

Iniciativa da Petrobras e da Transpetro para Formatação de um Banco de Dados de Falhas Em Gasodutos e Oleodutos

Douglas Thiago da Silva Alves¹, Cassiano Bastos Carneiro Borges²

PETROBRAS

Ana Paula Rodrigues Bahiense³, Michelle Bastos⁴

TRANSPETRO

Gilson Lima⁵

UFF

1. OBJETIVO

O gerenciamento dos riscos associados às atividades industriais requer, fundamentalmente, o conhecimento das atividades, perigos, causas e consequências dos cenários acidentais associados. Neste contexto, a coleta de dados para geração de informação técnica sobre as causas de falha associadas a sistemas operacionais é indispensável à consolidação do conhecimento que suporta o processo de tomada de decisão.

Assim sendo, o presente trabalho tem por objetivo apresentar a iniciativa conjunta da Petrobras e da Transpetro na formatação de um banco de dados de falha de gasodutos e oleodutos sob gestão desta operadora, visando posteriormente a extensão para outras operadoras do Sistema Petrobras. Este trabalho apresenta as etapas de definição do escopo do Banco de Dados, estabelecimento da arquitetura (taxonomia) do Banco e a definição dos dados necessários para a sua formação. Por fim, são apresentados os resultados preliminares obtidos mediante tratamento estatístico dos dados já coletados.

2. DESCRIÇÃO

Todo o trabalho realizado teve como base o relatório Report of Study Group 3.4 – “*A Guideline Using or Creating Incident Databases for Natural Gas Transmission Pipelines*”[1], elaborado por representantes dos principais Bancos de Dados Internacionais para Gasodutos (entre eles EGIG, UKOPA, DOT, NEB e APIA [2 - 5]) durante uma conferência realizada em Amsterdã em 2006 pelo IGU (*International Gas Union*).

Mediante o levantamento do estado da técnica referente a todos estes benchmarks disponibilizados pelo referido relatório, bem como tendo em vista as diretrizes que o mesmo estabelece, definiu-se as seguintes etapas principais para se criar o Banco de Dados de falhas para Dutos operados pela Transpetro:

- Definição do Escopo;
- Estabelecimento da Taxonomia;
- Seleção dos dados a serem coletados, referentes:
 - À malha de dutos a ser monitorada;
 - Aos incidentes pertencentes ao escopo do banco;
- Coleta e tratamento dos dados.

¹ MS, Engenheiro Químico - PETROBRAS

² Engenheiro Civil - PETROBRAS

³ Engenheira Química e de Segurança - TRANSPETRO

⁴ Engenheira Mecânica - TRANSPETRO

⁵ Phd, Engenheiro Civil - UFF

Desta forma, conforme apresentado nos itens a seguir, foram estabelecidos parâmetros análogos àqueles já praticados pelos bancos de dados internacionais, de forma que os resultados futuros a serem obtidos pela Petrobras/Transpetro possam ser correlacionados e comparados aos dados disponibilizados por estes *benchmarks*.

Para início da formatação do Banco de Dados de Falhas em Gasodutos e Oleodutos na Transpetro foi definido o seguinte escopo referente à malha de dutos a ser monitorada:

- Linhas Tronco, excluindo-se eventos de falhas em instalações pontuais (semelhante ao que é adotado pelo EGIG [3] e pelo UKOPA[2], ver marcação em vermelho na Figura 1);
- Trechos Terrestres, excluindo-se trechos submarinos;
- Dutos abrangidos no escopo de atuação da ANP;
- Gasodutos e Oleodutos operados pelo CNCL – Centro Nacional de Controle Logístico da Transpetro.

