escritas possam afetar adversamente o processo, são emitidos procedimentos, instruções de trabalho, normas, regulamentações ou outros documentos aplicáveis, que são incorporados aos PPIE, AAIA ou APR, correspondentes.

5.1.5 Os PPIE, AAIA e APR, são revisados no mínimo a cada seis meses, sendo considerados os documentos e controles já aplicáveis.

### 5.1.6 **Classificação do Grau de Severidade, Probabilidade e Detecção**

- a) A classificação do grau de severidade, probabilidade e detecção, estão descritos *nos Anexos III, IV e V*, respectivamente, e devem ser seguidos como forma de padronização de conceitos.
- b) Os valores de “IS” (Índices de Significância), saem automaticamente, através da multiplicação dos valores obtidos na classificação da severidade, probabilidade e detecção.

**Obs.:** *Para uma melhor identificação das áreas (qualidade, segurança, saúde e meio ambiente), pode-se utilizar o seguinte código de cores:*

*Qualidade:* Descrito em letras azuis;  
*Segurança e Saúde:* Descrito em letras vermelhas;  
*Meio Ambiente:* Descrito em letras verdes.

## 5.2 Plano de Processo, Inspeção e Ensaio - PPIE

5.2.1 O PPIE é realizado, considerando-se as atividades de cada processo, onde são indicados os documentos aplicáveis as atividades de construção e montagem. É indicado nos campos PIO ou PINO, a necessidade de inspeção, podendo ser obrigatória ou não, e o documento aplicável à essa inspeção. Segue-se com a indicação do tipo de controle realizado.

5.2.2 O PPIE é analisado duas vezes, sendo que na primeira são considerados apenas o processo produtivo (que servirá de base para os AAIA e APR), os documentos aplicáveis e as inspeções de qualidade a serem realizadas. Na segunda fase, são incorporados aos PPIE as análises dos AAIA e APR, de tal forma que ao final o PPIE seja um dos braços do planejamento do Gerente do Sistema de Gestão Integrado da Obra.



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 5 DE 13

### 5.3 Avaliação dos Aspectos e Impactos Ambientais – AAIA

- 5.3.1 O AAIA é realizado, considerando-se as atividades de cada processo, conforme definido pelo PPIE, onde são indicados os documentos aplicáveis as atividades ambientais.
- 5.3.2 São identificados os aspectos e impactos ambientais, referentes à cada atividade do processo. No *Anexo I*, são apresentados alguns exemplos.
- 5.3.3 Os campos “Inc”, “Sit” e “Temp”, respectivamente classificam a condição de incidência, situação e temporalidade, os quais são orientativos para a tomada de decisão da severidade, probabilidade e detecção, conforme *Anexos III, IV e V*.
- 5.3.4 O filtro de significância identifica os impactos ambientais levantados que podem requerer atenção, independentemente do seu ISA, abordando requisitos legais e outros requisitos pertinentes.
- 5.3.5 Medidas corretivas e preventivas, são tomadas a partir dos ISSS acima de 80 e em decorrência dos filtros de significância, sendo indicadas no ***Plano de Ação das Medidas Corretivas e Preventivas – OPE.SGI.00000710.01-form04***.

### 5.4 Análise de Perigos e Riscos – APR

- 5.4.1 O APR é realizado, considerando-se as atividades de cada processo, conforme definido pelo PPIE, onde são indicados os documentos aplicáveis as atividades de segurança e saúde ocupacional.
- 5.4.2 São identificados os perigos e riscos, referentes à cada atividade do processo. No *Anexo II*, são apresentados alguns exemplos.
- 5.4.3 Os campos “Inc” e “Sit”, respectivamente classificam a condição de incidência e situação, os quais são orientativos para a tomada de decisão da Severidade, Probabilidade e Detecção, conforme *Anexos III, IV e V*.
- 5.4.4 Os riscos são identificados em consideração aos perigos levantados no campo anterior.
- 5.4.5 O filtro de significância identifica os riscos levantados que podem requerer atenção, independentemente do seu ISSS, abordando requisitos legais e outros requisitos pertinentes.
- 5.4.6 Medidas corretivas e preventivas, são tomadas a partir dos ISSS acima de 80 e em decorrência dos filtros de significância, sendo indicadas no ***Plano de Ação das Medidas Corretivas e Preventivas – OPE.SGI.00000710.01-form04***.

