

Otimização do Cálculo de Risco através do LOPA

Katia Oliveira, Mariana Bardy
DNV GL

INTRODUÇÃO

A metodologia quantitativa de cálculo do risco de uma unidade industrial é uma ferramenta essencial para conhecimento do risco a que esta unidade impõe à sua vizinhança e, desta forma, identificar possíveis medidas para manter o risco da unidade dentro do aceitável. Por outro lado, por ser uma metodologia robusta, esta demanda grande quantidade de recursos e informações, uma vez que é composta por cálculos detalhados de frequência e consequência para todos os possíveis cenários acidentais da unidade avaliada.

No âmbito do gerenciamento de riscos, muitas vezes é necessário se avaliar o impacto de uma alteração para um cenário específico para a tomada de decisão sobre um determinado investimento. Em se tratando de situações emergenciais, por exemplo, pode ser que não haja tempo hábil de se elaborar uma análise quantitativa de riscos para a tomada de decisão.

Nesse contexto, a utilização da metodologia de LOPA (Análise de Camadas de Proteção) pode balizar esta tomada de decisão, uma vez que esta é uma ferramenta semiquantitativa que exige menos recursos e, no entanto, possui excelentes resultados.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um cálculo de risco otimizado para cenários específicos utilizando a metodologia de LOPA.

METODOLOGIAS APLICADAS

Este trabalho utiliza duas metodologias de análise de risco, LOPA – Análise de Camadas de Proteção e AQR – Análise Quantitativa de Riscos.

O risco caracterizado em uma análise de risco pode ser entendido como um conjunto de três elementos. O primeiro fornece a descrição completa do cenário de acidente, identificando a causa básica do acidente e sua evolução em função do desempenho dos sistemas de proteção existentes e das situações subsequentes. O segundo elemento corresponde à frequência esperada de ocorrência do cenário de acidente. O terceiro elemento corresponde às consequências indesejadas previstas no caso de ocorrência deste cenário.

Conhecendo-se estes três elementos, os riscos da instalação ficam perfeitamente caracterizados. De forma a obter-se estes três elementos, e atingir os resultados de risco, uma AQR é usualmente conduzida seguindo as etapas descritas a seguir.

1. Caracterização da Instalação

Durante a primeira etapa, dados-base e premissas são estabelecidos para que todas as características da instalação e seus arredores sejam contemplados. Por exemplo, nesta etapa são definidas as condições meteorológicas e dados da população no entorno da instalação que pode ser afetada. Também devem ser identificadas as condições operacionais, filosofias de segurança, entre outros.

2. Identificação dos Cenários de Acidentes Analisados

O princípio de Identificação dos Cenários Acidentais pode variar de acordo com os objetivos da AQR. No presente estudo, foram selecionados os cenários acidentais caracterizados com risco qualitativo 'Moderado' ou 'Não Aceito' e severidade 'Crítica' ou 'Catastrófica', identificados nos estudos de APP/Hazop.

3. Estimativa das Consequências dos Cenários de Acidentes

Para a terceira etapa, o cálculo de consequências é realizado através de modelos matemáticos que irão representar o desenrolar do acidente, desde a liberação de material até os efeitos físicos, como radiação térmica, sobrepressão e efeitos tóxicos. São calculados os alcances para estes efeitos e indicados quantas pessoas podem ser diretamente atingidas por estes, definindo-se, assim, as consequências dos cenários acidentais, em termos de fatalidade.

4. Estimativa das Frequências de Ocorrências dos Cenários de Acidentes

As frequências dos cenários de acidente são obtidas utilizando-se dados de taxas de falhas de ruptura e de vazamentos em componentes, extraídas de bancos de dados específicos. Para cada um dos Eventos Iniciadores, é desenvolvida uma Árvore de Eventos (AE), a fim de se avaliar a frequência dos cenários de acidentes. Nestas árvores são consideradas as direções e velocidades do vento na região e os pontos de ignição.