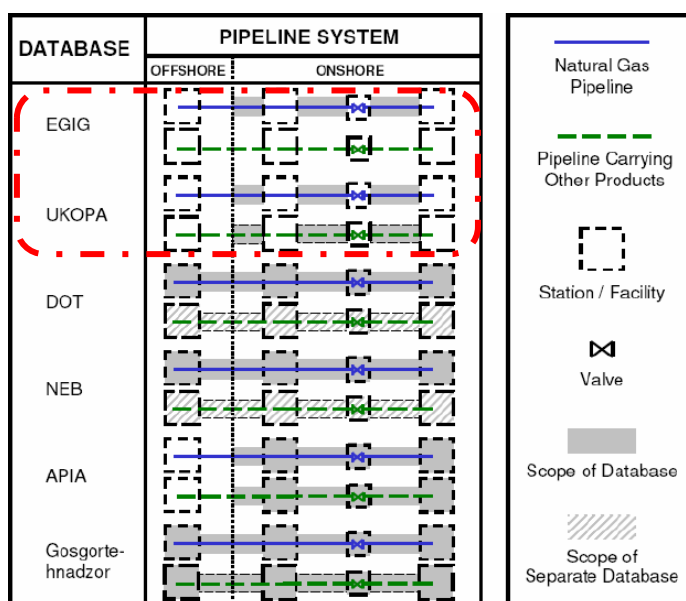


Figura 2 – Escopo adotado pelos Bancos de Dados Internacionais.

Considerando o escopo acima definido, as ocorrências registráveis foram definidas como:

- 1) Quaisquer eventos associados a perda de contenção primária de produtos perigosos, independente da causa, do volume liberado e da dimensão do furo;
- 2) Dois tipos de eventos não associados a perda de contenção:
 - a) Tentativas de furto (derivações clandestinas);
 - b) Defeitos em dutos gerados por ações de terceiros (sulcos e mossas).

2.1 Arquitetura (Taxonomia)

Iniciou-se a construção da arquitetura do Banco de Dados da Transpetro tendo como referência a estrutura adotada pelo Banco de Dados europeu EGIG [3], disponibilizada no relatório elaborado pelo IGU citado anteriormente. Adotou-se esta premissa no intuito de que os dados a serem gerados possam futuramente ser comparados aos parâmetros internacionais (*benchmarks*).

A Figura 2 a seguir representa a arquitetura do Banco de Dados EGIG.

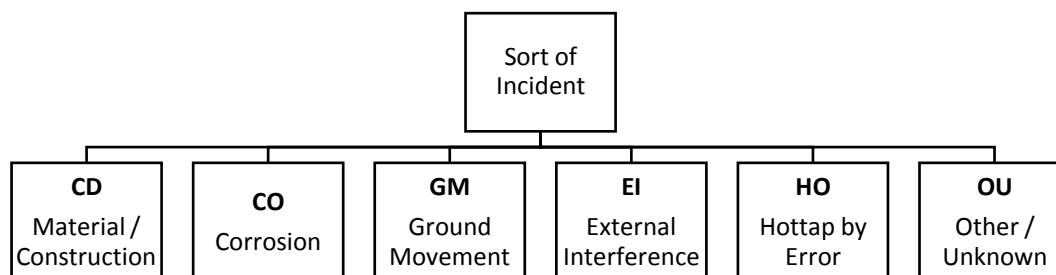


Figura 2 – Arquitetura adotada pelo Banco de Dados EGIG.

Uma vez que se visa a formatação de um Banco de Dados aplicável tanto a gasodutos quanto a oleodutos, e mantendo-se a premissa de que os dados gerados futuramente possam ser comparados aos parâmetros internacionais, propôs-se a complementação da arquitetura apresentada na Figura 3. Este processo teve como diretriz a arquitetura do Banco de Dados europeu de oleodutos CONCAWE [4], bem como as sugestões de melhoria da própria arquitetura do EGIG levantadas pelo relatório do IGU [1].

Assim sendo, a arquitetura final do Banco de Dados proposta para os dutos operados pela Transpetro é apresentada a seguir na Figura 3 (em vermelho estão evidenciados os itens incluídos na taxonomia final em relação àquela apresentada na Figura 2).