## 6. REGISTROS

<b>Identificação</b>	<b>Descrição</b>
<i>OPE.SGI.00000.710.01-form01</i>	<i>Plano de Processo, Inspeção e Ensaio – PPIE</i>
<i>OPE.SGI.00000.710.01-form02</i>	<i>Avaliação de Aspecto e Impacto Ambiental - AAIA</i>
<i>OPE.SGI.00000.710.01-form03</i>	<i>Avaliação de Perigos e Riscos - APR</i>
<i>OPE.SGI.00000.710.01-form04</i>	<i>Plano de Ação das Medidas Corretivas e Preventivas</i>



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 6 DE 13

### 7. REFERÊNCIAS

- **ISO 9001:2000:** Sistema de Gestão da Qualidade - Requisitos, item 7.1.
- **ISO 14001:1996:** Sistema de Gestão Ambiental - Especificações e Diretrizes para Uso, item 4.3.1.
- **OHSAS 18001:1999:** Occupational Health and Safety Management Systems - Specification, item 4.3.1.



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 7 DE 13

### ANEXO I

#### Exemplos de Aspectos e Impactos Ambientais

<i>Aspectos Ambientais</i>		<i>Impactos Ambientais</i>
<i>Gerais</i>	<i>Específicos</i>	
Geração de Efluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas servidas</li> <li>• Chorume</li> <li>• Efluentes orgânicos e oleosos</li> <li>• Efluentes inorgânicos</li> <li>• Efluentes de lavanderia</li> <li>• Efluentes com produtos de revelação de filmes</li> <li>• Derrames de óleo, solvente, virgens e revestimento</li> <li>• Descarte de óleo</li> <li>• Vazamentos de combustível, óleo e devido a queda de carga transportada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incômodos à comunidade</li> <li>• Danos a fauna e flora</li> <li>• Contaminação das águas superficiais</li> <li>• Contaminação do lençol freático</li> <li>• Contaminação do solo</li> <li>• Perda da biodiversidade</li> </ul>
Emissões Atmosféricas de Gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissão de particulados</li> <li>• Fumaça e fumos metálicos</li> <li>• Gases tóxicos e explosivos</li> <li>• Vazamento de acetileno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incômodos à comunidade</li> <li>• Danos a fauna e flora</li> <li>• Poluição atmosférica</li> <li>• Perda da biodiversidade</li> </ul>
Geração de Resíduos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparas de tubos</li> <li>• Descarte de estopas</li> <li>• Descarte de baterias e pilhas</li> <li>• Descarte de vegetação e raízes</li> <li>• Descarte de discos e escovas rotativas</li> <li>• Disposição de resíduos</li> <li>• Escoras de soldas e eletrodos</li> <li>• Latas de eletrodos</li> <li>• Lã de vidro</li> <li>• Resíduos de embalagem</li> <li>• Resíduos de lixa</li> <li>• Resíduos de revestimento</li> <li>• Resíduos perigosos</li> <li>• Resíduos de concreto</li> <li>• Resíduos de filmes</li> <li>• Resíduos de ferragens</li> <li>• Resíduos hospitalares</li> <li>• Resíduos de papel, papelão, plástico, vidro, borracha e madeiras</li> <li>• Resíduos de tintas</li> <li>• Resíduos de saco de nylon</li> <li>• Resíduos inertes (Entulho)</li> <li>• Lâmpadas usadas</li> <li>• Resíduos oleosos (trapos, luvas, limalhas, chapas)</li> <li>• Sacos de cimento</li> <li>• Restos de alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incômodos à comunidade</li> <li>• Danos a fauna e flora</li> <li>• Assoreamento de cursos d'água</li> <li>• Contaminação das águas superficiais</li> <li>• Contaminação do lençol freático</li> <li>• Contaminação do solo</li> <li>• Perda da biodiversidade</li> <li>• Modificação do relevo</li> </ul>
Geração de Ruídos	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incômodos à comunidade</li> </ul>
Emissão de Radiação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissão de radiações ionizantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação por radiação</li> <li>• Exposição do ser humano à radiação</li> </ul>
Consumo de Recursos Naturais e Energéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de água</li> <li>• Consumo de combustíveis</li> <li>• Consumo de recursos vegetais (madeira, carvão)</li> <li>• Consumo de recursos minerais</li> <li>• Consumo de energia elétrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escassez dos recursos naturais</li> </ul>
Vibrações	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incômodos à comunidade</li> </ul>