5. Avaliação do Risco Social e Risco Individual

Avaliação do Risco Social e Individual são realizadas através da construção das curvas F-N e das curvas de Iso-Risco Individual, e elaboração de medidas mitigadoras do risco, quando necessário.

Já a técnica de LOPA é uma técnica de análise de risco desenvolvida para avaliar o risco de cenários de acidente separadamente, considerando as camadas independentes de proteção pertinentes, e determinar se existem camadas suficientes para proteção dos cenários de acidente em análise. A análise de LOPA é uma técnica semiquantitativa, situada entre técnicas puramente qualitativas, tais como Análise Preliminar de Perigos (APP) e Análise de Perigos e Operabilidade (HAZOP – *Hazard and Operability*), e AQR.

Entre os objetivos principais para a utilização da técnica LOPA está a possibilidade de responder a questões relativas ao número e eficiência das salvaguardas existentes, por meio de uma abordagem sistemática. Questões de subjetividade de classificação de cenários a que as técnicas qualitativas estão sujeitas são minimizadas nesta técnica.

A técnica LOPA, apresentada a seguir, está conforme a sistemática proposta pelo *Center of Chemical Process Safety (CCPS) do American Institute of Chemical Engineers* [1]. A mesma se baseia na execução de seis etapas, definidas a seguir:

- Etapa 1: Identificar critério para seleção de cenários para estudo de LOPA;
- Etapa 2: Identificar o cenário de acidente a ser analisado, baseado em um par único de causa-consequência;
- Etapa 3: Identificar o(s) evento(s) iniciador(es) para o cenário em análise e determinar a frequência do evento iniciador;
- Etapa 4: Identificar as Camadas Independentes de Proteção (IPLs) existentes, e estimar a probabilidade de falha na demanda para cada uma delas;
- Etapa 5: Estimar o risco do cenário em análise, por meio da combinação de consequência e os dados da IPL;
- Etapa 6: Avaliar o risco do cenário para a tomada de decisão com relação à aceitabilidade do mesmo.

DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO

O trabalho aqui apresentado foi realizado para uma Base de Armazenamento de GLP fictícia, denominada no estudo como “Instalação”, a qual está localizada numa cidade do estado da Bahia e em uma região em que não possui no seu entorno outras empresas, porém, uma grande área residencial, conforme apresentado na Figura 1.

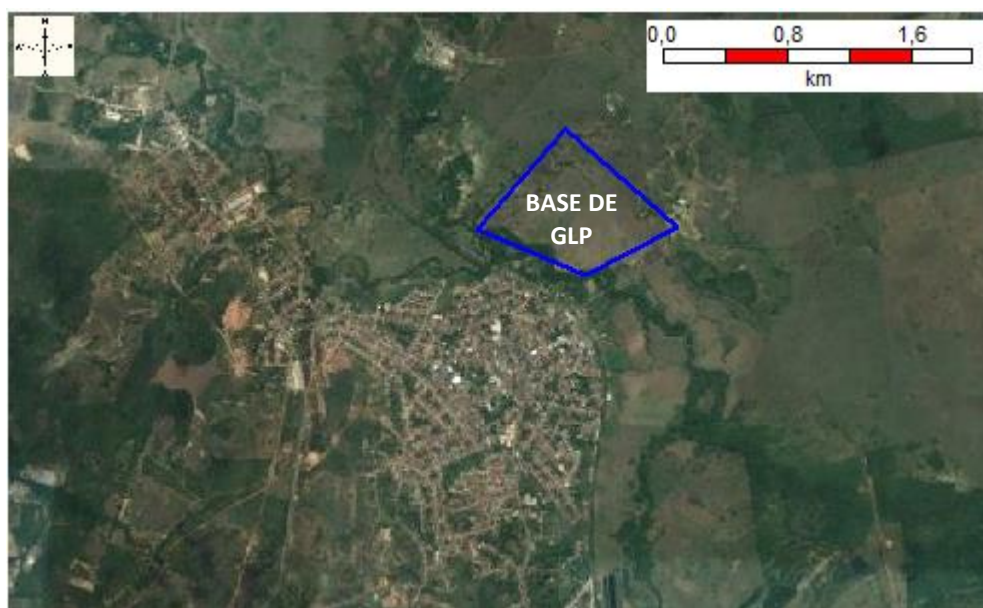


Figura 1 – Localização da Instalação e Circunvizinhança

Foi considerado que a Instalação recebe diariamente GLP via gasoduto, estoca em um vaso com capacidade de 50 toneladas, e posteriormente o gás é destinado para enchimento de cilindros para uso industrial e parte para ser distribuído para outros locais através de carretas.

