

VICTOR ATAIDE BORGES SALESSI

ANÁLISE DOS RISCOS EM ESPAÇO CONFINADO EM TURBINAS
TIPO BULBO

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo
2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho e todo o conhecimento que tenho hoje ao meu Pai, Ataide Salessi, que sempre dizia aos filhos: “o trabalho enaltece e enobrece o homem. Sejamos justos e honestos sempre.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço à internet, esse meio de comunicação fascinante, que possibilita a difusão do conhecimento e o torna acessível a todos. Obrigado [www](#).

EPÍGRAFE

A esperança tem duas filhas lindas: a indignação e a coragem. A indignação nos ensina a não aceitarmos as coisas como estão; a coragem, a mudá-las.

Santo Agostinho

RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de realizar um estudo de caso da análise dos riscos para o trabalhador nos espaços confinados da turbina tipo Bulbo, equipamento adotado em três grandes empreendimentos hidrelétricos em construção na região Norte do Brasil. Juntas, as três usinas possuem 106 máquinas e representam um potencial de geração de 7.563,16 MW. A escolha da turbina tipo Bulbo para o estudo deve-se ao fato de que se trata de um equipamento ainda pouco conhecido entre os profissionais da área de energia brasileira e, por essa razão, alguns aspectos de sua montagem ainda eram desconhecidos no início das obras, o que obrigou os profissionais envolvidos na fase de montagem a reformular as instruções de segurança, adequando-as ao perfil dos riscos e prevenindo, assim, a ocorrência de acidentes nos ambientes confinados. Conforme apontam estudos do setor energético brasileiro, o potencial hidrelétrico do país está concentrado na região Amazônica, cujos rios apresentam forte vazão, o que favorece a construção de usinas “a fio d’água”. Para esse tipo de usina, a turbina tipo Bulbo é a opção mais adequada e sua utilização em futuros empreendimentos hidrelétricos é apontada como uma tendência no mercado. Para a realização do estudo, além da coleta de informações, foram entrevistados Engenheiros de Segurança do trabalho do empreendimento analisado e de usinas similares e realizadas discussões para a análise dos procedimentos adotados. Por questões de sigilo, o nome do empreendimento analisado não foi mencionado. O estudo mostra a importância das considerações de segurança e saúde ainda na fase do planejamento das atividades de uma obra de grande porte e, especialmente, na adoção de uma nova tecnologia.

Palavras-chave: espaço confinado; turbina bulbo; riscos.

ABSTRACT

The present work has the purpose to carry out a case study of risk analysis for the worker in confined spaces of turbine type Bulb, equipment used in three major hydroelectric projects under construction in north of Brazil. Together, the three plants have 106 machines and represent a potential to generate 7563.16 MW. The choice of turbine bulb for the study due to the fact that it was unfamiliar equipment among professionals of the Brazilian energy sector and, therefore, some aspects of its erection were still unknown at the start of work, which forced the professionals involved in the erection steps to reformulate the safety instructions, adjusting them to the risk profile and thus preventing the occurrence of accidents in confined environments. As pointed out by studies of the Brazilian energy sector, the hydroelectric potential of the country is concentrated in the Amazon region, whose rivers have strong flow, which encourage the construction of plant "run-of-the-river" without reservoir. For this type of project, the turbine bulb is the most appropriate option and its use in future hydroelectric projects is seen as a trend in the market. For the study, in addition to gathering information, were interviewed Occupational Safety Engineers, the reporting enterprise and similar power plants and the discussions to analyze the procedures used. For confidentiality reasons, the project analyzed name was not mentioned. The study shows the importance of safety considerations and health even at the stage of planning activities for a large project and especially the adoption of a new technology.

Keywords: confined spaces; bulb turbine, risks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de sinalização.....	31
Figura 2 - Exemplos de travamento de registros de linha de fluidos	32
Figura 3 - Exemplos de travamento de equipamentos elétricos.....	32
Figura 4 - Exemplo de trava para múltiplos cadeados	33
Figura 5 - Exemplo de utilização de etiqueta em uma válvula.....	34
Figura 6 - Isolamento através de cones sinalizadores, fita e placa de aviso	35
Figura 7 - Exemplo de medidor de múltiplos gases.....	36
Figura 8 - Exemplo de como se deve realizar as medições de gases.....	37
Figura 9 - Sistema de ventilação de gases mais pesados que o ar por exaustão.....	38
Figura 10 - Sistema de ventilação da gases mais leves que o ar por exaustão	39
Figura 11 - Ventilação local exaustora em espaço confinado - controle dos fumos de solda na fonte contaminante	39
Figura 12 - Sistema de ventilação por insuflação - Curto-circuito de ar - Recirculação	40
Figura 13 - Sistema de ventilação por insuflação - Correção de curto-circuito de ar pela instalação de mangote flexíveis.....	40
Figura 14 - Sistema de ventilação por exaustão - Curto-circuito de ar em espaço confinado.....	41
Figura 15 - Sistema de ventilação por exaustão - Correção de curto-circuito de ar em espaço confinado	41
Figura 16 - Sistema de ventilação por exaustão - Curto-circuito de ar junto ao ventilador (adaptado).....	42

Figura 17 - Sistema de ventilação por exaustão - Correção de Curto-circuito de ar junto ao ventilador (adaptado)	42
Figura 18 - Exemplo de usina com turbina tipo Bulbo	46
Figura 19 - Exemplo de usinas que utilizam turbina tipo Francis	46
Figura 20 - Vista aérea da usina de Santo Antônio, no Rio Madeira	47
Figura 21 - Vista de satélite da usina de Balbina, no Rio Uatumã	48
Figura 22 - Unidade Bulbo em 3D	51
Figura 23 - Conjunto geral da unidade Bulbo	51
Figura 24 - Roda Kaplan	52
Figura 25 - Identificação das áreas	54
Figura 26 - Vista do interior da área 1	55
Figura 27 - Tampa da área 1	55
Figura 28 - Rotor do gerador área 2	56
Figura 29 - Descida do Eixo	57
Figura 30 - Giro de 90 graus do Eixo	57
Figura 31 - Vista do interior da área 3	58
Figura 32 - Vista do acesso à área 3	58
Figura 33 - Vista do acesso à área 4	59
Figura 34 - Interior da área 4	59
Figura 35 - Panorâmica da área 4	60
Figura 36 - Área e seus volumes	61
Figura 37 - Projeto de exaustão	61
Figura 38 - Sala de treinamento	62