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 8 DE 13

<i>Aspectos Ambientais</i>		<i>Impactos Ambientais</i>
<i>Gerais</i>	<i>Específicos</i>	
Edificações	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instalação do canteiro</li><li>• Durante a construção da obra</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alteração das características de locais de preservação ambiental (cavernas, monumentos históricos)</li><li>• Incômodos à comunidade</li><li>• Danos a fauna e flora</li><li>• Assoreamento de cursos d'água</li><li>• Contaminação das águas superficiais</li><li>• Contaminação do lençol freático</li><li>• Contaminação do solo</li><li>• Perda da biodiversidade</li><li>• Modificação do relevo</li></ul>
Comportamento	<ul style="list-style-type: none"><li>•</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incômodos à comunidade</li><li>• Aumento da natalidade</li><li>• Aumento das DST</li><li>• Aumento dos postos de trabalho</li></ul>



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 9 DE 13

### ANEXO II

#### Exemplos de Perigos e Riscos de Segurança e Saúde Ocupacional

<i>Perigos de Segurança e Saúde</i>		<i>Riscos de Segurança e Saúde</i>
<i>Agentes</i>	<i>Perigos</i>	
Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruído no ambiente administrativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desconforto acústico</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruído na frente de trabalho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perda auditiva</li> <li>Surdez</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vibrações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tenossinovite</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radiações ionizantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queimadura</li> <li>Alterações morfológicas</li> <li>Doenças ocupacionais</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radiações não-ionizantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queimaduras</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geladura</li> <li>Congelamento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insolação</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dermatoses</li> </ul>
Químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fumos</li> <li>Gases</li> <li>Vapores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intoxicação aguda / crônica</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poeiras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pneumoconiose</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Névoas</li> <li>Neblinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queimaduras</li> <li>Intoxicação</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Líquidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dermatite de contato</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microbiológicos (vírus, bactérias, protozoários, fungos, parasitas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doenças infectocontagiosas</li> </ul>
Ergonômicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esforço físico intenso</li> <li>Mobiliário e equipamento do posto de trabalho inadequado</li> <li>Condições ambientais de trabalho inadequadas (umidade relativa do ar, temperatura efetiva e iluminação)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stress</li> <li>Fadiga</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levantamento e transporte manual de peso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lesões osteomioarticulares</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Postura inadequada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fadiga</li> <li>Lesão osteomioarticulares</li> </ul>
Condições Ambientais de Segurança (Riscos de Acidentes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho em altura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lesões causadas por queda</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho à quente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queimadura</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho com eletricidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Choque elétrica</li> <li>Queimadura</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho com produtos químicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queimadura</li> <li>Intoxicação</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho em superfícies escorregadias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lesões por queda</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho com exposição a animais peçonhentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Envenenamento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho sujeito a queda de objetos (ferramentas, materiais, equipamentos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lesões contusas</li> <li>Lesões cortantes</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho utilizando máquinas e equipamentos sem proteção</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arranjo físico inadequado</li> <li>Queda do elevador</li> <li>Queda de pessoas</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho utilizando ferramentas inadequadas ou defeituosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fadiga</li> <li>Lesões</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho sujeito a ataque de animais ou insetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mordedura</li> <li>Lesões</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho com explosivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queimadura</li> <li>Lacerações</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalho sob condições hiperbáricas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Embolia gasosa</li> <li>Stress</li> </ul>	



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 10 DE 13

<i>Perigos de Segurança e Saúde</i>		<i>Riscos de Segurança e Saúde</i>
<i>Agentes</i>	<i>Perigos</i>	
Condições Ambientais de Segurança (Riscos de Acidentes)	<ul style="list-style-type: none"><li>Trabalho sujeito a desabamentos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Lesões por esmagamento</li><li>Asfixia</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Trabalho sujeito a atingimento de partícula</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Lesões oculares</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Trabalho sujeito a corte ou ferimentos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Lesões hemorrágicas</li><li>Amputação de membros</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Trabalho sujeito a incêndio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Lesões múltiplas (queimadura)</li><li>Asfixia</li></ul>