Com o objetivo de se calcular o risco da operação desta Instalação para a população no entorno, inicialmente foram levantados os principais cenários acidentais que possam vir a ocorrer, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Cenários Acidentais avaliados para a Instalação

| Número do Cenário | Descrição do Cenário |
|-------------------|---|
| 01 | Vazamento ou Ruptura da linha de alimentação de GLP para a Instalação. |
| 02 | Vazamento ou Ruptura do mangote para carregamento de GLP. |
| 03 | Sobrepresão da Carreta de GLP por falha humana durante o enchimento da mesma. |
| 04 | Sobrepresão do Vaso de GLP por falha do controle de nível durante o recebimento do gás. |
| 05 | BLEVE do vaso de GLP. |
| 06 | BLEVE da carreta de GLP. |

RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 2 apresenta a análise de LOPA para o cenário 04, realizada conforme a sistemática proposta pelo [1] *Center of Chemical Process Safety* (CCPS). O cenário se refere à “Falha do controle de nível do Vaso de GLP durante enchimento, levando a sobrepressão do mesmo e consequente liberação de produto inflamável”. Este foi definido na categoria de severidade Catastrófica, segundo os critérios da [2] Norma de Gerenciamento de Riscos do estado da Bahia, uma vez que possui potencial de fatalidade de mais de 10 vítimas.

Com base na definição da severidade, pode-se determinar quais as menores categorias de frequência e risco possível para o cenário através da Matriz de Aceitabilidade na Norma Bahia [2]. Assim, através da Figura 3, podemos determinar que a menor categoria de Risco possível para o cenário é a categoria de Risco Moderado. Além disso, podemos afirmar também que o cenário deverá estar situado pelo menos na categoria de Frequência Remota, ou seja, com um valor de frequência menor que 1E-04/ano.

No cenário 04 em análise, uma vez que a o acompanhamento do nível do vaso é feito de forma manual pelo operador, sendo uma atividade rotineira que ocorre todos os dias e que há uma válvula de alívio no vaso como camada independente de proteção (IPL), foi obtida a frequência de 1,25E-03/ano. Este valor de frequência representa uma categoria de frequência Ocasional e, consequentemente, Risco Não Aceito, uma vez que a severidade do

cenário está classificada na categoria Catastrófica.

Com esse resultado, pode-se concluir que para o cenário passar para a categoria de frequência Remota, é necessário a inclusão de uma nova IPL com uma probabilidade de falha na demanda (PFD) máxima de $8,02E-02$, o que corresponde a uma malha de intertravamento com nível SIL 1, por exemplo.

Uma análise semelhante foi realizada para o cenário 03, referente à “Falha do acompanhamento de nível da carreta de GLP durante enchimento levando a sobrepressão e consequente liberação de produto inflamável”, conforme Figura 4. Para este cenário, a frequência resultante foi de $2,74E-07$ /ano, o que representa a categoria de Frequência Improvável e, consequente Risco Moderado, já que a severidade também é Catastrófica e, portanto, não há necessidade de camadas independentes de proteção adicionais.