Figura 39 - Controle de acesso e comunicação	63
Figura 40 - Trava-quedas retrátil e convencional	63
Figura 41 - Equipe e treinamento/simulado.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização de Espaços Confinados	22
Tabela 2 - Classificação de Espaços Confinados	27
Tabela 3 - Acidentes fatais por tipo de atividade de 1983 a 1993 nos USA	44
Tabela 4 - Acidentes fatais por tipo de entrada de 1983 a 1993 nos USA	44
Tabela 5 - Usinas com suas potências e áreas alagadas	49
Tabela 6 - Usinas hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, rio Madeira	49
Tabela 7 - Turbinas Bulbo: projetos de referência.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNO	Construtora Norberto Odebrecht
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPR	Equipamento de Proteção Respiratória
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
FACE	<i>Fatality Assessment and Control Evaluation</i>
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
HSA	<i>Health and Safety Authority</i>
IPVS	Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LE	Limite de Exposição
LIE	Limite Inferior de Explosividade
LSE	Limite Superior de Explosividade
LT	Limite de Tolerância
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego

NBR	Norma Brasileira Registrada
NR	Norma Regulamentadora
NIOSH	<i>Nacional Institute for Occupational Safety and Health</i>
OHS	<i>Occupational Health and Safety Regulation</i>
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PPR	Programa de Proteção Respiratória
PPRA	Programa de Proteção de Riscos Ambientais
PTE	Permissão de Trabalho Especial
SST	Saúde e Segurança do Trabalho
USA	<i>United States of America</i>
SAE	Santo Antônio Energia
GICOM	Grupo Industrial Complexo Madeira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO	18
1.2 JUSTIFICATIVA	18
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 O QUE É ESPAÇO CONFINADO?	20
2.2 QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEM UM ESPAÇO CONFINADO?	20
2.3 QUAIS SÃO OS RISCOS ASSOCIADOS AOS ESPAÇOS CONFINADOS?	22
2.3.1 Riscos Físicos	22
2.3.2 Riscos Químicos	23
2.3.3 Riscos Biológicos	23
2.3.4 Riscos Ergonômicos	24
2.3.5 Riscos Mecânicos	24
2.3.6 Riscos Atmosféricos	25
2.4 QUAIS SÃO OS REQUISITOS LEGAIS EM MATÉRIA DE ENTRADA EM ESPAÇO CONFINADO?	27
2.5 QUAIS SÃO AS MEDIDAS A SEREM EXECUTADAS EM CASO DE EMERGÊNCIA?	28
2.6 O QUE PROCURAR EM UMA AVALIAÇÃO DE RISCOS?	29
2.7 EXISTEM EXCEÇÕES À SEGURANÇA, SAÚDE E BEM-ESTAR (ESPAÇOS CONFINADOS)?	29
2.8 QUAIS SÃO OS ELEMENTOS CHAVE DE UM SISTEMA DE TRABALHO SEGURO PARA UM ESPAÇO CONFINADO ?	30
2.8.1 Antes de iniciar qualquer atividade em espaço confinado	30

2.8.2 Período do dia para executar os trabalhos	30
2.8.3 Sinalização	30
2.8.4 Bloqueio e travamento de equipamentos	31
2.8.5 Lacramento	33
2.8.6 Etiquetagem	33
2.8.7 A abertura do acesso ao espaço confinado	34
2.8.8 Avaliação da atmosfera	35
2.8.8 Ventilação artificial	37
2.9 O QUE É UMA PERMISSÃO DE ENTRADA E TRABALHO?	43
2.10 ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES EM ESPAÇOS CONFINADOS	44
2.11 PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2030	45
2.12 NOVA ERA DE GERAÇÃO HIDRELÉTRICA NA AMAZÔNIA	45
2.13 APRESENTAÇÃO DE UMA GRANDE TURBINA BULBO	51
3 MATERIAIS E MÉTODOS	53
3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS CONFINADOS	53
3.2 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO CUSTOMIZADO	61
3.3 CAPACITAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO	62
3.4 CONTROLE DE ACESSOS / COMUNICAÇÃO	63
3.5 TRAVA QUEDAS	63
3.6 PLANO DE RESGATE	64
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 LIÇÕES APRENDIDAS	65
4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
5 CONCLUSÃO	68

REFERÊNCIAS	69
ANEXO I	73
GLOSSÁRIO	75

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios que a indústria como um todo tem atualmente é manter sua competitividade assegurando um meio ambiente saudável e seguro e condições de trabalho que não ameacem a vida dos trabalhadores nem sua integridade física. Para permanecerem competitivas em um mercado acirrado e cada vez mais exigente, as empresas deverão, portanto, desenvolver processos novos e melhores, bem como implementar sistemas de gestão voltados principalmente para a prevenção da poluição e de acidentes, buscando a melhoria contínua e atendendo, no mínimo, a legislação vigente (USP, 2013).

O parágrafo acima resume o objeto de análise do presente estudo de caso: a implantação de procedimento para a realização de trabalhos nos espaços confinados em turbinas do tipo Bulbo, utilizadas em uma das usinas hidrelétricas em construção no Rio Madeira, localizada em Porto Velho (RO).

Para entender os motivos que levaram a esse estudo, é importante considerar alguns fatores que explicam a escolha do tema.

Até o início do século XXI, a geração hidrelétrica no Brasil era, praticamente, realizada por turbinas do tipo Francis, de eixo vertical em sua maioria, e, em seguida, por turbinas do tipo Kaplan, de eixo vertical (EPE, 2006/2007).

Outros tipos de turbinas como Pelton, Francis e Kaplan, de eixo horizontal, quase não eram utilizadas, uma vez que os recursos hídricos brasileiros favorecem a utilização de equipamentos com grandes quedas d'água (acima de 30 metros). Outro fator que contribuiu para a utilização de turbinas de grande queda foi a falta de preocupação com o meio ambiente. No passado, as obras foram concebidas com grandes reservatórios, o que gerou a necessidade de alagar áreas com significativa dimensão, o que, conseqüentemente, gerou alto impacto ambiental (EPE, 2006/2007).

Atualmente, utilizar novas tecnologias que tenham o menor impacto ambiental mantendo a eficiência de geração parece ser condição obrigatória para as empresas do ramo de energia. Foi a partir dessa condição que os fabricantes passaram a ofertar às concessionárias de energia a turbina tipo Bulbo, de eixo horizontal, um

equipamento que não é novidade para o setor, porém, ainda é utilizado em pequena escala, especificamente em pequenas hidrelétricas da Europa. No Brasil, apenas empreendimentos localizados na região Sudeste utilizam essa tecnologia. São eles: usina de Iguapava, Canos I e II, Ourinhos, CBA e Baguari, todas de pequena potência (EPE, 2006/2007).

Pode-se dizer que 2007 foi o ano de início da nova fase do setor hidrelétrico brasileiro. Nesse ano, foi realizado o primeiro leilão de concessão e venda de energia utilizando a turbina tipo Bulbo, na ocasião a maior máquina em potência do mundo, com 71,6 MW, localizada no Complexo do Rio Madeira, em Porto Velho (RO) (<<http://epe.gov.br/leiloes/Paginas/leilao>> acesso 10 fev 15).

Em 2008, foi realizado o leilão do segundo empreendimento do Complexo do Madeira, com o mesmo tipo de turbina, localizado a 100 km à montante da primeira usina, porém, com uma potência um pouco maior – 75 MW – tornando-se, portanto, a maior Bulbo do mundo (<<http://epe.gov.br/leiloes/Paginas/leilao>> acesso 10 fev 15).

