

# ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR) EM GASODUTO INDUSTRIAL COMO REQUISITO PARA PREVENÇÃO DE DESASTRES E LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Guilherme Dumaresq de Oliveira <sup>1</sup>

Cleber Medeiros de Lucena<sup>2</sup>

Pedro Câncio Neto<sup>2</sup>

Clarissa Guilherme Barreto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestrando Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Central. guilhermedumaresq@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Central.

## RESUMO

O risco está presente em diversas áreas da atividade humana, vários métodos já foram desenvolvidos nos últimos anos para analisar esses riscos. Contudo, não existe nenhum método ótimo para identificar os riscos e avaliá-los. O objetivo deste trabalho é mostrar a importância da análise de risco através do uso de ferramentas tradicionais para mitigação de possíveis cenários de desastres. As resoluções ambientais brasileira descrevem que as atividades humanas são passíveis de impactos ao meio ambiente, destacando que os gasodutos devem ser assistidos por estudos de impactos ambientais que contemplem análise de risco para fins de etapa do licenciamento ambiental. Através do uso da tradicional ferramenta da Análise Preliminar de Risco e dados históricos internacionais de possíveis cenários de desastres envolvendo gasodutos, será possível categorizar os riscos e propor recomendações para as cinco seções do gasoduto localizado no estado do Rio Grande do Norte que serão analisadas individualmente nas matrizes da APR.

**Palavras-Chave:** Análise Preliminar de Risco; Licenciamento Ambiental; Gasoduto.

## ABSTRACT

Risks are present in several areas of human activity. Several methods have been developed in recent years to analyze these risks. However, there is no optimal method for identifying risks and evaluating operations. The objective of this work is to show the importance of risk analysis through the use of traditional tools to mitigate possible disaster scenarios. The Brazilian environmental resolutions describe that human activities are likely to impact the environment, highlighting that pipelines should be assisted by environmental impact studies that contemplate risk analysis for licensing purposes. Through the use of the traditional Preliminary Risk Analysis tool and international historical data of possible disasters involving gas pipelines, it will be possible to categorize the risks and propose recommendations for the five sections of the gas pipeline located in the state of Rio Grande do Norte, which will be analyzed individually in the APR matrix.

**Key words:** Preliminary risk analysis; Environmental Licensing; Gas pipeline.

## 1. INTRODUÇÃO

O risco se apresenta em diferentes áreas da vida humana, fazendo parte do desenvolvimento da sociedade e do funcionamento das organizações. Muito foi aprendido e desenvolvido em virtude dos acidentes para analisar os riscos e como prevenir esses desastres sociais. A Análise de risco agrega vários métodos para prevenir acidente. DeCicco e Fantazzini (2003) consideram que não existe um método ótimo para se identificar riscos de uma atividade ou operação. Sendo a melhor alternativa obter o maior número

possível de informações sobre o funcionamento de um sistema para que se possa analisar seus possíveis riscos.

Uma das ferramentas tradicionalmente utilizada para análise de sistemas industriais é a Análise Preliminar de Risco – APR que teve origem no programa militar norte-americano na identificação dos riscos existentes em sistema de lançamento de mísseis. (DECICCO E FANTAZZINI, 2003). Neste trabalho será feito o uso desta ferramenta para focalizar os possíveis eventos perigosos cujas falhas tenham origem na instalação em análise, contemplando tanto falhas intrínsecas de equipamentos, de instrumentos e de materiais, como erros humanos.

O Objetivo geral do trabalho é mostrar a importância da análise de risco que agrega o conhecimento das técnicas tradicionalmente existentes na identificação, análise e avaliação de riscos. Os objetivos específicos consistem em fazer uso de dados estatísticos de possíveis cenários internacionalmente conhecidos envolvendo acidentes em gasodutos e propor medidas para controlar os possíveis cenários avaliados na metodologia utilizada da Análise Preliminar de Risco.

Justifica-se o uso da ferramenta Análise Preliminar de Risco (APR) por se tratar de uma ferramenta tradicionalmente consagrada na área de prevenção a acidentes e danos. O registro de inúmeras perdas causadas pela contínua interferência humana ao longo das últimas décadas no meio ambiente aumenta a vulnerabilidade da população e do meio ambiente no entorno desses empreendimentos e atividades.