| Caracterização do Cenário | | | | |
|---|---|--|---------------|----------------------|
| Número do cenário | Identificação do sistema / equipamento analisado | Descrição do cenário | | |
| E04 | VASO DE GLP | Falha do controle de nível do Vaso de GLP durante enchimento levando a sobrepressão e consequente liberação de produto inflamável. | | |
| Data | Revisão | | | |
| 01/09/2017 | 0 | | | |
| Item | Categoria | Tipo de dano | Probabilidade | Frequência (por ano) |
| Consequência | Catastrófica | Danos às pessoas | | |
| Categoria de frequência desejada (conforme matriz de aceitabilidade de risco) | Remoto | | < 1,00E-04 | |
| Categoria desejável do potencial de risco | Moderado | | | |
| Evento iniciador (tipicamente uma frequência) | Falha do controle de nível do Vaso de GLP durante enchimento. Atividade rotineira ocorrendo 1 vez ao dia (Ref.1), resultando na frequência de 1/na. | | | 1,00E+00 |
| Condição ou evento para ocorrência (capacitora) | Operação ocorre 1 vez ao dia, totalizando 3 horas por dia. Fator de 12% | | 12% | |
| Condição ou Evento para Ocorrência | | | | |
| Fatores modificadores (se aplicável) | Probabilidade de ignição | | 1,0 | |
| | Probabilidade de presença de pessoas em áreas afetadas | | 1,0 | |
| | Probabilidade de acidente fatal | | 1,0 | |
| Frequências de consequências não mitigadas | | | | 1,25E-01 |
| Avaliação das Camadas Independentes de Proteção (IPL) | | | | |
| Camadas independentes de proteção (CIP/IPL) | | | Probabilidade | Frequência (por ano) |
| IPL 1 | Válvula de alívio do tanque (Ref.2) | | 1,00E-02 | |
| IPL 2 | | | | |
| Resultados | | | | |
| Probabilidade total de falha na demanda (PFD) para todas as IPLs | | | 1,00E-02 | |
| Frequências das consequências mitigadas | | | | 1,25E-03 |
| Categoria da frequência de falha considerando as IPLs existentes | Ocasional | Categoria do potencial de risco após avaliação das IPLs existentes | Não Aceito | |
| Critério de tolerância de risco alcançado? | | | NÃO | |
| PFD necessária para alcançar o critério de aceitabilidade de risco | | | 8,02E-02 | SIL 1 |
| RRF (fator de redução de risco) | | | | 12 |
| Ações Necessárias para Redução do Risco | | | | |
| Camadas independentes de proteção (IPL) e/ou recomendações | | | Probabilidade | Frequência (por ano) |
| IPL 1 proposta | Instalar sistema de intertravamento no vaso de GLP para bloquear a alimentação em caso de nível alto no mesmo. Este intertravamento deve possuir um PFD (Probabilidade de falha na demanda) máximo de 8,02E-02 (SIL 1). | | 8,02E-02 | |
| Outros | | | | |
| Probabilidade de falha total na demanda (PFD) para as IPLs propostas | | | 8,02E-02 | |
| Considerar IPLs existentes? | Sim | Reavaliação da frequência | | 1,00E-04 |
| Categoria da frequência de falha considerando as IPLs existentes e propostas | Remoto | Categoria do potencial de risco após avaliação das IPLs existentes e propostas | | Moderado |
| Critério de tolerância de risco alcançado? | | | SIM | |
| Informações Adicionais | | | | |
| Notas | | | | |
| Referências (fluxogramas, análise de risco anteriores etc.) | Ref.1: CCPS 2015, pag.68, Erro humano para tarefas rotineiras que ocorrem mais de 1 vez por semana. Ref.2: CCPS 2001, pag.96. Válvula de alívio | | | |
| Equipe de LOPA | Consultor A, Equipe A | | | |
| Verificado por | Consultor B | | Data | 04/09/2017 |