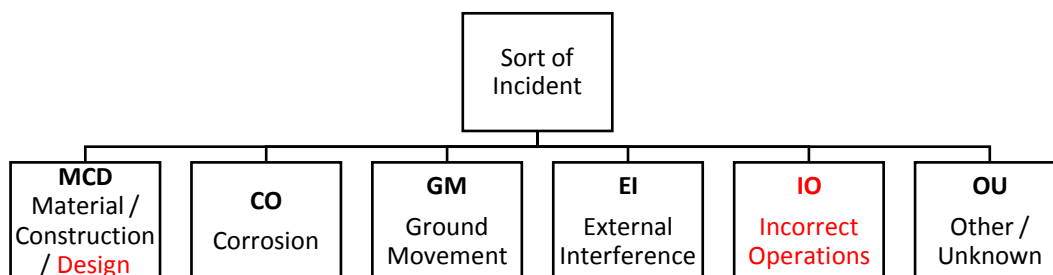


Figura 3 – Arquitetura adaptada para a realidade nacional.

Embora a Figura 3 apresente apenas o primeiro nível taxonômico, o trabalho considerou todos os aspectos relacionados às causas de falha nos dutos, incluindo todas as subcategorias. Neste contexto, os pontos listados abaixo resumem todas as considerações assumidas referentes ao processo de construção da arquitetura do Banco de Dados tendo como base a estrutura do EGIG:

- “Hot tapping by error” foi alocada como uma subcategoria do grupo “External Interference”;
- “Design errors” foi incorporada na categoria “Defects of Material / Construction / Design”;
- Foi feita diferenciação entre eventos intencionais e não-intencionais associados à ação de terceiros, assim como foram propostas subcategorias para atividades intencionais (terrorismo, sabotagem, derivação clandestina, entre outros);

- Criação de uma nova categoria intitulada "Incorrect Operations", composta por "System Errors" e "Human Errors".

Cabe ressaltar, por fim, que embora a taxonomia proposta tenha considerado que os dados das ocorrências tanto para gasodutos quanto para oleodutos sejam coletados com utilização da mesma estrutura, o tratamento estatístico destes dados deverá ser feito separadamente, para cada tipo de duto (oleodutos e gasodutos), de forma que os resultados possam ser comparados aos respectivos *benchmarks* internacionais.

2.2 Dados necessários para formação do Banco de Dados

Para formação do banco são necessários basicamente dados pertencentes a dois grupos:

- Dados referentes às características da Malha, os quais incluem dados técnicos tais como extensão, diâmetro e espessura;
- E dados que dizem respeito às ocorrências registráveis, referentes a localização da ocorrência, quantidade de produto vazado, informações do duto no local da ocorrência, além de consequências advindas do evento, dentre outros.

Dados da Malha de Dutos

Primeiramente foi necessário definir os dados relativos às características da malha de dutos abrangida pelo banco de dados, de forma a permitir o cálculo da exposição ao risco (parâmetro necessário para o cálculo da taxa de falha). Neste sentido, conforme apresentado pelo EGIG [3] e pelo CONCAWE [4], deve-se fazer um levantamento do total de quilômetros de dutos que compõem a malha ao longo do tempo (dados levantados a cada ano), considerando características tais como:

1. Diâmetro nominal do duto;
2. Espessura da parede;
3. Material;
4. Ano de Construção;
5. Tipo de revestimento;
6. Pressão Máxima de Operação (PMO);
7. Produto transportado.

Os dados da malha de dutos devem ser cadastrados em função das variações das características de cada duto (p.e. espessura, diâmetro) ao longo da sua extensão, para todos os ativos que compõem o escopo.

Dados das Ocorrências Registráveis

Além da caracterização da malha de dutos, devem ser coletados dados das ocorrências registráveis, seguindo o que foi definido no item de escopo do banco de dados.

No que se refere aos dados pertinentes às características do duto no local da ocorrência, foi utilizada como referência a Tabela 1 apresentada a seguir, retirada do guia *Report of Study Group 3.4* [1] e que diz respeito aos dados técnicos coletados pelo EGIG.