## **2. METODOLOGIA**

Conforme afirmam Ansell e Wharton (1992), o risco é uma característica inevitável da existência humana. Nem o homem, nem as organizações e sociedade podem sobreviver por um longo período sem a existência de tarefas perigosas. No mundo atual são frequentes os acidentes envolvendo segurança de processo e danos causados por indústrias químicas e petroquímicas e que, conseqüentemente, geram danos pessoais, materiais e ambientais (SERPA, 2002).

A necessidade e a importância da prevenção de perdas foram enfatizadas depois de vários desastres com conseqüências catastróficas. A indústria passou a criar diversas técnicas de análise e gerenciamento dos riscos inerente aos seus processos, visando a sua identificação, avaliação e controle e, conseqüentemente, minimizar as perdas econômicas, aumentar a segurança dos empregados, comunidades vizinhas e meio ambiente, ao mesmo tempo em que satisfazia as novas exigências legais e normativas.

A Resolução CONAMA n.º 1 de 23 de janeiro de 1986 estabelece que as atividades desenvolvidas pela ação humana podem causar impactos ambientais com alteração das propriedades físicas, química e biológica do meio ambiente, que por sua vez, afetam a saúde, a segurança, bem estar da população, atividades sociais e econômicas.

Segundo DeCicco e Fantazzini (2003), não existe um método ótimo para se identificar riscos de uma atividade ou operação. Na prática, a melhor estratégia seria combinar os vários métodos existentes, obtendo-se o maior número possível de informações sobre riscos, e assim evita-se que a empresa seja, inconscientemente, ameaçada por eventuais perdas decorrentes de acidentes.

Neste artigo será utilizada a Análise Preliminar de Risco (APR) como metodologia para mensuração dos possíveis danos potenciais para um gasoduto de 533 metros numa indústria do estado do Rio Grande do Norte. Os danos foram baseados em informações disponíveis na literatura técnica que dispõem de informações sobre acidentes e eventos em instalações similares.

## **2.1 Legislação Ambiental**

A legislação ambiental brasileira através da Resolução CONAMA 001/1986 prevê que atividades como gasoduto, oleoduto, mineroduto e entre outras para instalação e funcionamento dependerão da elaboração de estudos de impacto ambiental como requisitos no processo de licenciamento ambiental dessas atividades impactantes. A Resolução CONAMA n. 237/1997 define que os estudos ambientais devem relacionar aspectos de localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade apresentando como subsídio relatórios ambientais, planos e projetos ambientais de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.

## **2.2 Análise Preliminar de Risco**

Araújo (2010) escreve que o risco faz parte do cotidiano e é empregada de diversas formas e com diversas formas e com diversos sentidos. O risco do acidente, o risco de dar errado, o risco iminente, o risco elevado são alguns exemplos. Diversas metodologias vem sendo utilizadas para analisar os riscos nos diversos cenários de acidentes, cada uma apresenta seus benefícios técnicos. (KHAKZAD, KHAN e AMYOTTE, 2013).

Han e Weng (2011) definem que a avaliação de risco é uma função matemática de probabilidade e consequência de um acidente. Tendo como objetivo identificar potenciais acidentes, analisar as causas e avaliar os efeitos das medidas de redução do risco.

A Análise Preliminar de Risco (APR) consiste no estudo, durante a fase de concepção ou desenvolvimento prematuro de um novo sistema, com o fim de se determinar os riscos que poderão estar presentes na fase operacional do mesmo. Esta ferramenta é normalmente uma revisão superficial de problemas gerais de segurança no estágio em que é desenvolvida, podem existir ainda poucos detalhes finais do projeto, sendo ainda maior a carência de informações quanto aos procedimentos (DE CICCO E FANTAZINNI, 2003).

