



MEMORIAL DESCRITIVO COMPLETO DE CURSO-MDC

LOPA – Análise de Camadas de Proteção

1. Descrição Geral do Curso

Este Material foi estruturado para um curso de 20 horas sobre Layer of Protection Analysis (LOPA), com foco nos fundamentos, critérios de independência e crédito de camadas, limitações do método, integração com HAZOP/SIL/IEC 61511 e aplicação prática em cenários de óleo e gás, refino, indústria química e mineração.

O curso é conduzido no formato EAD síncrono (ao vivo), com sessões interativas que combinam exposição teórica, exercícios com planilha LOPA, discussão de casos reais e workshop prático em grupo.

2. Objetivos do Curso

- Compreender a finalidade da LOPA dentro do ciclo de gestão de riscos de processo e seu posicionamento em relação ao HAZOP e à QRA.
- Distinguir salvaguardas gerais de Camadas Independentes de Proteção (IPLs) com base nos quatro critérios estabelecidos pelo CCPS.
- Selecionar cenários adequados para LOPA a partir de estudos prévios (HAZID, What-if, APR, HAZOP).
- Estimar a frequência do evento iniciador, aplicar modificadores condicionais e atribuir PFD de IPLs de forma consistente e rastreável.
- Calcular a frequência mitigada do cenário e avaliar a necessidade de nova IPL ou SIF/SIS com base no critério de tolerabilidade.
- Reconhecer limitações, hipóteses e armadilhas comuns da técnica.
- Aplicar a LOPA em estudos de caso de diferentes setores industriais: óleo e gás, refino, química e mineração.

3. Resultados Esperados

Ao final do curso, os participantes estarão capacitados para:

3.1 Compreensão Técnica

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786



MAD Engenharia LTDA

Treinamentos, Projetos de Engenharia e Consultoria em Segurança Industrial

Entender o posicionamento da LOPA no ciclo de gestão de risco de processo, suas bases normativas (IEC 61511, CCPS LOPA, ISA-TR84) e sua importância como ferramenta semi-quantitativa para validação de risco residual e definição de requerimentos de SIS.

3.2 Seleção e Caracterização de Cenários

Selecionar e documentar cenários acidentais representativos para análise LOPA a partir de resultados de HAZOP, What-if ou APR, identificando o par causa–consequência, o evento iniciador e as camadas de proteção existentes.

3.3 Avaliação de IPLs

Avaliar salvaguardas existentes conforme os critérios CCPS de independência, funcionalidade, integridade e auditabilidade, distinguindo quais podem ser creditadas como IPL e atribuindo corretamente o PFD (Probability of Failure on Demand) com base em referências reconhecidas.

3.4 Execução do Cálculo LOPA

Preencher a planilha LOPA de forma completa, aplicando a equação de frequência mitigada, documentando premissas, bases de dados e justificativas para cada elemento da análise.

3.5 Tomada de Decisão e Recomendações

Comparar o risco calculado com o critério de tolerabilidade corporativo ou regulatório, identificar a lacuna de risco (gap) e formular recomendações objetivas, incluindo quando é necessário um SIF e em qual nível de integridade de segurança (SIL 1, 2 ou 3).

3.6 Consciência de Limitações

Reconhecer as principais limitações da LOPA, evitar armadilhas comuns (dupla contagem de IPLs, excesso de crédito a ação humana, dependências ocultas) e garantir a qualidade e rastreabilidade da documentação do estudo.

3.7 Aplicação Setorial

Aplicar a metodologia LOPA em estudos de caso representativos dos setores de óleo e gás, refino, indústria química e mineração, adaptando a seleção de dados e o nível de detalhe ao contexto de cada processo.

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786

4. Ementa do Curso

O curso é organizado em 8 módulos, totalizando 20 horas de carga horária efetiva. Os módulos 1 a 5 cobrem os fundamentos e a metodologia; os módulos 6 a 8 aplicam o conhecimento em estudos de caso industriais e workshop prático.