Tabela 1 – Dados a serem coletados pelo Banco de Dados Petrobras/Transpetro

Parameter	Dimension	Classes
Profundidade de cobertura	[cm]	
Classe de Profundidade de Cobertura	[cm]	0-50; 50-80; 80-100; 100+; Desconhecido
Dano		Trinca; Furo; Ruptura; Defeito; Desconhecido
Área do furo	[cm ²]	
Dimensão do furo		Trinca; Furo; Ruptura; Desconhecido
Tipo de defeito		Mossa; Sulco
Profundidade do defeito	[cm]	
Comprimento do defeito	[cm]	
Ignição		Sim; Não
Explosão		Sim; Não
Danos patrimoniais		Sim; Não
Fatalidades		Sim; Não
Feridos		Sim; Não
Dano ambiental		Sim; Não
Tipo de Dano Ambiental		Água; Solo; Subsolo; Desconhecido
Área de solo afetada	[m ²]	
Inventário vazado	[kg]; [m ³]	
Inventário recuperado	[kg]; [m ³]	
Duração da resposta à emergência	[hour]	
Deteção		Cliente; Empregado; Contratado; Empresa de Distribuição; Proprietário; Inspeção por PIG Instrumentado; Público; Patrulhamento; Vigilância; Sistema de Deteção de Vazamento; Teste Hidrostático; Desconhecido
Diâmetro	[inch]	
Classe de diâmetro	[inch]	< 4; 6-10; 12-16; 18-22; 24-28; 30-34; 36-40; 42-46; 48+
Espessura da parede	[mm]	
Classe da espessura de parede	[mm]	0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30+; Desconhecido
Fator de projeto		
Tipo de tubo		Solda Longitudinal; Tubo sem costura; Espiral; Desconhecido
Grau do material		Grade A; Grade B; X42; X46; X52; X56; X60; X65; X70; X80; Outro; Desconhecido
Ano de Construção		
Classe do Ano de Construção		<1954; 1954-1963; 1964-1973; 1974-1983; 1984-1993; 1994-2003; 2004-2013; 2014-2023; Desconhecido
Pressão de Projeto	[bar]	
Classe da Pressão de Projeto	[bar]	16-25; 26-35; 36-45; 46-55; 56-65; 66-75; 76-85; 86-95; 95+; Desconhecido
Pressão de Operação	[bar]	
Classe da Pressão de Operação	[bar]	16-25; 26-35; 36-45; 46-55; 56-65; 66-75; 76-85; 86-95; 95+; Desconhecido
Pressão de Teste Hidrostático	[bar]	
Tipo de Proteção Catódica		Anodo de Sacrifício; Corrente Impressa; Ambos; Desconhecido
Revestimento		Asfáltico; Bitumen; Coaltar; FBE; 2LPE; 3LPE; Desconhecido
Tipo de Reparo		Grinding; Weld Deposition; Bolt-on Clamp; Pipe Replacement; Composite Sleeve; Type A Sleeve; Type B Sleeve; Desconhecido

Além disto, verificou-se através das referências internacionais que os Bancos de Dados também coletam, de forma geral, informações referentes às causas das ocorrências, consequências, perdas financeiras (custos), dentre outros.

A título ilustrativo, são listados a seguir alguns dados de coleta em relação a cada ocorrência registrável:

1) Causas

- Corrosão: devem ser consideradas as causas relacionadas tanto à corrosão interna quanto à corrosão externa. Além disso, é recomendável o registro do mecanismo de corrosão, i.e galvânica, corrosão sob tensão (*stress corrosion cracking* - SCC), dentre outras aplicáveis.
- Ação de Terceiros: falhas em dutos ocasionadas por interferência externa de terceiros. Nesta categoria há duas divisões: não intencionais e intencionais. Dentre as causas de ação de terceiros não intencionais podem ser citadas atividades com escavadeiras, bate estacas e outros equipamentos durante atividades na faixa de duto. Com relação às causas intencionais podem ser citados atos de vandalismo/sabotagem, terrorismo e furtos de combustível.