Neste trabalho a APR a ser utilizada está na Norma Petrobras N.2782 - Critérios Para Aplicação de Técnicas de Avaliação de Risco. A qual contempla em sua APR os seguintes itens: Dano Potencial, Causas, Modos de Detecção, Efeitos, Categoria de Frequência, Categoria de Severidade, Categoria de Risco (Matriz de Risco) e Observações/Recomendações.

**Figura1:** Categoria de Frequência

Categoria		Descrição
A	Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do empreendimento. Não há referência histórica de que tenha ocorrido.
B	Remota	Não esperado ocorrer durante a vida útil do empreendimento, apesar de já poder ter ocorrido em algum lugar no mundo.
C	Pouco Remota	Possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil do empreendimento.
D	Provável	Esperado de ocorrer poucas vezes durante a vida útil do empreendimento.
E	Frequente	Esperado de ocorrer várias vezes durante a vida útil do empreendimento.

Fonte: Norma Petrobras n. 2782. Adaptado.

**Figura 2:** Categoria de Severidade

---	CATEGORIAS	SEGURANÇA PESSOAL	PATRIMÔNIO	MEIO AMBIENTE	IMAGEM
I	Desprezível	Sem lesão, ou no máximo casos de primeiros socorros, sem afastamento.	Danos leves aos sistemas sem comprometimento da continuidade operacional da instalação industrial	Sem danos ou com danos insignificantes	Sem impacto
II	Marginal	Lesões leves em empregados e terceiros. Ausência de lesões extramuros.	Danos leves aos sistemas com comprometimento da continuidade operacional da instalação industrial.	Danos leves	Impacto local
III	Crítica	Lesões de gravidade moderada em pessoas intramuros. Lesões leves em pessoas extramuros.	Danos severos a sistema da instalação industrial (reparação lenta).	Danos severos com efeito localizado	Impacto regional
IV	Catastrófica	Provoca morte ou lesões graves em 01 ou mais pessoas intra ou extramuros.	Perda da instalação industrial.	Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais	Impacto nacional e/ou internacional

Fonte: Norma Petrobras n. 2782. Adaptado.

**Figura 3: Matriz de Risco**

MATRIZ DE RISCO							
MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO RISCOS			Frequência				
			A	B	C	D	E
Severidade	IV		2	2	3	3	3
	III		1	2	2	3	3
	II		1	1	2	2	3
	I		1	1	1	2	2

  

LEGENDA		
Severidade	Frequência	Risco
I. Desprezível	A. Extremamente Remoto	(1) Baixo
II. Marginal	B. Remota	(2) Moderado
III. Crítica	C. Pouco Provável	(3) Alto
IV. Catastrófica	D. Provável	
	E. Frequente	

Fonte: Norma Petrobras n. 2782. Adaptado.

**Figura 4: Modelo de Análise Preliminar de Risco (APR)**

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO - Análise Preliminar de Risco (APR)						
						Data:
Potencial de Danos	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco
						Recomendações/ Observações

Fonte: Norma Petrobras n. 2782. Adaptado.

### 2.3 Gasoduto

O Gás Natural é um dos recursos naturais mais consumidos na sociedade moderna devido as suas vantagens economicas e ambientais. Sendo o metano o principal componente que altamente implamável e explosivo. (WU, 2017).

De acordo com o 6th Report of The European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG) que apresenta dados estatísticos de acidentes e incidentes ocorridos em dutos de gás natural da Europa numa malha de 122.000 km de dutos. Os acidentes que tem mais ocorridos são furos pequenos, trincas, fendas e rupturas na tubulação. Devido a interferências externas, corrosões, defeitos de construção, falha do material, falha operacional e movimentação do solo.

**Figura 5: Distribuição das causas de todos os incidentes no período de 1970 a 2004.**

Causa	%
Interferência Externa	49,7
Defeito de Construção/Falha de Material	16,7
Corrosão	15,1
Movimentação de Solo	7,1
Hot-tap made by error*	4,6
Outras	6,7

Fonte: 6th EGIG – Report(2005).

Para Jo e Crowl (2008), historicamente, interferências mecânicas (externas) durante as atividades de escavação e outras atividades nas proximidades dos gasodutos é uma das maiores causas dos acidentes.