Resumo de Carga Horária por Módulo

Módulo	Tipo	Carga
Fundamentos de Risco de Processo e Posicionamento da LOPA	Teórico	3h
Elementos da LOPA	Teórico	3h
Crédito de IPL e Integração com SIS/SIL	Teórico	3h
Cálculo LOPA Passo a Passo	Teórico	4h
Limitações, Boas Práticas e Governança	Teórico	2h
Estudo de Caso 1: Óleo e Gás	Prático	1,5h
Estudo de Caso 2: Refino e Indústria Química	Prático	1,5h
Estudo de Caso 3: Mineração + Workshop Final e Avaliação	Prático/Avaliação	2h
TOTAL		20h

Módulo 1 – Fundamentos de Risco de Processo e Posicionamento da LOPA

Carga horária: 3h

Conteúdo Programático

- Acidentes maiores, cenários de perda de contenção e escalonamento de consequências.
- Barreiras, salvaguardas, controles críticos e o 'onion model' / camadas de defesa em profundidade.
- Hierarquia das camadas de proteção: contenção primária, controles de processo, alarmes e respostas de emergência.
- Onde a LOPA se posiciona entre PHA qualitativa (HAZOP/What-if) e QRA/CPQRA: o espectro de rigor.
- Motivação para uso da LOPA: validação de risco residual, priorização de melhorias e definição de necessidade de SIF.

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786



MAD Engenharia LTDA

Treinamentos, Projetos de Engenharia e Consultoria em Segurança Industrial

- Critério de tolerabilidade e risco alvo: matrizes de risco qualitativas x frequências-alvo numéricas.
- Visão geral da documentação e registros de um estudo LOPA.

Referências Normativas e Bibliográficas

- CCPS, Layer of Protection Analysis – Simplified Process Risk Assessment (2001)
- IEC 61511 Partes 1 e 3 (Annex F)
- API RP 14C / API RP 752
- CCPS, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2a ed.
- CCPS, Guidelines for Enabling Conditions and Conditional Modifiers in Layer of Protection Analysis (2013)
- Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers in Layer of Protection Analysis (2015)

Módulo 2 – Elementos da LOPA

Carga horária: 3h

Conteúdo Programático

- Escolha do cenário: definição do par causa-consequência único por linha de análise.
- Definição do evento iniciador (IE), categoria e frequência de referência.
- Definição da consequência de interesse (desfecho de referência) e severidade.
- Definição do critério de tolerabilidade: risco individual, risco social e dano a ativos/meio ambiente.
- Conceitos de condicionais e modificadores: probabilidade de ignição (imediata e retardada), probabilidade de ocupação, fator de fatalidade condicional, probabilidade de presença de inventário, e outros.
- Diferença entre salvaguarda listada no HAZOP e IPL creditável na LOPA: independência, funcionalidade, auditabilidade e eficácia comprovada.
- Documentação do cenário: preenchimento de cada coluna da planilha LOPA e rastreabilidade de premissas.

Referências Normativas e Bibliográficas

- CCPS, Layer of Protection Analysis (2001), Capítulos 2–4
- IEC 61511-3:2016, Annex F
- CCPS, Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers (2014)