Em 2010, foi realizado leilão de mais uma usina Bulbo, localizada no Rio Xingu, Pará. A potência unitária é menor – 38,85 MW –, porém, as dimensões são muito próximas às dimensões das usinas do Rio Madeira (<<http://epe.gov.br/leiloes/Paginas/leilao>> acesso 10 fev 15).

A previsão do setor elétrico brasileiro é de que mais usinas desse tipo, principalmente na região Amazônica, onde a topografia e o tipo de rios da região favorecem a utilização dessas turbinas (EPE, 2006/2007).

Se, por um lado, o impacto ambiental é reduzido na opção pelo equipamento Bulbo, por outro, torna-se necessário avaliar, monitorar e controlar mais intensivamente os riscos existentes na montagem e manutenção desse tipo de equipamento (EPE, 2006/2007).

1.1 OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo apresentar o estudo de caso da análise de risco em espaço confinado na etapa de montagem de turbinas do tipo Bulbo de grande porte.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os equipamentos utilizados nas usinas do passado não apresentam condições tão específicas e críticas de montagem quanto as da turbina tipo Bulbo. Nessas unidades, tanto o gerador quanto os mancais encontram-se enclausurados. Os espaços disponíveis para circulação e manutenção dentro da unidade são exíguos, exigindo das equipes de montagem, operação e manutenção especial atenção quanto ao planejamento das intervenções. Por essas razões, a atuação do Engenheiro de Segurança do Trabalho deve ser firme e dedicada desde a fase do planejamento e, principalmente, nas etapas de montagem. Essa foi a justificativa para a escolha do presente tema, além da experiência profissional do autor em empreendimentos hidrelétricos e na usina analisada, o que possibilitou o acesso às informações técnicas junto às empresas montadoras. Trata-se de uma oportunidade de elaborar um documento técnico que contribua para que os profissionais do setor aprimorem suas técnicas na definição e implantação de melhoria contínua em espaços confinados na montagem de turbinas do Tipo Bulbo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os espaços confinados são, significativamente, mais perigosos do que os locais de trabalhos normais. Os perigos envolvidos podem não ser exclusivos para espaços confinados, mas sempre são exacerbados pela natureza fechada do espaço confinado. As lesões resultantes são potencialmente fatais. Um erro aparentemente insignificante ou a falta de supervisão durante a execução de um trabalho em espaço confinado pode resultar em um trágico acidente. Além disso, há uma propensão para múltiplas vítimas devido à natureza insidiosa dos perigos (HSA, 2001).

No Brasil, a NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, publicada em 08 de junho de 1978 por meio da Portaria GM nº 3.214, foi a primeira norma de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) a tratar dos espaços confinados, através da publicação da Portaria Nº 04, de 04 de julho de 1995. O item 18.20 (locais confinados) da NR- 18 estabelece medidas especiais de proteção para atividades da indústria da construção que exponham os trabalhadores a riscos de asfixia, explosão, intoxicação e doenças do trabalho (FUNDACENTRO, 2013).

A NR-29 – Trabalho Portuário e a NR-30 – Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário também estabelecem medidas de segurança nos trabalhos de limpeza e manutenção dos espaços confinados existentes nos portos e embarcações (FUNDACENTRO, 2013).

A NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade aborda os ambientes confinados na programação do curso básico de Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade (FUNDACENTRO, 2013).

Devido ao número elevado de acidentes nos espaços confinados que ocorrem nas unidades de recebimento, armazenamento e beneficiamento de grãos, a NR-31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura, publicada em março de 2005, também define medidas de

segurança para reduzir os riscos nos trabalhos no interior dos silos, principalmente de explosões (FUNDACENTRO, 2013).

Como essas cinco NRs são direcionadas para setores econômicos específicos e espaços confinados são encontrados nas mais variadas atividades econômicas, fazia-se necessária a publicação de uma NR que abordasse o tema de forma mais pormenorizada e estruturada. A NR-33 – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados, publicada em dezembro de 2006, preencheu essa lacuna na legislação de SST (FUNDACENTRO, 2013).

No entanto, a sua compreensão ainda é limitada por parte dos empregadores, trabalhadores e profissionais da área de Segurança e Saúde no Trabalho, o que dificulta o adequado reconhecimento dos riscos e a adoção de medidas que garantam a entrada e o trabalho seguro nos espaços confinados, além da proteção ao meio ambiente, às comunidades vizinhas e ao patrimônio das empresas (FUNDACENTRO, 2013).

2.1 O QUE É ESPAÇO CONFINADO?

Segundo a NR-33, Espaço Confinado é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio (BRASIL, 2012).

2.2 QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEM UM ESPAÇO CONFINADO?

- O ambiente não prevê ocupação humana contínua;
- As aberturas para entrada e saída são restritas, limitadas, parcialmente obstruídas ou providas de obstáculos que impeçam a livre circulação dos trabalhadores;

- A movimentação no seu interior é, muitas vezes, difícil, podendo ocorrer o aprisionamento do trabalhador devido à complexidade da geometria, como planos inclinados, paredes convergentes, pisos lisos, seção reduzida e outras;
- A ventilação natural inexistente ou é deficiente;
- A ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes (gases, vapores, poeiras, névoas ou fumos);
- O percentual de oxigênio pode ser inferior ou superior aos limites legais;
- Poluentes tóxicos e inflamáveis e/ou explosivos podem ser encontrados no seu interior;
- Fontes de energia potencialmente nocivas podem estar presentes;
- O risco de ocorrência de acidente de trabalho ou de intoxicação é elevado (FUNDACENTRO, 2013).

Conforme mencionado, espaços confinados são encontrados nas mais variadas atividades econômicas. A entrada de trabalhadores em seu interior pode ocorrer para a realização de serviços de construção, instalação, comissionamento, manutenção, reparação, inspeção, limpeza, pintura e resgate (FUNDACENTRO, 2013).

Um espaço será caracterizado como confinado quando atendidos todos os requisitos previstos na sua definição (ver a tabela 1 – Caracterização de Espaços Confinados). Desta forma, um espaço será considerado como confinado quando não for destinado para ocupação humana contínua; quando possuir meios limitados de entrada e saída, havendo a possibilidade de formação de uma atmosfera de risco, seja quando fechado durante a preparação da entrada ou durante a entrada e trabalho, quer pela presença de contaminantes tóxicos, inflamáveis, pela redução do percentual de oxigênio ou enriquecimento de oxigênio (FUNDACENTRO, 2013).

Ressalta-se que durante a construção, o comissionamento, a reparação, manutenção e/ou execução de serviços, o ambiente não pode ser considerado como destinado à ocupação humana (FUNDACENTRO, 2013).