O sistema de gás natural do empreendimento localizado no Rio Grande do Norte foi dimensionado com um comprimento total de 533 metros, pressão de entrada de 02 (bar). O sistema será utilizado na queima de clínquer em indústria cimenteira fornecido pela concessionária local. Conforme o projeto das instalações, a tubulação será dividida em trechos aéreos e subterrâneos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia foi aplicada na tubulação de gás de 533 metros, sendo dividida em cinco secções: trecho 01, trecho 02, trecho 03, trecho 04 e trecho 05 para diferenciar os riscos das tubulações. Os trechos 01, 03, 04 e 05 correspondem as partes da tubulação aérea e o trecho 02, a parte da tubulação enterrada. Abaixo seguem as APRs das secções da tubulação:

**Figura 6: Análise Preliminar de Risco (APR) – Trecho 01**

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO - Análise Preliminar de Risco (APR)							
Trecho 01 - comprimento (L) 37 metros, Ø 10", Material aço.						Data: 22 de março de 2009	
Potencial de Danos	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações/ Observações
Ruptura da linha com liberação de substância inflamável (Gás Natural)	1. Interferência Externa.	Detector de vazamento de Gás Natural	Jato de fogo	B	II	1	1. Elaboração e implementação do Plano de Gerenciamento de Risco
			Incêndio em nuvem	A	II	1	
	2. Defeito de Construção.		Explosão de nuvem	B	II	1	2. Instalar detector de vazamento e válvula de bloqueio
			3. Defeito de Corrosão.	Contaminação do ar	B	III	

Fonte: Autoria própria.

**Figura 7: Análise Preliminar de Risco (APR) – Trecho 02**

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO - Análise Preliminar de Risco (APR)							
Trecho 02, comprimento (L) 27 metros, Ø 10", Material PEAD.						Data: 22 de março de 2009	
Potencial de Danos	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações/ Observações
Ruptura da linha com liberação de substância inflamável (Gás Natural)	1. Interferência Externa.	Detector de vazamento de Gás Natural	Jato de fogo	B	II	1	1. Elaboração e implementação do Plano de Gerenciamento de Risco
			Incêndio em nuvem	A	II	1	
	2. Defeito de Construção.		Explosão de nuvem	B	II	1	2. Instalar detector de vazamento e válvula de bloqueio
			3. Defeito de Corrosão.	Contaminação do ar	A	I	

Fonte: Autoria própria.

**Figura 8: Análise Preliminar de Risco (APR) – Trecho 03**

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO - Análise Preliminar de Risco (APR)							
<b>Trecho 03, comprimento (L) 363 metros, Ø 10", Material aço.</b>						Data: 22 de março de 2009	
Potencial de Danos	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações/ Observações
Ruptura da linha com liberação de substância inflamável (Gás Natural)	1. Interferência Externa.	Detector de vazamento de Gás Natural	Jato de fogo	A	II	1	1. Elaboração e implementação do Plano de Gerenciamento de Risco
			Incêndio em nuvem	B	II	1	
	2. Defeito de Construção.		Explosão de nuvem	B	II	1	2. Instalar detector de vazamento e válvula de bloqueio
			3. Defeito de Corrosão.	Contaminação do ar	B	III	

Fonte: Autoria própria.

**Figura 9: Análise Preliminar de Risco (APR) – Trecho 04**

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO - Análise Preliminar de Risco (APR)							
<b>Trecho 04, comprimento (L) 6 metros, Ø 06", Material aço.</b>						Data: 22 de março de 2009	
Potencial de Danos	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações/ Observações
Ruptura da linha com liberação de substância inflamável (Gás Natural)	1. Interferência Externa.	Detector de vazamento de Gás Natural	Jato de fogo	B	III	2	1. Elaboração e implementação do Plano de Gerenciamento de Risco
			Incêndio em nuvem	B	II	1	
	2. Defeito de Construção.		Explosão de nuvem	A	II	1	2. Instalar detector de vazamento e válvula de bloqueio
			3. Defeito de Corrosão.	Contaminação do ar	B	III	

Fonte: Autoria própria.