Módulo 3 – Crédito de IPL e Integração com SIS/SIL

Carga horária: 3h

Conteúdo Programático

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786

MAD Engenharia LTDA

Treinamentos, Projetos de Engenharia e Consultoria em Segurança Industrial

- Os quatro critérios de uma IPL válida: independência, funcionalidade, integridade/confiabilidade e auditabilidade.
- IPLs típicas e seus créditos: projeto inerentemente seguro (I), PSV/disco de ruptura, BPCS (com restrições), alarmes com ação do operador (HIPS), enclausuramento, intertravamentos, detectores, válvulas de bloqueio passivas, procedimentos operacionais e programas de inspeção/teste.
- Tratamento de falhas de causa comum (CCF), dependências ocultas e independência entre sensores, lógica e elemento final de controle.
- Limites de crédito: crédito máximo para BPCS, ação humana, alarme simples e barreiras passivas; justificativa e documentação.
- Quando não dar crédito: salvaguardas não independentes, sem teste formal, mal definidas ou sem evidência histórica de desempenho.
- Conexão com IEC 61511: quando a lacuna de risco (gap) leva à exigência de SIF e à definição de SIL alvo.
- Relação entre PFD (Probability of Failure on Demand) e SIL: SIL 1 (10^{-1} – 10^{-2}), SIL 2 (10^{-2} – 10^{-3}), SIL 3 (10^{-3} – 10^{-4}).
- Visão geral do ciclo de vida de segurança (IEC 61511): LOPA como insumo para definição de requisitos de SIF (SRS).

Referências Normativas e Bibliográficas

- IEC 61511-1:2016 e IEC 61511-3:2016
- CCPS, Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers (2014)
- ISA-TR84.00.02 – Safety Instrumented Functions
- CCPS, Layer of Protection Analysis (2001), Capítulo 5

Módulo 4 – Cálculo LOPA Passo a Passo

Carga horária: 4h

Conteúdo Programático

- Forma geral da equação: Frequência mitigada = IEF $\times$ Π (PFD de cada IPL) $\times$ Π (CMS aplicáveis).
- Seleção de dados de frequência: bases corporativas, literatura CCPS/AIChE, OREDA, BEVI, MHIDAS e julgamento de especialistas.
- Seleção de dados de PFD: bases de dados de confiabilidade, testes de campo, cálculo probabilístico simplificado (RRF).
- Crédito típico e limites de crédito para ação humana, alarmes com procedimento e barreiras passivas.
- Exercício prático 1 – planilha LOPA simples: preenchimento coluna a coluna, justificativas e documentação de premissas.
- Comparação entre risco calculado e critério de tolerabilidade: interpretar o resultado e definir recomendações.
- Exercício prático 2 – cenário com múltiplos IEs e IPLs: como combinar frequências e organizar a análise.

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786



MAD Engenharia LTDA

Treinamentos, Projetos de Engenharia e Consultoria em Segurança Industrial

- Sensibilidade e incerteza: como variações nos dados de entrada afetam a conclusão.
- Documentação final: registro de premissas, base de dados utilizada e rastreabilidade das decisões.

Referências Normativas e Bibliográficas

- CCPS, *Layer of Protection Analysis* (2001), Capítulos 6–8
- CCPS, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, 2a ed.
- OREDA – Offshore Reliability Data Handbook (última edição)
- BEVI – Reference Manual Bevi Risk Assessments (RIVM, Holanda)

Módulo 5 – Limitações, Boas Práticas e Governança

Carga horária: 2h

Conteúdo Programático

- LOPA não substitui HAZOP nem QRA detalhada: é semi-quantitativa, baseada em ordens de grandeza e em premissas conservadoras.
- Sensibilidade a dados de frequência e PFD: necessidade de consistência metodológica e rastreabilidade.
- Dificuldades com cenários complexos, dependências entre barreiras, múltiplos caminhos causais e efeitos dominó.
- Risco de excesso de crédito a procedimentos/operador e subestimação de fatores humanos e organizacionais.
- Armadilhas comuns: dupla contagem de IPLs, crédito sem evidência de teste, uso inadequado de modificadores condicionais.
- Governança do estudo: composição e competência da equipe, papéis e responsabilidades, facilitação e revisão independente.
- Registro das decisões, gestão de mudanças (MOC) e revalidação periódica.
- Integração da LOPA com o sistema de gestão de integridade de barreiras (Bow-Tie, critical controls).