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 11 DE 13

### Classificação para o Grau de Severidade (SEV)

### ANEXO III

Efeito	Critério	Classificação
Crítico	<ul style="list-style-type: none"><li>Determinação de um requisito legal.</li><li>Evento que possa provocar colapso do produto, resultando em <i>sucateá-lo</i>, comprometendo prazos e custos estabelecidos para o empreendimento.</li><li>Evento que possa resultar em acidentes fatal.</li><li>Evento que possa resultar em impacto muito grave, abrangendo inclusive a vizinhança, com recuperação difícil e altamente custosa.</li></ul>	10
Grave	<ul style="list-style-type: none"><li>Evento que possa provocar colapso do produto, de tal modo que seu <i>reparo</i>, tenha que se realizar com processos adicionais, gerando custos consideráveis não previstos, e com grande probabilidade de voltar a se repetir.</li><li>Evento que possa resultar em acidente, com perda de membros.</li><li>Evento que possa resultar em impacto muito grave, com abrangência restrita e recuperação difícil e altamente custosa.</li></ul>	9
Muito alto	<ul style="list-style-type: none"><li>Determinação de um requisito do cliente.</li><li>Evento que possa provocar um <i>retrabalho</i> do produto, gerando custos consideráveis não previstos, e com grande probabilidade de voltar a se repetir.</li><li>Evento que possa resultar em acidente com perda de materiais de alto valor agregado.</li><li>Evento que possa resultar em impacto muito grave, abrangendo inclusive a vizinhança, com recuperação moderada ou fácil custo relativamente baixo.</li></ul>	8
Alto	<ul style="list-style-type: none"><li>Determinação de um requisito corporativo.</li><li>Evento em que o produto tenha que ser 100% <i>medido, inspecionado</i> ou <i>testado</i>.</li><li>Evento possa resultar em acidente com afastamento do trabalho e grande probabilidade de voltar a ocorrer.</li><li>Evento que possa resultar em impacto muito grave, com abrangência restrita, recuperação moderada ou fácil e custo relativamente baixo.</li></ul>	7
Moderado	<ul style="list-style-type: none"><li>Determinação de um requisito de partes interessadas.</li><li>Evento que possa originar em não conformidade, onde o retorno aos parâmetros especificados tenham que se realizar com processos adicionais, porém de baixo custo.</li><li>Evento que possa resultar em acidente com afastamento do trabalho e pouca probabilidade de voltar a ocorrer.</li><li>Evento que possa resultar em impacto localizado, onde o retorno à situação normal tenha que ser realizada através de processos ou técnicas adicionais, envolvendo o auxílio de equipes treinadas de outros processos.</li></ul>	6
Baixo	<ul style="list-style-type: none"><li>Evento em que o produto possa ser <i>reclassificado</i> para uso, quando não estiver conforme ao especificado.</li><li>Evento que possa resultar em acidente com perda de materiais de baixo valor agregado.</li><li>Evento que possa resultar em impacto localizado, onde o retorno à situação normal tenha que ser realizada através de processos ou técnicas adicionais, envolvendo apenas o pessoal do próprio processo.</li></ul>	5
Muito baixo	<ul style="list-style-type: none"><li>Evento em que o produto tenha que ser esporadicamente <i>medido, inspecionado</i> ou <i>testado</i>.</li><li>Evento que possa resultar em acidente sem afastamento do trabalho, com probabilidade de transferir o acidentado para outras funções.</li><li>Evento que possa resultar em impacto pontual, com possibilidade de recuperação imediata, porém necessitando de processo ou técnica adicional.</li></ul>	4
Menor	<ul style="list-style-type: none"><li>Evento que possa originar em não conformidade, onde seja possível voltar aos parâmetros especificados, sem nenhum processo ou técnica adicional, sem envolver reparos, porém com grande probabilidade de voltar a se repetir.</li><li>Evento que possa resultar em acidente sem afastamento do trabalho ou de suas funções, com grande probabilidade de voltar a ocorrer.</li><li>Evento que possa resultar em impacto localizado, facilmente previsível e com possibilidade de recuperação imediata, sem necessidade de processo ou técnica adicional.</li></ul>	3
Muito menor	<ul style="list-style-type: none"><li>Evento que possa originar em não conformidade, onde seja possível voltar aos parâmetros especificados, sem nenhum processo ou técnica adicional, sem envolver reparos, porém com pouca probabilidade de voltar a se repetir.</li><li>Evento que possa resultar em acidente sem afastamento do trabalho ou de suas funções, com baixa probabilidade de voltar a ocorrer.</li><li>Evento que possa resultar em impacto pontual, facilmente previsível e com possibilidade de recuperação imediata, sem necessidade de processo ou técnica adicional.</li></ul>	2