Figura 2 – Análise de LOPA do cenário 04

| Matriz de Aceitabilidade Norma de Gerenciamento de Risco do Estado da Bahia NT-01/2009* | | FREQUÊNCIA | | | | |
|--|--|---|---|--|--|--|
| | | IMPROVÁVEL | REMOTO | OCASIONAL | PROVÁVEL | FREQUENTE |
| | | Em plantas existentes ou projetos: <ul style="list-style-type: none"> - Ruptura por falha mecânica de vasos de pressão com inspeção e testes periódicos nos sistemas de proteção. Sem histórico de sobrecarga de pressão, temperatura ou vibração, sem histórico de comprometimento por trincas ou perda de espessura. - Falha de vários sistemas de proteção Erro Humano: <ul style="list-style-type: none"> - Múltiplas falhas humanas em condições adequadas, com treinamento e procedimento. | Em plantas existentes ou projetos: <ul style="list-style-type: none"> - Falha dupla de equipamentos. - Ruptura de equipamentos estáticos, linhas e acessórios sujeitos a inspeção. - Falha de componente eletrônico. Erro Humano: <ul style="list-style-type: none"> - Dupla falha humana em condições adequadas de ergonomia com treinamento e procedimento. | Em plantas existentes ou projetos: <ul style="list-style-type: none"> - Falha única de equipamento em bom estado de operação e manutenção. Erro Humano: <ul style="list-style-type: none"> - Cenários que dependem de falha única, humana em condições adequadas de ergonomia, com treinamento e procedimento. | Em plantas existentes: <ul style="list-style-type: none"> - Histórico de ocorrência menor que 1 por ano ou situação que já esteve próxima de ocorrer e nenhuma alteração feita no sistema. - Ruptura ou quebra de equipamentos reconhecidamente degradados ou com inspeção deficiente. Em projetos: <ul style="list-style-type: none"> - Histórico de ocorrência menor que 1 por ano ou situação que já esteve próxima de ocorrer em empreendimentos similares. Erro humano: <ul style="list-style-type: none"> - Erro humano por inexistência de treinamento e procedimento, em presença de condições de trabalho adequadas. | Em plantas existentes: <ul style="list-style-type: none"> - Histórico de uma ou mais ocorrências por ano e nenhuma alteração feita no sistema. Em projetos: <ul style="list-style-type: none"> - Histórico de uma ou mais ocorrências por ano em empreendimentos similares. Erro humano: <ul style="list-style-type: none"> - Atividade freqüente com inexistência de treinamento e procedimento, em presença de condições de trabalho adversas. |
| Faixa de Frequência Associada = | | (f>1.000.000 anos) | (10.000<f≤1.000.000 anos) | (100<f≤10.000 anos) | (1<f≤100 anos) | (f ≥ 1/ano) |
| SEVERIDADE | CATASTRÓFICA <ul style="list-style-type: none"> - Mais de 10 vítimas fatais. - Impacto irreversível ou de difícil reversão mesmo com ações mitigadoras ou impacto de grande magnitude e grande extensão, além dos limites da empresa. | MODERADO <ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendação 2. Vulnerabilidade 3. AQR <u>Se permanece:</u> | MODERADO <ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendação 2. Vulnerabilidade 3. AQR <u>Se permanece:</u> | NÃO ACEITO VUL e AQR | NÃO ACEITO VUL e AQR | NÃO ACEITO VUL e AQR |
| | CRÍTICA <ul style="list-style-type: none"> - Vítimas com lesões incapacitantes permanentes ou até 10 vítimas fatais. - Impacto que paralisa o sistema de tratamento de efluentes. - Impacto de magnitude considerável, porém reversível com ações mitigadoras que extrapolam a área de empresa. - Evasão de comunidade externa. | MODERADO <ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendação 2. Vulnerabilidade 3. AQR <u>Se permanece:</u> | MODERADO <ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendação 2. Vulnerabilidade 3. AQR <u>Se permanece:</u> | MODERADO <ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendação 2. Vulnerabilidade 3. AQR <u>Se permanece:</u> | NÃO ACEITO VUL e AQR | NÃO ACEITO VUL e AQR |
| | MODERADA <ul style="list-style-type: none"> - Acidente com afastamento (CAF) ou SAF com restrição. - Evasão de funcionários. - Impacto de magnitude considerável, porém reversível com ações mitigadoras restrito à área da empresa. | ACEITO | ACEITO | ACEITO | MODERADO Recomendação | NÃO ACEITO Recomendação com ação imediata |
| | BAIXA <ul style="list-style-type: none"> - Acidente sem afastamento (SAF sem restrições). - Impacto ambiental de pequena magnitude com alcance interno ou externo ou reversível com ações imediatas. - Acidente restrito ao equipamento de origem do problema. | ACEITO | ACEITO | ACEITO | ACEITO | MODERADO Recomendação |