- Material / Projeto / Construção & Montagem: esta categoria deve incluir defeitos tais como pontos duros (*hardspots*), laminações, soldas circunferenciais e longitudinais, além de instalações incorretas do duto, especificação incorreta de materiais, etc.
- Movimentação de Solo: esta categoria deve incluir ocorrências ocasionadas por movimentação de terra, falhas em talude, erosão, enchentes, deslizamentos de terra, atividades de mineração, ou outros.
- Operacional: esta categoria inclui qualquer ocorrência resultante de falhas operacionais, seja por erro de sistema ou por erro humano associados a procedimentos de manutenção/reparo, procedimentos operacionais ou ainda durante realização de despressurização/drenagem.
- Outras causas: esta categoria deve incluir ocorrências ocasionadas por erosão interna, descarga elétrica (raios), solda não convencional, trepanação pela operadora dentre outras.

2) Consequências da ocorrência

- Inventário vazado
- Fatalidades/ feridos
- Ignição/ explosão
- Ações de evacuação
- Danos ambientais

3) Outros dados relacionados à ocorrência

- Data e hora
- Coordenadas geográficas do local
- Método de detecção
- Pressão de operação no momento da ocorrência
- Dimensão do orifício
- Tempo de parada operacional devido ao incidente
- Método de reparo

4) Custos

Verificou-se que, além dos dados usualmente coletados e divulgados pelos benchmarks internacionais, os dados históricos de custos associados principalmente aos eventos de vazamento são relevantes para avaliações da área de seguros e futuras avaliações internas de custo-benefício.

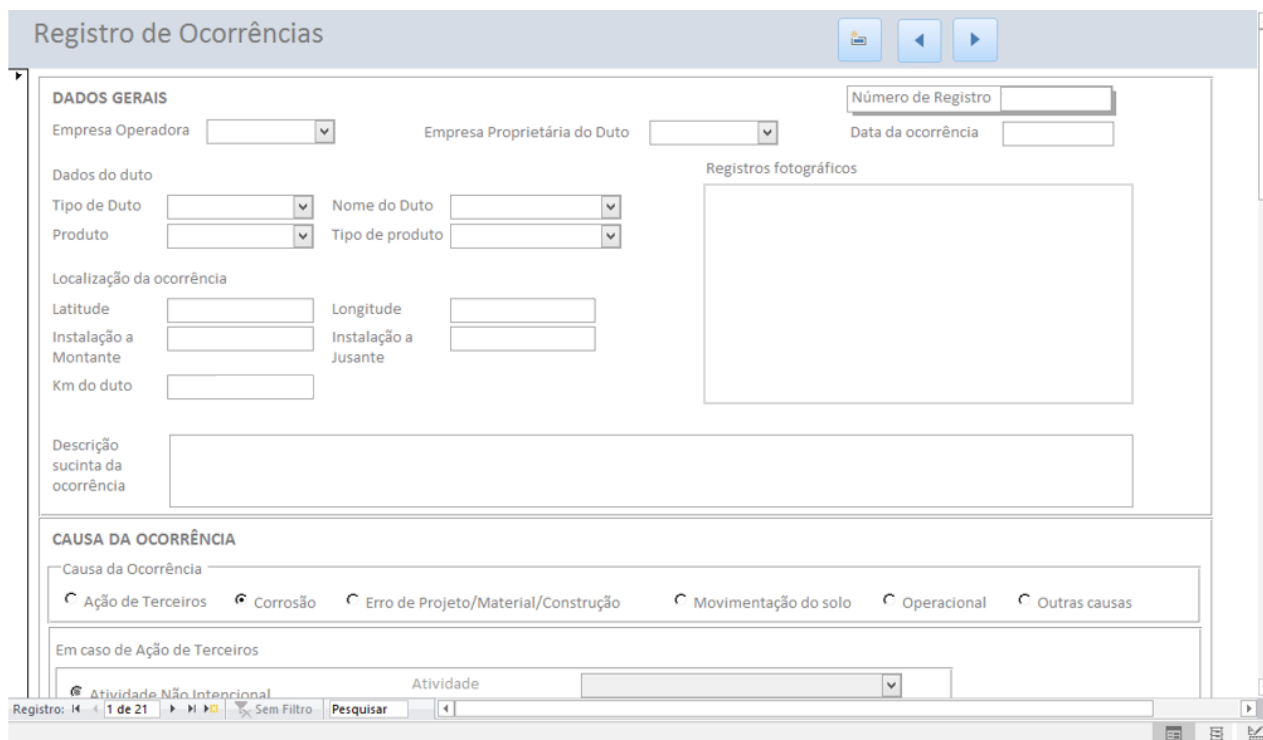
Neste sentido, considerou-se a necessidade de coleta de dados referentes aos custos associados aos eventos reportados para possibilitar uma avaliação mais criteriosa, tais como multas, danos patrimoniais, custos com remediação ambiental, dentre outros.