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 12 DE 13

### ANEXO IV

#### Classificação para o Grau de Probabilidade de Ocorrência (PROB)

<i>Efeito</i>	<i>Critério</i>	<i>Classificação</i>
Total	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência é certa, acontece em 100% dos casos.</li></ul>	10
Quase total	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência é quase certa, acontece em 90% dos casos.</li></ul>	9
Muito alta	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência pode acontecer diariamente, mesmo que não seja na totalidade dos casos.</li></ul>	8
Alta	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência pode acontecer semanalmente.</li></ul>	7
Moderada	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência pode acontecer ao menos uma vez por mês.</li></ul>	6
Baixa	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência pode acontecer ao menos uma vez a cada dois meses.</li></ul>	5
Muito baixa	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência pode acontecer ao menos uma vez a cada três meses.</li></ul>	4
Pequena	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência pode acontecer ao menos uma vez a cada seis meses.</li></ul>	3
Muito pequena	<ul style="list-style-type: none"><li>A ocorrência pode acontecer ao menos uma vez a cada ano ou com periodicidade maior.</li></ul>	2



## ANÁLISE DE REQUISITOS DE PROCESSO

OPE.SGI.00000.710.01

ED.: 01 REV.: B

DATA: 25.10.02

FOLHA: 13 DE 13

### ANEXO V

#### Classificação para o Grau de Possibilidade de Detecção (DET)

<i>Efeito</i>	<i>Critério</i>	<i>Classificação</i>
Quase impossível	<ul style="list-style-type: none"><li>• É quase impossível a detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	10
Muito remota	<ul style="list-style-type: none"><li>• É muito remota a possibilidade de detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	9
Remota	<ul style="list-style-type: none"><li>• É remota a possibilidade de detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	8
Muito baixa	<ul style="list-style-type: none"><li>• É muito baixa a possibilidade de detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	7
Baixa	<ul style="list-style-type: none"><li>• É baixa a possibilidade de detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	6
Moderada	<ul style="list-style-type: none"><li>• É moderada a possibilidade de detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	5
Moderadamente alta	<ul style="list-style-type: none"><li>• É moderadamente alta a possibilidade de detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	4
Alta	<ul style="list-style-type: none"><li>• É alta a possibilidade de detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	3
Muito alta	<ul style="list-style-type: none"><li>• É muito alta a possibilidade de detecção do evento antes da sua ocorrência, ou da próxima atividade do processo.</li></ul>	2







## ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO - APR

Processo:		Identificação:			Vigência:			Emissão:			
		Revisão:						Aprovação:			
Item	Etapa	Perigo	Inc	Sit	Risco	Sev	Prob	Det	ISSS	Filtro de Significância	PAMCP


Obs.:





## ANÁLISE DE ASPECTO E IMPACTO AMBIENTAL - AAIA

Processo :			Identificação : Dissertação-01				Vigência :				Emissão : RPA	
Teste Hidrostático de Duto de Transporte de Gás Natural			Revisão : 0				15/01/04				Aprovação : RPA	
Item	Etapa	Aspecto Ambiental	Inc	Sit	Tem	Impacto Ambiental	Sev	Prob	Det	ISA	Filtro de Significância	PAMCP
01	Planejamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	Limpeza e calibração	Alteração de corpos d'água	D	N	PR	Comprometimento da qualidade do corpo receptor do descarte	7	5	7	245	-	A
		Emissão de fumaça	D	N	PR	Poluição atmosférica devido à queima de combustíveis fósseis	4	8	2	64	-	B
		Derramamento de óleos e combustíveis	D	A	PR	Contaminação do solo, lençol freático ou corpo receptor	6	6	3	108	-	C
		Geração de resíduos sólidos	D	N	PR	Ocupação de aterros de resíduo, contaminação do solo / corpo receptor	4	7	2	56	-	D
		Consumo de combustíveis	D	N	PR	Contribuição para a escassez dos recursos naturais	4	2	7	56	-	E
		Geração de ruído	D	N	PR	Alteração de rotina da comunidade lindeira aos pontos de teste	5	8	3	120	-	F
		Consumo de água	D	N	PR	Contribuição para a escassez de recursos naturais	4	8	3	96	-	E
03	Enchimento	Emissão de fumaça	D	N	PR	Poluição atmosférica devido à queima de combustíveis fósseis	4	8	2	64	-	B
		Derramamento de óleos e combustíveis	D	A	PR	Contaminação do solo, lençol freático ou corpo receptor	6	6	3	108	-	C
		Consumo de água	D	N	PR	Contribuição para a escassez de recursos naturais	8	4	3	96	-	E
		Alteração de corpos d'água	D	N	PR	Comprometimento da qualidade do corpo d'água utilizado para captação	8	4	4	128	-	F
		Geração de ruído	D	N	PR	Alteração de rotina da comunidade lindeira aos pontos de teste	5	8	3	120	-	F
		Consumo de combustíveis	D	N	PR	Contribuição para a escassez de recursos naturais	4	2	7	56	-	E
04	Pressurização	Emissão de fumaça	D	N	PR	Poluição atmosférica devido à queima de combustíveis fósseis	4	8	2	64	-	B
		Derramamento de óleos e combustíveis	D	A	PR	Contaminação do solo, lençol freático ou corpo receptor	6	6	3	108	-	C
		Geração de ruído	D	N	PR	Alteração de rotina da comunidade lindeira aos pontos de teste	5	8	3	120	-	F
		Consumo de combustíveis	D	N	PR	Contribuição para a escassez de recursos naturais	4	2	7	56	-	E



## ANÁLISE DE ASPECTO E IMPACTO AMBIENTAL - AAIA

<b>Processo :</b> Teste Hidrostático de Duto de Transporte de Gás Natural			<b>Identificação :</b> Dissertação-01				<b>Vigência :</b> 15/01/04				<b>Emissão :</b> RPA	
			<b>Revisão :</b> 0								<b>Aprovação :</b> RPA	
Item	Etapa	Aspecto Ambiental	Inc	Sit	Tem	Impacto Ambiental	Sev	Prob	Det	ISA	Filtro de Significância	PAMCP
05	Drenagem	Emissão de fumaça	D	N	PR	Poluição atmosférica devido à queima de combustíveis fósseis	4	8	2	64	-	B
		Derramamento de óleos e combustíveis	D	A	PR	Contaminação do solo, lençol freático ou corpo receptor	6	6	3	108	-	C
		Geração de ruído	D	N	PR	Alteração de rotina da comunidade limdeira aos pontos de teste	5	8	3	120	-	E
		Alteração de corpos d'água	D	N	PR	Comprometimento da qualidade do corpo receptor do descarte	8	6	4	192	-	A
		Consumo de combustíveis	D	N	PR	Contribuição para a escassez de recursos naturais	4	2	7	56	-	E
06	Inspeção (PIG instrumentado)	Emissão de fumaça	D	N	PR	Poluição atmosférica devido à queima de combustíveis fósseis	4	8	2	64	-	B
		Derramamento de óleos e combustíveis	D	A	PR	Contaminação do solo, lençol freático ou corpo receptor	6	6	3	108	-	C
		Geração de ruído	D	N	PR	Alteração de rotina da comunidade limdeira aos pontos de teste	5	8	3	120	-	F
		Alteração de corpos d'água	D	N	PR	Comprometimento da qualidade do corpo receptor do descarte	8	6	4	192	-	A
		Consumo de água	D	N	PR	Contribuição para a escassez de recursos naturais	4	8	3	96	-	E
		Consumo de combustíveis	D	N	PR	Contribuição para a escassez de recursos naturais	4	2	7	56	-	E
07	Secagem	Emissão de fumaça	D	N	PR	Poluição atmosférica devido à queima de combustíveis fósseis	4	8	2	64	-	B
		Derramamento de óleos e combustíveis	D	A	PR	Contaminação do solo, lençol freático ou corpo receptor	6	6	3	108	-	C
		Geração de ruído	D	N	PR	Alteração de rotina da comunidade limdeira aos pontos de teste	5	8	3	120	-	F
		Consumo de combustíveis	D	N	PR	Contribuição para a escassez de recursos naturais	4	2	7	56	-	E
		Geração de resíduos sólidos	D	N	PR	Ocupação de aterros de resíduo, contaminação do solo/corpo receptor	6	6	4	144	-	D
<b>OBS :</b> <i>Filtro de significância não aplicado em virtude do caráter hipotético do processo, sem definição dos locais de execução.</i>												