Tabela 1 - Caracterização de Espaços Confinados

O Local é destinado a ocupação humana contínua?	Possui meios restritos, limitados, parcialmente obstruídos ou providos de obstáculos na entrada e/ou saída?	Pode ocorrer uma atmosfera perigosa?	É um espaço confinado?
SIM	SIM	SIM	NÃO
SIM	SIM	NÃO	NÃO
SIM	NÃO	SIM	NÃO
SIM	NÃO	NÃO	NÃO
NÃO	SIM	SIM	SIM
NÃO	SIM	NÃO	NÃO
NÃO	NÃO	SIM	NÃO
NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: *Ministry of labour ontario occupational health and safety* (adaptado)

2.3 QUAIS SÃO OS RISCOS ASSOCIADOS AOS ESPAÇOS CONFINADOS?

Os riscos existentes ou gerados pela atividade são potencializados pela sua configuração, dificuldade para movimentação e trabalho no seu interior, ventilação natural deficiente ou inexistente e aberturas para entrada e saída restritas ou limitadas. Todos os fatores devem ser avaliados detalhadamente, levando-se em conta o efeito de um sobre o outro (FUNDACENTRO, 2013).

2.3.1 Riscos Físicos

Ruído, calor, radiações não ionizantes e umidade são encontrados com frequência nos espaços confinados.

O nível de pressão sonora muitas vezes provoca efeitos indesejáveis pela sua reflexão nas paredes e teto do espaço confinado.

O calor é intensificado pela circulação reduzida do ar, aquecimento de superfícies e equipamentos no interior do espaço confinado e radiação solar constante.

As radiações não ionizantes, como a infravermelha e a ultravioleta, estão presentes em intensidades elevadas nas operações de soldagem. O risco ao trabalhador é aumentado devido à dificuldade para instalar biombos.

A umidade ocorre devido à dificuldade para a retirada de líquidos do espaço confinado, cujo nível do piso é, muitas vezes, inferior ao nível do lençol freático, podendo encharcar o uniforme e as botas do trabalhador nas atividades realizadas em galerias, tanques, poços subterrâneos, praça de máquinas, entre outros (FUNDACENTRO, 2013).

2.3.2 Riscos Químicos

A presença de contaminantes e a deficiência de oxigênio (O_2) podem provocar a intoxicação, asfixia (simples ou química) e, eventualmente, a morte dos trabalhadores. Os contaminantes (aerodispersóides, gases ou vapores) podem ser gerados pelas substâncias armazenadas, pela decomposição de matéria orgânica, por vazamentos ou pela atividade desenvolvida no espaço confinado.

O uso de motores a combustão é proibido em espaços confinados, pois geram dióxido de carbono (asfixiantes simples) e monóxido de carbono (asfixiante químico), que podem formar uma atmosfera imediatamente Perigosa à Vida e à Saúde (IPVS), e a ventilação geral normalmente não é capaz de diluir os contaminantes gerados em grandes concentrações.

A oxidação normal de estruturas metálicas, a presença de bactérias, as operações que envolvam chamas abertas, a liberação ou formação de asfixiantes simples como o argônio, nitrogênio, metano e dióxido de carbono e o consumo de ar pelos trabalhadores dentro do espaço confinado são alguns dos processos que também diminuem o percentual de O_2 no seu interior.

A descontaminação do espaço confinado é crucial para a liberação dos trabalhos no seu interior (FUNDACENTRO, 2013).

2.3.3 Riscos Biológicos

Espaços confinados possuem condições propícias para a proliferação de micro-organismos e algumas espécies de animais em virtude da umidade alta, iluminação deficiente, água estagnada e presença de nutrientes. Ratos, morcegos, pombos e

outros animais que possuem acesso fácil a espaços confinados, e os utilizam como abrigo contra seus predadores, são vetores de doenças transmissíveis ou hospedeiros intermediários. Cobras, insetos e outros artrópodes podem provocar intoxicações e doenças. As poeiras presentes nos espaços confinados podem conter material biológico potencialmente patogênico, pela presença de excrementos, urina, saliva e demais fluidos orgânicos provenientes desses animais.

Vírus, bactérias e fungos podem provocar doenças, tais como:

- Hepatite - doença no fígado causada pelo vírus da hepatite;
- Tétano - doença causada pela bactéria *Clostridium tetani*, presente no solo, em fezes de animais ou humanas;
- Leptospirose - causada pela bactéria *Leptospira* presente na urina de ratos;
- Criptococose - causada pelo fungo *Cryptococcus neoformans*, presente nos excrementos de pombos;
- Histoplasmose - causada pelo fungo *Histoplasma capsulatum*, presente nos excrementos de morcegos;
- Raiva - causada pelo vírus presente na saliva de animais (FUNDACENTRO, 2013).

2.3.4 Riscos Ergonômicos

O acesso e a movimentação no espaço confinado são, muitas vezes, difíceis em razão do tamanho das aberturas de entrada e da sua geometria. A iluminação é geralmente deficiente e algumas atividades exigem esforços excessivos e posturas desconfortáveis (FUNDACENTRO, 2013).

2.3.5 Riscos Mecânicos

Os riscos mecânicos incluem trabalho em altura, instalações elétricas inadequadas, contato com superfícies aquecidas, maquinário sem proteção, impacto de ferramentas e materiais, inundação, superfícies inclinadas, desabamento e formação de atmosfera explosiva, que podem causar quedas, choques elétricos, queimaduras, aprisionamento e lesão em membro ou outra parte do corpo, afogamento, engolfamento, asfixia, incêndio e explosão (FUNDACENTRO, 2013).

2.3.6 Riscos Atmosféricos

Principal causa de acidentes em espaços confinados, segundo a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), os riscos atmosféricos devem ser preferencialmente eliminados antes da entrada e mantidos sob controle durante a permanência dos trabalhadores no interior dos espaços confinados. A concentração de contaminantes, a presença de inflamáveis e o percentual inadequado de oxigênio, seja por deficiência ou enriquecimento, são riscos atmosféricos que podem provocar intoxicação e asfixia dos trabalhadores ou a formação de uma atmosfera inflamável/explosiva (FUNDACENTRO, 2013).

Para avaliar adequadamente os riscos atmosféricos, é necessário conhecer:

- A classificação da ação fisiológica da substância;
- O Limite de Exposição (LE);
- O valor Imediatamente Perigoso à Vida e à Saúde (IPVS);
- O limiar de odor;
- A densidade;
- Os Limites Inferior e Superior de Explosividade (LIE e LSE);
- O ponto de fulgor;
- A temperatura de autoignição; e,
- A Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) (FUNDACENTRO, 2013).

Vários gases podem estar presentes nos espaços confinados. O metano (CH_4), formado pela decomposição de resíduos orgânicos, é um gás inflamável e asfixiante simples. Em altas concentrações, desloca o oxigênio do ar existente no espaço confinado. O gás sulfídrico ou sulfeto de hidrogênio (H_2S), formado em processos de biodegradação da matéria orgânica, é um gás tóxico, asfixiante químico e inflamável.