Referências Normativas e Bibliográficas

- CCPS, *Layer of Protection Analysis* (2001), Capítulos 9–10
- CCPS, *Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries* (2007)
- ISO 55001 / IEC 61511 – gestão de integridade de ativos
- CCPS, *Process Safety Management Guidelines* (última edição)

Módulo 6 – Estudo de Caso 1: Óleo e Gás

Carga horária: 1,5h

Conteúdo Programático

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786



MAD Engenharia LTDA

Treinamentos, Projetos de Engenharia e Consultoria em Segurança Industrial

- Caso A – Sobreenchimento de tanque atmosférico de hidrocarboneto: transbordo, formação de poça, ignição e incêndio/BLEVE.
- Caso B – Separador/vaso de pressão com sobrepressão por falha de controle e indisponibilidade de dispositivo de alívio (PSV).
- Análise das camadas de proteção: detecção de nível/pressão, alarme, shutdown de emergência (ESD), PSV, flare e resposta operacional.
- Discussão sobre independência das barreiras instrumentadas: BPCS vs. SIS vs. resposta humana.
- Crédito de procedimentos operacionais de emergência (POE): critérios e limitações.
- Avaliação do risco residual e definição de recomendações (nova IPL, SIF ou medida não instrumental).

Referências Normativas e Bibliográficas

- API RP 521 – Pressure-Relieving and Depressuring Systems
- API RP 14C – Offshore Platform Safety Systems
- CCPS, Layer of Protection Analysis (2001), Apêndices de casos

Módulo 7 – Estudo de Caso 2: Refino e Indústria Química

Carga horária: 1,5h

Conteúdo Programático

- Caso A – Unidade de alquilação/reator catalítico com potencial de runaway térmico e liberação tóxica de HF ou ácido sulfúrico.
- Caso B – Coluna de destilação com sobrepressão por reboiler fora de controle e falha de condensador.
- Diferenciação entre barreiras preventivas (intertravamentos, controladores) e mitigadoras (retenção secundária, scrubber, flare, SIS).
- Crédito de retenção secundária (diques), scrubber de emergência, flare e sistemas de mitigação de consequências.
- Análise de dependências ocultas entre loops de controle, alimentações e utilidades.
- Revisão dos resultados: risco calculado, gap para o critério e recomendações priorizadas.

Referências Normativas e Bibliográficas

- API RP 752 / 753 – Siting of Process Plant Buildings
- CCPS, Guidelines for Chemical Reactivity Evaluation (última edição)
- IEC 61511-3 Annex F – exemplos de cenários industriais

Módulo 8 – Estudo de Caso 3 (Bow tie quantitativo): Mineração + Workshop Final e Avaliação

Carga horária: 2h

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786



MAD Engenharia LTDA

Treinamentos, Projetos de Engenharia e Consultoria em Segurança Industrial

Conteúdo Programático

- Caso A – Armazenagem e bombeamento de diesel/reagentes (cal, ácido sulfúrico, reagentes de flotação): transbordo, vazamento e ignição em área classificada.
- Caso B – Planta de beneficiamento: espessadores, tanques de reagentes, tubulações de processo, sobrefluxo e potenciais consequências para pessoas, ativos e continuidade operacional.
- Workshop final (em grupo): construir LOPA completa para cenário inédito fornecido pelo instrutor.
- Apresentação dos resultados: defesa dos créditos de IPL, justificativa das premissas e conclusões sobre o risco residual.
- Avaliação: questões objetivas e análise de caso (critérios de aprovação e emissão de certificado).
- Encerramento: consolidação dos aprendizados, próximos passos e recursos adicionais.

Referências Normativas e Bibliográficas

- CCPS, *Layer of Protection Analysis* (2001)
- IEC 61511 Partes 1–3
- Normas ABNT NBR relacionadas: NBR 14653, NBR IEC 61511
- Referências CCPS, OREDA, BEVI e bases corporativas utilizadas no curso

5. Público-Alvo

- Engenheiros de processo, automação, segurança de processo, confiabilidade, manutenção e operação.
- Facilitadores de HAZOP/LOPA e especialistas em SIS/SIL.
- Profissionais de SMS (Saúde, Meio Ambiente e Segurança) e PSM (*Process Safety Management*).
- Profissionais de mineração e logística industriais expostos a cenários com inflamáveis, reagentes perigosos, sobrepressão e perda de contenção.