Figura 3 – Matriz de Aceitabilidade da Norma Bahia [1]

| Planilha de Estudo de LOPA | | | | |
|---|---|---|---------------|----------------------|
| Caracterização do Cenário | | | | |
| Número do cenário | Identificação do sistema / equipamento analisado | Descrição do cenário | | |
| E03 | CARRETA DE GLP | Falha do acompanhamento de nível da carreta de GLP durante enchimento levando a sobrepressão e consequente liberação de produto inflamável. | | |
| Data | Revisão | | | |
| 01/09/2017 | 0 | | | |
| Item | Categoria | Tipo de dano | Probabilidade | Frequência (por ano) |
| Consequência | Catastrófica | Danos às pessoas | | |
| Categoria de frequência desejada (conforme matriz de aceitabilidade de risco) | Remoto | | < 1,00E-04 | |
| Categoria desejável do potencial de risco | Moderado | | | |
| Evento iniciador (tipicamente uma frequência) | Falha do acompanhamento de nível da carreta de GLP durante enchimento. Atividade eventual ocorrendo 1 vez ao mês (Ref.1), resultando na frequência de 1E-02/ano. | | | 1,00E-02 |
| Condição ou evento para ocorrência (capacitadora) | Operação ocorre durante 2 horas por mês. Fator de 0,27% | | 0,27% | |
| Condição ou Evento para Ocorrência | | | | |
| Fatores modificadores (se aplicável) | Probabilidade de ignição | | 1,0 | |
| | Probabilidade de presença de pessoas em áreas afetadas | | 1,0 | |
| | Probabilidade de acidente fatal | | 1,0 | |
| Frequências de consequências não mitigadas | | | | 2,74E-05 |
| Avaliação das Camadas Independentes de Proteção (IPL) | | | | |
| Camadas independentes de proteção (CIP/IPL) | | | Probabilidade | Frequência (por ano) |
| IPL 1 | Válvula de alívio do tanque (Ref.2) | | 1,00E-02 | |
| IPL 2 | | | | |
| Resultados | | | | |
| Probabilidade total de falha na demanda (PFD) para todas as IPLs | | | 1,00E-02 | |
| Frequências das consequências mitigadas | | | | 2,74E-07 |
| Categoria da frequência de falha considerando as IPLs existentes | Improvável | Categoria do potencial de risco após avaliação das IPLs existentes | Moderado | |
| Critério de tolerância de risco alcançado? | | | SIM | |
| PFD necessária para alcançar o critério de aceitabilidade de risco | | | | |
| RRF (fator de redução de risco) | | | | |
| Ações Necessárias para Redução do Risco | | | | |
| Camadas independentes de proteção (IPL) e/ou recomendações | | | Probabilidade | Frequência (por ano) |
| IPL 1 proposta | | | | |
| Outros | | | | |
| Probabilidade de falha total na demanda (PFD) para as IPLs propostas | | | | |
| Considerar IPLs existentes? | Sim | Reavaliação da frequência | | |
| Categoria da frequência de falha considerando as IPLs existentes e propostas | | Categoria do potencial de risco após avaliação das IPLs existentes e propostas | | |
| Critério de tolerância de risco alcançado? | | | | |
| Informações Adicionais | | | | |
| Notas | | | | |
| Referências (fluxogramas, análise de risco anteriores etc.) | Ref.1: CCPS 2015, pag.72, Erro humano para tarefas rotineiras que ocorrem pelo menos 1 vez por mês. Ref.2: CCPS 2001, pag.96. Válvula de alívio | | | |
| Equipe de LOPA | Consultor A, Equipe A | | | |
| Verificado por | Consultor B | Data | 04/09/2017 | |