O monóxido de carbono (CO), formado pela queima em presença de pouco oxigênio (combustão incompleta) e/ou alta temperatura de carvão ou outros materiais ricos em carbono, é um gás altamente tóxico e inflamável. Possui grande afinidade pela hemoglobina do sangue, impedindo a oxigenação dos tecidos. Isto pode levar à

morte por asfixia química. Já o dióxido de carbono (CO_2) é um asfixiante simples e, apesar de deslocar o oxigênio em altas concentrações, possui valor IPVS.

Gases como H_2S e CO só podem ser medidos através de sensores dedicados de gás sulfídrico e monóxido de carbono. A configuração padrão para instrumentos medidores de múltiplos gases (multigás) é composta por quatro sensores, sendo um sensor de oxigênio, com alarmes para deficiência (19,5% em volume) e enriquecimento (23% em volume); um sensor de explosividade com alarme a 10% do Limite Inferior de Exclusividade (LIE); um sensor de CO e um de H_2S . Os alarmes de H_2S e CO podem ser ajustados para o Limite de Tolerância (LT) ou para o nível de ação (metade do LT). A configuração padrão contempla os gases encontrados com maior frequência em espaços confinados, mas não dispensa, em hipótese alguma, um estudo aprofundado dos riscos atmosféricos para seleção dos sensores adequados para cada caso (FUNDACENTRO, 2013).

O *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH, 1979) desenvolveu um esquema de classificação para atmosferas perigosas em espaços confinados, o qual é baseado na quantidade de O_2 no ar, nas características de explosividade dos gases ou vapor e na concentração de substâncias tóxicas que podem estar presentes no espaço confinado. A tabela 2 facilita o entendimento.

Um particular espaço confinado é classificado como sendo classe A, B ou C em função das suas condições mais perigosas. Essa classificação é útil, pois fornece informações importantes tanto para o trabalho como para os procedimentos de resgate.

Tabela 2 - Classificação de Espaços Confinados

Características		
Classe A	Classe B	Classe C
Atmosfera IPVS	Perigoso, mas não é IPVS	Risco Potencial
Oxigênio		
$\leq 16\%$ (122 mmHg) ou $\geq 25\%$ (190 mmHg)	16,1-19,4% (122-147 mmHg) ou 21,5-25% (163-190 mmHg)	19,5-21,4% (148-163 mmHg)
Explosividade		
20% ou $\geq$ do LIE	10-19% do LIE	10% do LIE ou menor
Toxicidade		
IPVS	$\geq$ nível de contaminação, ref CFR item 1910 sub item IPVS	$\leq$ nível de contaminação, ref CFR item 1910 sub item IPVS

Fonte: Possebon, 2011

2.4 QUAIS SÃO OS REQUISITOS LEGAIS EM MATÉRIA DE ENTRADA EM ESPAÇO CONFINADO?

Cabe ao empregador indicar, por escrito, um Responsável Técnico pelo cumprimento da NR-33. Trata-se de um profissional habilitado para identificar os espaços confinados e elaborar as medidas técnicas de prevenção, administrativas, pessoal, de emergência e resgate. Ele deve ter conhecimento e experiência no assunto, conhecer os espaços confinados existentes na empresa e os seus respectivos riscos, ter capacidade para trabalhar em grupo e tomar decisões.

As atribuições do Responsável Técnico incluem, entre outras: identificar os espaços confinados; elaborar e coordenar a gestão de segurança e saúde; definir medidas para isolamento e sinalização; estabelecimento de critérios para seleção e uso de todos os tipos de equipamentos e instrumentos, bem como a avaliação periódica do programa para trabalho em espaços confinados. Para cumprir suas atribuições legais, o Responsável Técnico deve possuir autoridade para propor e executar

ações que evitem a ocorrência de acidentes, devendo a empresa disponibilizar recursos humanos, materiais e financeiros para este fim (FUNDACENTRO, 2013).

Cabe ao trabalhador colaborar com a empresa no cumprimento da NR-33, participando da gestão de segurança e saúde dos espaços confinados, submetendo-se a exames médicos específicos, participando dos programas de capacitação e utilizando os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) oferecidos pelo empregador.

Também é seu dever comunicar ao vigia e ao supervisor de entrada as situações de risco para sua segurança e saúde ou de terceiros, que sejam do seu conhecimento; além de cumprir os procedimentos e orientações recebidos nos treinamentos com relação aos espaços confinados (FUNDACENTRO, 2013).

2.5 QUAIS SÃO AS MEDIDAS A SEREM EXECUTADAS EM CASO DE EMERGÊNCIA?

Acidentes em espaços confinados exigem resposta eficaz, tendo em vista que o resgate, nesses casos, é realizado em condições adversas e demanda agilidade. Por isso, é indispensável uma adequada identificação e avaliação prévia dos riscos. O prévio conhecimento da configuração, tamanho e tipos de acessos ao espaço confinado dos equipamentos de movimentação, resgate, ventilação, comunicação e proteção respiratória são fundamentais para a correta seleção dos métodos de resgate.

Em caso de risco de incêndio, impõe-se a elaboração de Plano de Emergência e constituição de uma Brigada de Incêndio, de acordo com o estabelecido na NBR 15219:2005 e NBR 14276:2006. O sucesso na implementação dos procedimentos de emergência e resgate está diretamente relacionado à sua correta elaboração (FUNDACENTRO, 2013).

2.6 O QUE PROCURAR EM UMA AVALIAÇÃO DE RISCOS?

Ao realizar uma avaliação de risco, é importante garantir que todos os riscos associados aos perigos acima sejam avaliados e controlados. Para isso, as seguintes perguntas devem ser feitas:

O que poderia estar dentro do espaço que possa constituir um risco?

- Conteúdo?
- Deficiência de oxigênio?
- Conteúdo anterior?
- Enriquecimento de oxigênio?
- Resíduos?
- Estrutura e layout?
- Contaminação?

O que vai ser criado devido ao trabalho realizado no espaço?

- Fontes de ignição?
- Substâncias inflamáveis?

O que é externo ao espaço, que pode representar um risco durante o trabalho proposto?

- Isolamento inadequado?
- Inadvertido funcionamento de máquinas ou sistemas?
- Atividades de trabalho nas proximidades?

(FUNDACENTRO, 2013).

2.7 EXISTEM EXCEÇÕES À SEGURANÇA, SAÚDE E BEM-ESTAR (ESPAÇOS CONFINADOS)?

Segundo a HSA sim. Os regulamentos não se aplicam a qualquer lugar abaixo do solo em uma mina (como definido pela minas e pedreiras Act 1965) ou para quaisquer operações de mergulho (HSA, 2001).

2.8 QUAIS SÃO OS ELEMENTOS CHAVE DE UM SISTEMA DE TRABALHO SEGURO PARA UM ESPAÇO CONFINADO ?

Para um trabalho seguro em espaço confinado, recomenda-se a leitura na íntegra das normas NR-33 e NBR 14787:2001.