**Figura 10: Análise Preliminar de Risco (APR) – Trecho 05**

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO - Análise Preliminar de Risco (APR)							
<b>Trecho 05, comprimento (L) 100 metros, Ø 06", Material aço.</b>						Data: 22 de março de 2009	
Potencial de Danos	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Recomendações/ Observações
Liberação de Substância Inflamável (Gás Natural)	1. Interferência Externa.	Detector de vazamento de Gás Natural	Jato de fogo	C	II	2	1. Elaboração e implementação do Plano de Gerenciamento de Risco
			Incêndio em nuvem	B	II	1	
	2. Defeito de Construção.		Explosão de nuvem	B	II	1	2. Instalar detector de vazamento e válvula de bloqueio
			3. Defeito de Corrosão.	Contaminação do ar	B	III	
4. Ruptura.							

Fonte: Autoria própria.

Após o levantamento das causas, efeitos e categoria de risco pela aplicação da Análise Preliminar de Risco (APR) foram propostas recomendações/observações que atendem toda a

tubulação de gás natural que são elaboração e implementação de um Plano de Gerenciamento de Risco, Instalação de detector de vazamento e válvula de bloqueio e Instalação de placas indicativas da tubulação.

#### **4. CONCLUSÕES**

A análise de risco aplicada em um gasoduto industrial instalado no estado do Rio Grande do Norte utilizando a metodologia de Análise Preliminar de Risco (APR) contemplando as possíveis situações de eventuais vazamentos a partir de ruptura catastrófica ou parciais, causas por interferências externas, defeitos de construção e defeitos de corrosão. Com base nesses eventos indesejáveis, foi possível verificar nos quadros das APR para as 17 possíveis causas de risco 54% representam baixo risco e os demais 46% apresentam risco moderado. De forma tal, que o risco de operacionalidade da tubulação encontra-se predominantemente em baixo risco, porém para isso caberá realizar as medidas e recomendações apresentadas nos quadros das APRs a fim de gerenciar os riscos do gasoduto.

#### **5. REFERÊNCIAS**

ANSELL, Jake, WHARTON, Frank. Risk: **Analysis assessment and management**. England: John Wiley & Sons Ltda., 1992. 220p. ISBN 0-471-93464-X.

ARAÚJO, G. M. **Sistemas de Gestão de Riscos: princípios e diretrizes**. 1. ed, Giovanni Moraes Araújo: Virtual, 2010.

BRASÍLIA, D. F. **Resolução Conama 237 de 22/12/1997: Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente**. Diário Oficial da União, Brasília, 1997.

DE CICCIO, Francesco; FANTAZZINI, Mario Luiz. **Introdução à engenharia de Segurança de sistemas**. 3ª ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2003.

EGIG. Gas Pipeline Incidents, 6th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group. 2005.

HAN, Z. Y.; WENG, W. G. Comparison study on qualitative and quantitative risk assessment methods for urban natural gas pipeline network. **Journal of hazardous materials**, v. 189, n. 1-2, p. 509-518, 2011.

JO, Young-Do; CROWL, Daniel A. **Individual risk analysis of high-pressure natural gas pipelines**. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 21, n. 6, p. 589-595, 2008.

Nº, RESOLUÇÃO CONAMA. 001, de 23 de janeiro de 1986. Publicado no DOU de, v. 17, n. 2, p. 86, 2013.

PETROLEO BRASILEIRO S.A. Norma PETROBRAS N-2782 - "Critério para Aplicação de Técnicas de Avaliação de Riscos", 2005.

KHAKZAD, Nima; KHAN, Faisal; AMYOTTE, Paul. Dynamic safety analysis of process systems by mapping bow-tie into Bayesian network. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 91, n. 1-2, p. 46-53, 2013.

SERPA, Ricardo Rodrigues. **Gerenciamento de riscos ambientais**. Desenvolvimento e meio ambiente, v. 5, 2002.

WU, Jiansong et al. Probabilistic analysis of natural gas pipeline network accident based on Bayesian network. **Journal of Loss Prevention in The Process Industries**, v. 46, p. 126-136, 2017.