Figura 4 – Análise de LOPA do cenário 03

Aplicando-se a outra metodologia indicada neste trabalho, ao realizarmos a análise quantitativa de riscos da Instalação, como resultado para o Risco Social Médio obtivemos o valor de $2,14\text{E-}06$ fatalidades/ano. A Figura 5 apresenta a Curva F-N obtida para os cenários analisados, juntamente com o Critério de Aceitabilidade da [2] Norma Bahia de Gerenciamento de Risco, adotado neste trabalho, o qual define que a reta superior representa o “Limite de Inaceitabilidade”. A reta inferior representa o “Limite de Aceitabilidade sem Questionamentos” e a região entre as duas retas é a “Região ALARP”, significando que se a Curva F-N estiver nesta região, novas medidas de redução de risco devem ser avaliadas de modo a se satisfazer o “Enfoque ALARP”.

Através da Figura 5 podemos concluir que a curva se encontra na região Aceitável e que não é necessário a proposição de medidas mitigadoras de risco. Além disso, foi obtido o número máximo de 8 fatalidades.

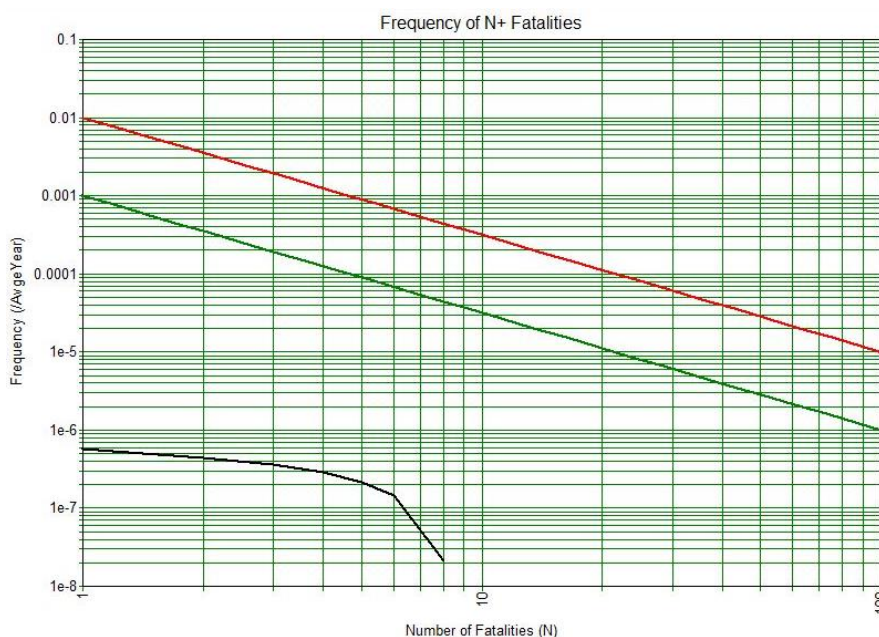


Figura 5 – Curva F-N da Instalação

Com relação ao resultado do Risco Individual, as curvas de iso-risco estão apresentadas na Figura 6, a seguir. Da Figura 6 observa-se que o contorno de iso-risco correspondente ao nível máximo de risco tolerável para a população residente nas proximidades da instalação analisada, de $1,00\text{E-}06$ /ano, não atinge a área residencial no entorno da Instalação e, portanto, está situado na categoria de Risco Aceitável.

Com base em ambos os resultados de risco social e risco individual, utilizando os critérios da Norma Bahia [2], podemos concluir que a instalação se encontra na categoria de Risco Aceitável, e, desta forma, sem a necessidade de a inclusão de novas medidas mitigadoras dentre os cenários avaliados.