Abaixo, são apresentadas algumas das medidas preventivas a serem utilizadas em espaços confinados

2.8.1 Antes de iniciar qualquer atividade em espaço confinado

Antes de iniciar qualquer atividade em um ambiente classificado como espaço confinado, é importante analisar a possibilidade de execução do trabalho de forma segura pelo lado de fora do espaço confinado. Desta forma, serão evitadas entradas desnecessárias.

2.8.2 Período do dia para executar os trabalhos

Os trabalhos em espaços confinados devem ser executados, na medida do possível, durante o dia, evitando trabalhos noturnos.

2.8.3 Sinalização

A sinalização e identificação do espaço confinado evita que pessoas não autorizadas adentrem neste local. A figura 1 exemplifica um modelo de sinalização proposto pela NR-33 - anexo I - Sinalização. A sinalização deverá ser fixada o mais próximo possível da tampa ou porta de acesso ao espaço confinado.

A tampa ou porta de acesso ao espaço confinado deverá ser mantida fechada, sendo aberta somente quando da necessidade de execução de trabalhos em seu interior (TREVISAN, 2010).



Figura 1 - Modelo de sinalização

Fonte: Brasil, 2012

2.8.4 Bloqueio e travamento de equipamentos

Todas as fontes de energia, sejam elas mecânicas, hidráulicas, pneumáticas ou elétricas, deverão ser controladas de tal forma que não apresentem riscos aos trabalhadores que adentram no espaço confinado (TREVISAN, 2010).

Para cada forma de energia, existe uma ou mais técnicas conhecidas para controlá-la. No caso de energia mecânica, poderão ser utilizadas travas como: correntes, cabos de aço, cavaletes, batentes mecânicos, suportes ou outros dispositivos que garantam que partes móveis de máquinas não se movimentem, atingindo o trabalhador (TREVISAN, 2010).

O alívio da pressão do sistema deverá ser adotado em sistemas hidráulicos e pneumáticos, seguido do travamento dos registros e válvulas e, quando possível, proceder a abertura das linhas.

Após o bloqueio do equipamento, é necessário travá-lo. Como exemplo, a figura 2 mostra uma das inúmeras maneiras de travar um registro de uma linha pneumática (TREVISAN, 2010).

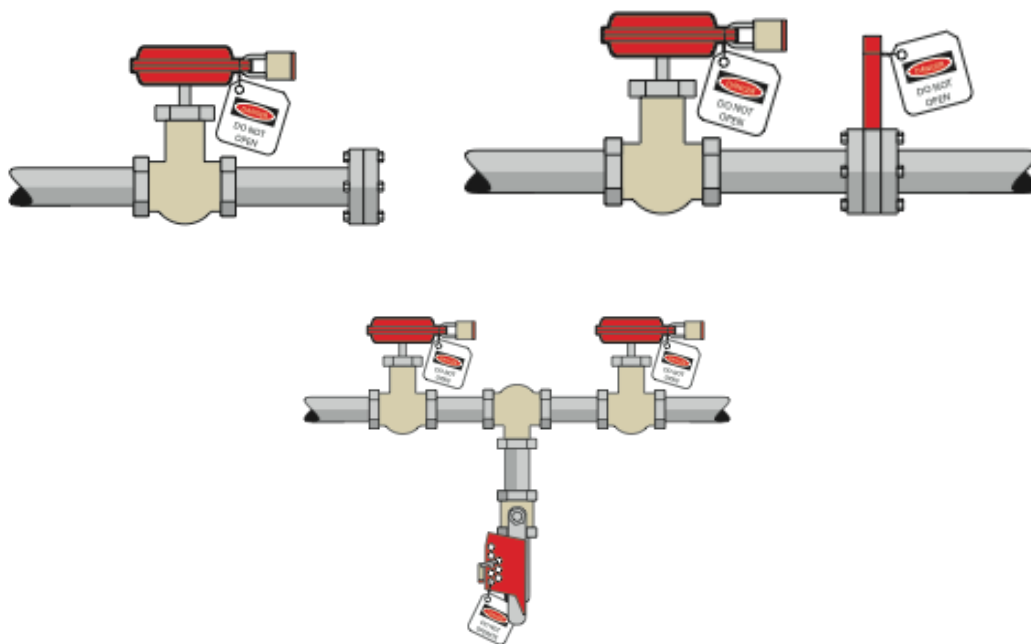


Figura 2 - Exemplos de travamento de registros de linha de fluidos

Fonte: *Confined spaces code of practice - February 2014 - Safe Work Australia - p.23*

No caso de fonte de energia elétrica, deverão ser seguidos os procedimentos de segurança conforme a NR-10.

Hoje em dia, os equipamentos elétricos, tais como chaves seccionadoras, disjuntores, cabines de média ou alta tensão possuem locais específicos para seu devido bloqueio e travamento. A figura 3 ilustra alguns tipos de travamentos disponíveis no mercado.

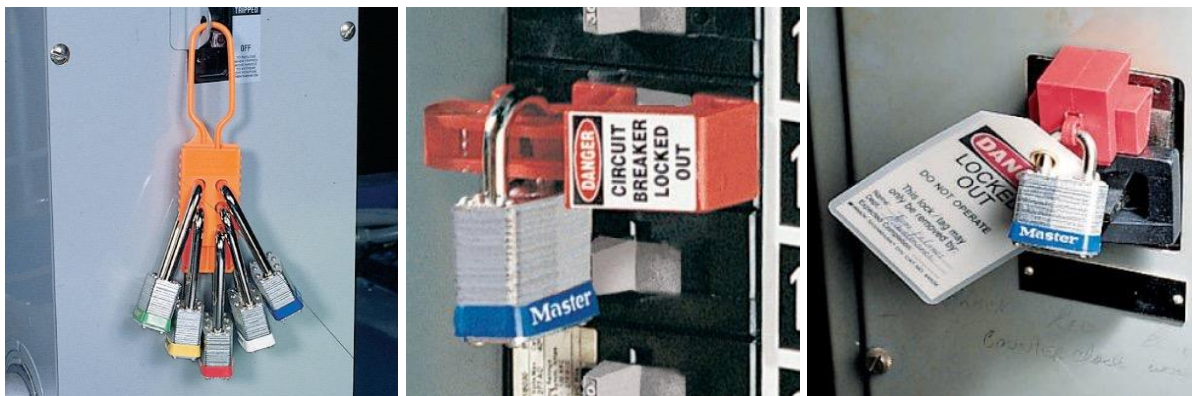


Figura 3 - Exemplos de travamento de equipamentos elétricos

Fonte: SETON, 2015

2.8.5 Lacramento

Após o travamento, estes deverão ser lacrados, evitando, assim, que um trabalhador inadvertidamente venha, por exemplo, abrir um registro ou religar um disjuntor.

Segundo a NR-33, lacres são braçadeiras ou outro dispositivo que precise ser rompido para abrir um equipamento.