## PLANO DE AÇÃO DE MEDIDAS CORRETIVAS E PREVENTIVAS - PAMCP

<b>Processo :</b>	<b>Identificação :</b> Dissertação-01	<b>Vigência :</b>	<b>Emissão :</b> RPA
Teste Hidrostático de Duto de Transporte de Gás Natural	<b>Revisão :</b> 0	15/01/04	<b>Aprovação :</b> RPA

Item	Descrição do Impacto/Risco	Medidas Corretivas e Preventivas	Responsável	Quando
A	Comprometimento da qualidade do corpo receptor do descarte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar o efluente do teste com base na legislação vigente (nos níveis Municipal, Estadual e Federal) ;</li> <li>Instalar dispositivo de redução da velocidade de descarte na saída da tubulação.</li> </ul>	QSMA e Produção	-
B	Poluição atmosférica devido à queima de combustíveis fósseis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controlar a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos com motor à explosão, movidos pela queima de combustíveis fósseis ;</li> <li>Monitorar mensalmente o nível de densidade colorimétrica, através da Escala Ringelmann, da fumaça emitida por todo o conjunto de equipamentos com motor à explosão, movidos pela queima de combustíveis fósseis.</li> </ul>	QSMA e Produção	-
C	Contaminação do solo, lençol freático ou corpo receptor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instituir medidas de controle de derramamentos para atuação emergencial, com a adoção de kits de controle de derramamentos, compostos de ferramentas manuais (enxadas, pás, EPIs especiais, absorvedores hidrofóbicos) ;</li> <li>Monitorar continuamente a situação de depósitos de combustível e máquinas, corrigindo imediatamente quaisquer indícios de derramamentos.</li> </ul>	QSMA e Produção	-
D	Ocupação de aterros de resíduo, contaminação do solo / corpo receptor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar treinamentos freqüentes sobre as técnicas de segregação, armazenamento e destinação de resíduos gerados, acompanhando todo o volume disposto e instituindo metas progressivas de redução de volume de geração de resíduo ;</li> <li>Disponibilizar local adequado para manuseio e armazenamento dos resíduos.</li> </ul>	QSMA e Produção	-
E	Contribuição para a escassez de recursos naturais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar campanhas motivacionais para a preservação de recursos naturais ;</li> <li>Instituir metas progressivas de redução do consumo de combustível, através do aumento de produtividade das equipes e seus equipamentos.</li> </ul>	QSMA	-
F	Alteração de rotina da comunidade lindeira aos pontos de teste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mobilizar somente equipamentos dotados de mecanismos de redução de ruído (geralmente enclausramento).</li> </ul>	Produção	-
G	Comprometimento da qualidade do corpo d'água utilizado para captação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obter pontos de relevo mais adequado para a instalação das máquinas e equipamentos de captação ;</li> <li>Instalar dispositivos de proteção contra a presença de corpos estranhos na captação ;</li> <li>Realizar planejamento detalhado para a instalação das bombas e equipamentos no local determinado, verificando o distanciamento das margens do corpo receptor e medidas de controle de erosão e carreamento de sedimentos.</li> </ul>	QSMA e Produção	-

OBS :  
 QSMA : Departamento da Qualidade, Segurança, Saúde e Meio Ambiente