2.3 Coleta e tratamento dos dados

Além da estrutura, elaborou-se um protótipo de forma a automatizar o processo de coleta do Banco de Dados de Oleodutos e Gasodutos. O desenvolvimento culminou na elaboração de um sistema aos moldes do que é feito pelo Banco de Dados internacional EGIG (o relatório do IGU citado anteriormente apresenta telas do sistema utilizado por este benchmark, as quais serviram de inspiração para este trabalho).

Este sistema consiste em um Banco de Dados Oracle, implantado em um servidor gerido pela área de Riscos Operacionais da Petrobras, e que funcionará como repositório dos dados de falha a serem coletados (a ser utilizado futuramente também para armazenar dados de outros operadores de dutos da companhia). Por segurança, os dados passarão constantemente pelo processo de backup.

Além disso, a interface dos usuários que alimentarão as informações a serem coletadas com o Banco de Dados Oracle será feita através de perfis desenvolvidos na Plataforma MS Access. Um exemplo de uma das telas deste sistema em MS Access é mostrado a seguir na Figura 4.



The screenshot shows a web application titled "Registro de Ocorrências". It contains several sections for data entry:

- DADOS GERAIS**: Includes fields for "Empresa Operadora", "Empresa Proprietária do Duto", "Número de Registro", "Data da ocorrência", "Tipo de Duto", "Nome do Duto", "Produto", "Tipo de produto", "Localização da ocorrência" (with sub-fields for Latitude, Longitude, Instalação a Montante, Instalação a Jusante, and Km do duto), and "Descrição sucinta da ocorrência".
- CAUSA DA OCORRÊNCIA**: A section with radio buttons for "Causa da Ocorrência" including "Ação de Terceiros", "Corrosão", "Erro de Projeto/Material/Construção", "Movimentação do solo", "Operacional", and "Outras causas". Below this is a sub-section "Em caso de Ação de Terceiros" with a radio button for "Atividade Não Intencional" and a dropdown for "Atividade".
- Registros fotográficos**: A large empty box for uploading photos.

At the bottom, there is a navigation bar with "Registro: 1 de 21", "Sem Filtro", and a "Pesquisar" button.

Figura 4 – Tela do protótipo Petrobras/Transpetro de inserção de dados de ocorrência.

3. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Para ilustrar os resultados de análise estatística possíveis de serem obtidos a partir da implementação da coleta e tratamento dados de falha de dutos, o presente trabalho apresenta como piloto o mapeamento realizado para os gasodutos operados pela Transpetro. Este piloto possibilitou a elaboração de gráficos de características da malha equivalentes àqueles apresentados pelo Banco de Dados internacional EGIG [3], conforme evidenciado na Figura 5 a seguir.

3.1 Mapeamento da Malha de Gasodutos operados pela Transpetro

Os gráficos apresentados a seguir evidenciam o mapeamento da malha de gasodutos, comparando-os com alguns dos gráficos análogos apresentados no relatório do benchmark internacional (EGIG). Os dois gráficos superiores na Figura 5, em azul, representam a exposição total da malha de gasodutos mapeada pelo EGIG (à esquerda) e pela Transpetro (à direita), enquanto que os gráficos inferiores mostram a exposição total segregada por classes de diâmetro (EGIG à esquerda e Transpetro à direita).