No mercado, é possível encontrar vários tipos de lacres, desde simples presilhas plásticas, cadeados comuns, até mesmo um sistema de trava para múltiplos cadeados conforme pode ser visualizado na figura 4 (TREVISAN, 2010).



Figura 4 - Exemplo de trava para múltiplos cadeados

Fonte: *Confined spaces code of practice - February 2014 - Safe Work Australia - p.22*

Este tipo de trava somente pode ser aberto após a retirada de todos os cadeados. No exemplo, são seis cadeados e cada um deles fica sob a responsabilidade de trabalhadores de diversas áreas envolvidas, ou seja, esse equipamento somente será operado após o consentimento de todos os envolvidos (TREVISAN, 2010).

2.8.6 Etiquetagem

Conforme a NR-33, etiquetagem é a colocação de rótulo num dispositivo isolador de energia para indicar que o dispositivo e o equipamento a ser controlado não podem ser utilizados até a sua remoção.

A figura 5 ilustra um exemplo típico de aplicação do uso de etiqueta e cadeado em linha de fluido (TREVISAN, 2010).

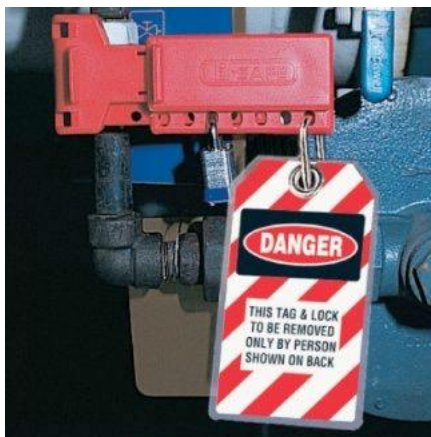


Figura 5 - Exemplo de utilização de etiqueta em uma válvula

Fonte: SETON, 2015

2.8.7 A abertura do acesso ao espaço confinado

Deverão ser eliminadas quaisquer condições que os tornem inseguros no momento anterior à remoção da tampa de acesso ao espaço confinado.

Para tornar o trabalho seguro, é necessário fazer o isolamento da área, controlando a entrada de pessoas relacionadas ao serviço.

Este tipo de isolamento pode ser feito, por exemplo, utilizando cones sinalizadores e fita de isolamento tipo zebra, bem como telas, grades, biombos entre outros.

É aconselhável que os cones sinalizadores para trabalhos noturnos em área externa sejam do tipo refletivo e, se possível, iluminados.

Nesse isolamento, deverá ser incluída sinalização conforme modelo proposto pela NR-33 - anexo I - Sinalização.

O objetivo do isolamento é manter as pessoas não envolvidas no trabalho fora da área de risco, principalmente quando os espaços estão localizados em vias públicas.

A figura 6 apresenta um exemplo de isolamento. Nota-se a presença dos cones sinalizadores, fita de isolamento e a sinalização conforme modelo de sinalização proposto pela NR-33 - anexo I - Sinalização.

A distância entre a tampa de acesso ao espaço confinado e o isolamento deverá ser tal que garanta que uma pessoa inadvertida não venha a sofrer acidente devido à abertura do espaço confinado (TREVISAN, 2010).



Figura 6 - Isolamento através de cones sinalizadores, fita e placa de aviso

Fonte: Fundacentro, 2009

2.8.8 Avaliação da atmosfera

Após a retirada da tampa de acesso e antes de entrar no espaço confinado, a atmosfera interna deverá ser avaliada com um instrumento medidor de múltiplos gases.

Esse instrumento deve permitir a leitura de contaminantes em tempo real, ser calibrado e testado antes de cada uso, ser adequado para áreas potencialmente explosivas, intrinsecamente seguro, protegido contra emissões eletromagnéticas ou interferências de radiofrequências.

Esse monitoramento tem o objetivo de medir as concentrações de oxigênio, gases e vapores inflamáveis e contaminantes do ar potencialmente tóxicos.

A NBR 14787:2001 identifica como condições para trabalhos em espaços confinados:

- Concentração de oxigênio: maior que 19,5% e menor que 23%;

- Presença de combustíveis: menor que 10% do LIE;
- Presença de gases tóxicos: monóxido de carbono (LT < 35 ppm) ou outros produtos perigosos existentes no espaço confinado (TREVISAN, 2010).

O medidor de gases da figura 7 é um instrumento portátil com a finalidade de monitoramento do ar em atmosferas de risco, capaz de detectar gás sulfídrico H_2S : 0 a 200 ppm; monóxido de carbono CO: 0 a 1000 ppm; oxigênio O_2 : 0 a 30%; gases combustíveis (LEL): 0 a 100% ou 0 a 5,0% metano com alarmes: baixo, alto, STEL e TWA.



Figura 7 - Exemplo de medidor de múltiplos gases

Fonte: Emporionet , 2015

Os cuidados na utilização de um instrumento de medição de múltiplo de gases são:

- Antes de cada uso, o trabalhador autorizado e treinado deverá fazer a calibração e o teste do instrumento (segundo a NBR 14787:2001, trabalhador autorizado é o representante com habilitação legal para entrar em um espaço confinado permitido);
- Checar se o nível de proteção do instrumento está de acordo com o espaço a ser adentrado;
- Nenhum trabalhador poderá adentrar no espaço confinado antes da medição;
- Devido às diferentes densidades existentes entre os gases, a medição deverá ser realizada em várias alturas, iniciando com o aparelho ou o sensor próximo à tampa, seguindo para altura intermediária e finalizando próximo ao piso do espaço confinado. Deverá haver um tempo para estabilização de cada leitura efetuada;

- Caso algum valor medido esteja fora das recomendações das normas vigentes, deverá ser executada a ventilação artificial;
- Após a execução da ventilação, refazer as medições
- Em casos de trabalho em atmosfera IPVS ou potencialmente capaz de atingir níveis de atmosfera IPVS, os trabalhadores deverão estar treinados e utilizar EPIs que garantam sua saúde e integridade física de acordo com o Programa de Proteção Respiratória (PPR) (TREVISAN, 2010).

A figura 8 mostra um trabalhador autorizado realizando as medições da atmosfera em diferentes níveis. Importante: o trabalhador deverá ficar fora do espaço confinado.