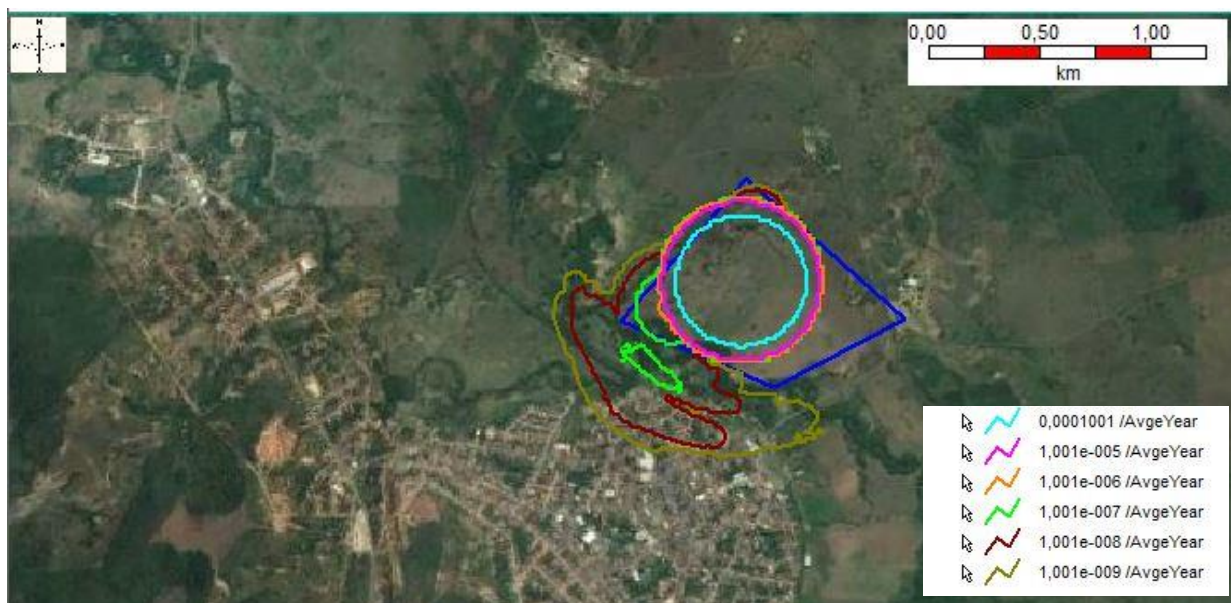


Figura 6 – Curvas de Iso-Risco da Instalação

COMENTÁRIOS FINAIS

O trabalho aqui apresentado mostra que embora o resultado do risco da Instalação avaliada tenha sido classificado na categoria de Risco Aceitável para a população externa através da metodologia de AQR, a análise individual de um cenário pela técnica do LOPA identificou uma nova barreira de proteção, a qual não foi identificada quando do cálculo do risco pela AQR. Desta forma, podemos identificar alguns ganhos da utilização da técnica de LOPA:

- Análise exige poucos recursos, a qual pode ser realizada em uma planilha Excel, por exemplo, e poucas horas são necessárias para a realização da análise;
- Em caso de necessidade de proposição de novas IPL's, a reavaliação da nova frequência é calculada ainda durante a análise de LOPA;
- Pode ser utilizada para verificação da eficácia das recomendações propostas durante as análises qualitativas;
- Utilizada para determinação do SIL das malhas de intertravamento e, até mesmo, pode ser utilizada para reduzir o SIL de uma malha, fazendo-se uma combinação de outras novas IPL's.

Por outro lado, o LOPA possui algumas limitações, uma vez que não possui eficácia para todos os tipos de cenários, principalmente cenários envolvendo perda de contenção, onde as barreiras existentes não possuem características para serem consideradas como IPL's, e também não é eficaz para cenários que possuem muitas causas, onde o mais indicado é a realização de uma Árvore de Falhas.

Finalmente, podemos concluir que a utilização combinada das duas técnicas pode prover uma avaliação mais completa da instalação, possibilitando a análise tanto do risco global como dos cenários mais críticos e de eficiências das suas barreiras.

REFERÊNCIAS

1. CCPS, *Layer of Protection Analysis – Simplified Process Risk Assessment*, AIChE, 2001.
2. INEMA, *Norma Técnica NT – 01/2009 - Gerenciamento de Risco no Estado da Bahia*, Resolução CEPRAM Nº 3.965 de 30 de junho de 2009.