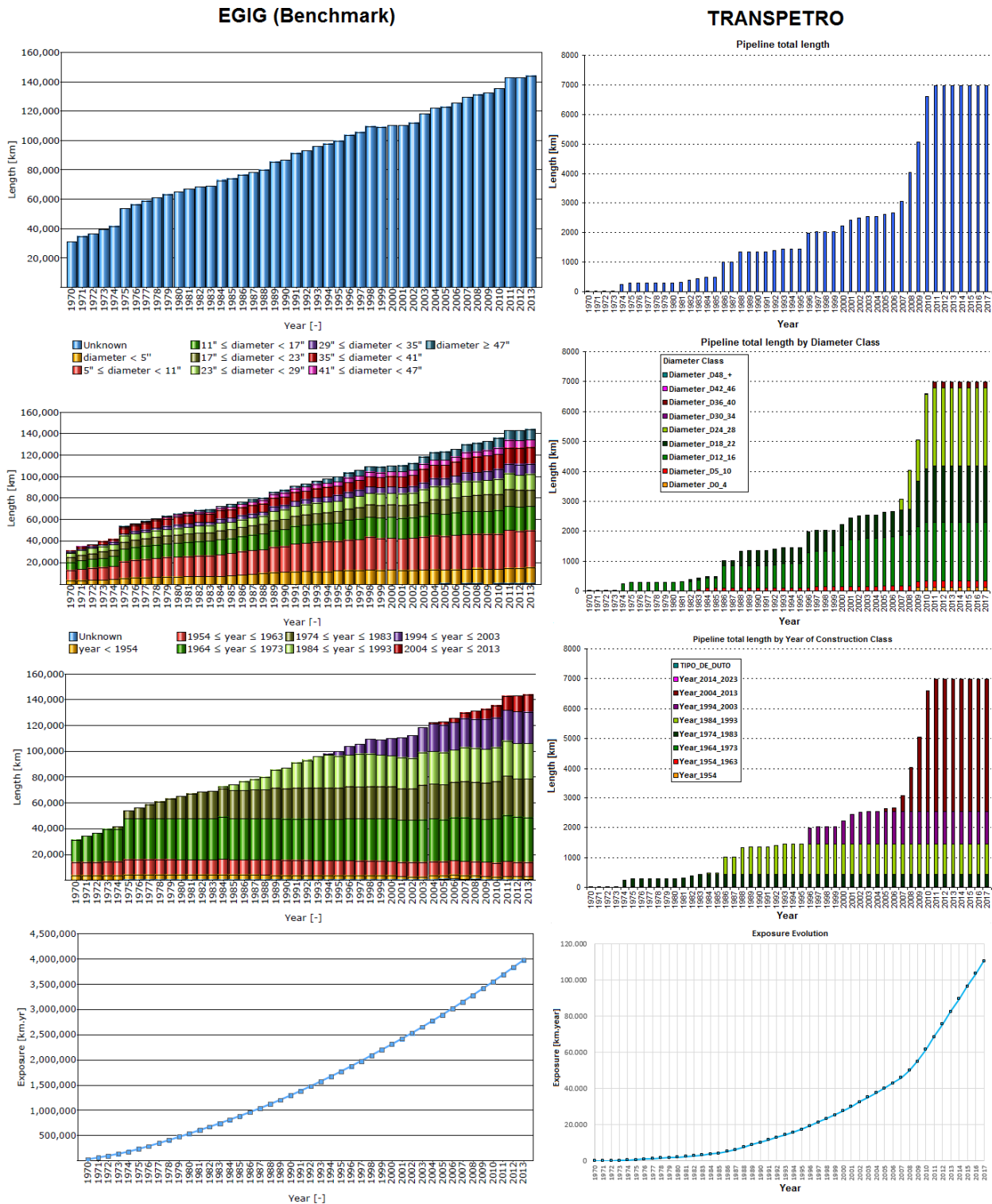


Figura 5 – Gráficos de exposição da Malha – EGIG x Transpetro.