6. Pré-Requisitos Recomendados

- Noções de segurança de processo, leitura de P&ID e fundamentos de HAZOP.
- Conhecimento básico de frequência de falhas, probabilidade e conceito de barreiras de proteção.
- Desejável familiaridade com IEC 61511, ISA/IEC, API RP 14C/521, CCPS e critérios corporativos de risco.

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786



7. Programação e Formato do Curso

Datas e Horários

Data / Encontro	Horário / Carga	Conteúdo
1º Encontro – 11/07/2026 (sábado)	9h – 17h (8h)	Módulos 1, 2 e 3
2º Encontro – 18/07/2026 (sábado)	9h – 16h (7h)	Módulos 4 e 5
3º Encontro – 25/07/2026 (sábado)	9h – 16h (7h)	Módulos 6, 7 e 8 + Workshop + Avaliação

- Modalidade: EAD síncrono (ao vivo), plataforma online interativa.
- Carga horária total: 20 horas.
- Observação: O ex-aluno está apto a participar e refazer o curso em novas turmas sem custo adicional de matrícula.

8. Instrutor Titular do Curso

Alex Vazzoler

Engenheiro Sênior na Vale, com mais de 13 anos de experiência, com foco em análise de risco, auditoria de barreiras e elementos críticos de segurança, garantindo a segurança e a eficiência em projetos industriais de grande porte.

Especialista em: BowTie, APR/APP, LOPA, HAZOP, AQR/QRA e ATEX. Sólida base de conhecimento em engenharia química e segurança de processos.

LinkedIn: [linkedin.com/in/alex-vazzoler](https://www.linkedin.com/in/alex-vazzoler)

9. Orçamento do Curso

Curso LOPA – Análise de Camadas de Proteção

- **Opção 1** – Cartão de Crédito (até 6x): R\$ 1.600,00
(<https://checkout.nubank.com.br/YSkUSxTyLT5vytxu>)

CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786



MAD Engenharia LTDA

Treinamentos, Projetos de Engenharia e Consultoria em Segurança Industrial

- **Opção 2** – À vista / 1º Lote (depósito): R\$ 1.333,00 (PIX: mad1@madglobalr.com)
- **Opção 3** – Pagamento em Cripto (XRP/ETH): R\$ 1.200,00

Ao realizar o pagamento envie o comprovante para o e-mail: mad1@madglobalr.com informando no campo ASSUNTO : Aluno do Curso de LOPA e adicionalmente informar: Nome completo, CPF, Endereço completo, telefone e e-mail para comunicação direta com a MAD Engenharia.

Observação 1: Valores acima se referem aos cursos EAD- Online

Observação 2: Ex-Alunos têm + 10% de desconto além dos outros descontos normais.

Modalidade Principal: Online (Síncrono) – EAD, no horário Noturno (18h:30 às 22h:30)

Observação 3: A MAD Global Risk se reserva no direito sobre quaisquer erros de digitação e alterar datas, horários e conteúdo dos cursos para atender seus objetivos e atividade fim empresarial.

Observação 4: A MAD se reserva o direito em substituir o instrutor caso haja impossibilidade do titular ministrar o curso.

Todos os cursos da MAD Global Risk são:

- Aulas síncronas (on-line ao vivo).
- Conduzidos por profissionais com vasta experiência e reconhecimento no mercado.
- Acompanhados de material didático (slides, planilhas e referências bibliográficas, artigos e conteúdos extras), sem custo adicional ao aluno(a).
- Certificados digitais emitidos aos aprovados após avaliação final.



CNPJ: 62.975.789/0001-53

<https://www.linkedin.com/company/mad-global-risks>

Contatos: mad1@madglobalr.com / +5522997649786