Além de estruturar a coleta de dados de ocorrências futuras, o presente trabalho incluiu a realização de levantamento histórico de ocorrências de vazamentos de gás natural (gasodutos) para os anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, tendo sido consultadas diferentes bases de dados em uso na Transpetro.

Para esta pesquisa, foram selecionados somente os eventos que fazem parte do escopo anteriormente definido do Banco de Dados. Foram excluídas ocorrências nas instalações de superfície e áreas de válvulas (instalações pontuais), sendo computadas somente aquelas relacionadas às linhas-tronco. Após análise dos

dados consultados, foram levantadas as ocorrências passíveis de cadastro no Banco de Dados para posterior cálculo da taxa de falha associada.

A taxa de falha de dutos é calculada através da razão entre o número de ocorrências registradas e a exposição da Malha de dutos, acumulada ano a ano, conforme apresentado na equação (1).

$$\text{Taxa de Falha (oc/km.ano)} = \frac{\text{Número de Ocorrências}}{\text{Exposição da Malha (km.ano)}} \quad \text{Equação (1)}$$

A Tabela 2 apresenta a taxa de falha calculada para gasodutos para os anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, excluindo eventos decorrentes de ações de terceiros intencionais (furtos). O valor calculado da taxa de falha é comparado ao valor da média móvel dos últimos 5 anos apresentado no [6] *10th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group* para fins de referência.

Tab.2 – Taxa de Falhas para Gasodutos operados pela Transpetro

	2015	2016	2017	2018
Eventos	1	0	0	1
Exposição	6983 km	6983km	6983km	6983km
Taxa média Transpetro (4 anos)	7,16E-05			
Taxa média EGIG (últimos 5 anos)	1,36E-04			

4. CONCLUSÕES

Enfatiza-se que os resultados preliminares apresentados podem ser encarados como uma amostra do potencial de uso da ferramenta na sistemática de gestão de riscos da Petrobras e da Transpetro. Após coleta dos dados por um período amostral que contenha representatividade estatística, bem como a inserção de outros operadores de dutos na abrangência do Banco de Dados, será possível realizar diversas avaliações relacionadas às causas e consequências dos cenários acidentais, especificamente para a realidade nacional, de forma a subsidiar tomadas de decisão pertinentes ao tema, como por exemplo o direcionamento adequado dos recursos da empresa na prevenção de acidentes em dutos.

Por fim, agradecemos aos colegas Cláudia, Felipe e Fausto, da Transpetro, bem como ao Edir, ao Sérgio da Petrobras, que participaram diretamente na elaboração do presente trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Bolt, R.; Hilgenstock, A.; Kolovich, C.; Velez Vega, D.; Cappanera, A.; Rasmussen, O.; Report of Study Group 3.4 – “A Guideline Using or Creating Incident Databases for Natural Gas Transmission Pipelines”, 23rd World Gas Conference June 1–5, 2006 Amsterdam, The Netherlands, EGIG.
- [2] McConnell, R.A.; Haswell, J.V.; United Kingdom Onshore Pipeline Operators’ Association, Report Number UKOPA/15/003, UKOPA pipeline product loss incidents and faults report (1962 – 2014), Ambergate, Derbyshire, December 2015.

- [3] EGIG - European Gas Pipeline Incident Data Group; Gas Pipeline Incidents 8th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2013), Report Number 14.R.0403, February 2015.
- [4] CONCAWE - Performance of European cross-country oil pipelines - Statistical summary of reported spillages in 2014 and since 1971, Report no. 7/16, June 2016.
- [5] PHMSA, 2013a; Incident Data Access. U.S. Department of Transportation - Pipeline and Hazardous Materials and Safety Administration (PHMSA), Available from: <https://www.phmsa.dot.gov/> (accessed 2017).
- [6] EGIG - European Gas Pipeline Incident Data Group; Gas Pipeline Incidents 10th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group, (period 1970 – 2016), Report Number VA 17.R.0395, March 2018.