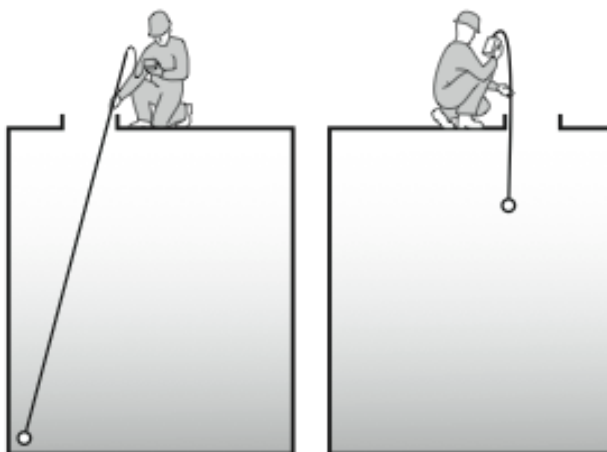


Figura 8 - Exemplo de como se deve realizar as medições de gases

Fonte: *Confined Spaces Code of Practice - February 2014 - Safe Work Australia* - p.17

2.8.8 Ventilação artificial

De acordo com o anexo IV do Guia Técnico da NR-33 - Fundacentro, a ventilação mecânica é a medida mais eficiente para controlar atmosferas perigosas em virtude da presença de gases e vapores tóxicos e inflamáveis e deficiência de oxigênio. Além de renovar o ar, auxilia no controle do calor e da umidade no interior dos espaços confinados.

A ventilação natural não apresenta resultado satisfatório devido às seguintes características:

- Intensa variabilidade da velocidade e vazão do ar;

- Dificuldade de controle do direcionamento do ar;
- Frequência irregular do efeito dos ventos;
- Deficiente circulação de ar pelo reduzido número e tamanho das aberturas da maioria dos espaços confinados;
- Inadequada diferença de altura entre as entradas e saídas do ar do espaço confinado.

Um bom sistema de ventilação deve garantir que o ar flua para dentro e para fora do espaço confinado, através da insuflação, exaustão ou uma combinação dos dois sistemas. A utilização simultânea de ventilador insuflador e ventilador exaustor é mais eficiente. A movimentação forçada do ar pode ser feita com ventiladores centrífugos, axiais ou reatores, edutores do tipo Venturi e ar comprimido. Os dois primeiros são os mais utilizados.

A seguir, algumas recomendações de como a ventilação artificial deve ser empregada:

- Para gases e vapores mais pesados do que o ar, devem ser captados pelas aberturas existentes na parte inferior do espaço confinado, enquanto que o ar de reposição deve ser insuflado pelas aberturas existentes na parte superior do espaço confinado. A figura 9 ilustra essa condição.

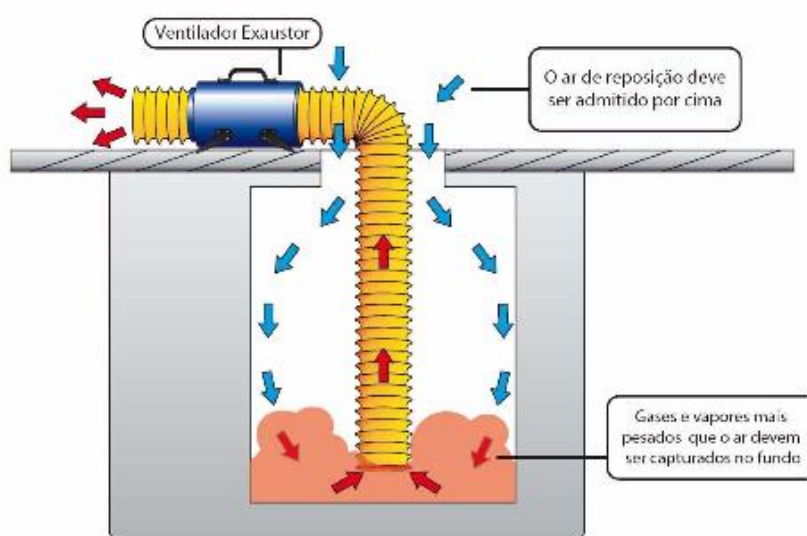


Figura 9 - Sistema de ventilação de gases mais pesados que o ar por exaustão

Fonte: Fundacentro, 2013

- Para gases e vapores mais leves do que o ar, o processo de captação e reposição do ar deve ocorrer de forma inversa. A figura 10 ilustra essa situação.

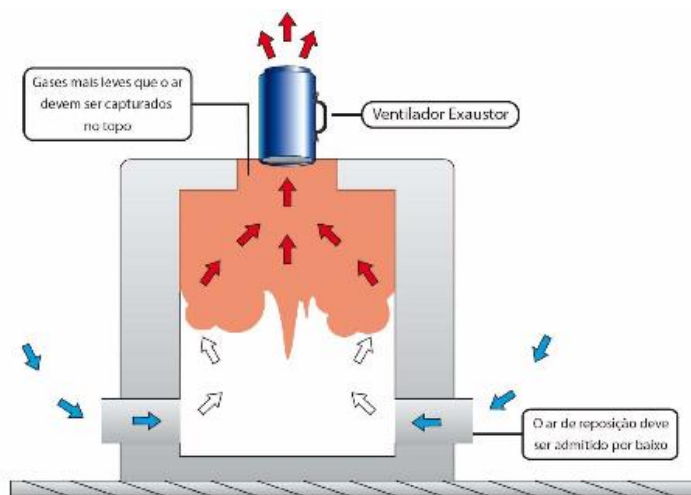


Figura 10 - Sistema de ventilação da gases mais leves que o ar por exaustão

Fonte: Fundacentro, 2013

- Quando se deseja algo específico como, por exemplo, o trabalho de solda em espaço confinado, a ventilação local exaustora oferece ótimos resultados para captação de contaminantes próximos ao local onde são liberados ou formados os fumos e poeiras gerados no processo de soldagem e/ou corte e lixamento. A distância excessiva entre o local de geração e o de captura dos contaminantes reduz significativamente a eficiência da ventilação local exaustora. A figura 11 é um bom exemplo a ser seguido.

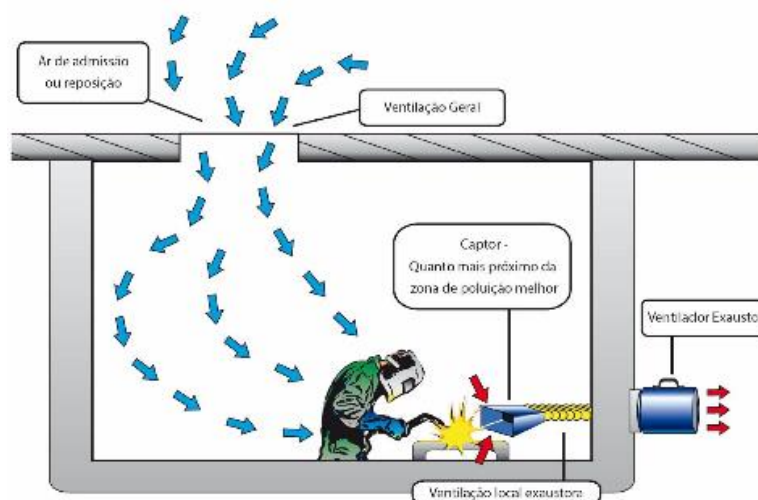


Figura 11 - Ventilação local exaustora em espaço confinado

Fonte: Fundacentro, 2013

- Um outro artifício utilizado é a chamada purga, que é o processo pelo qual um espaço é inicialmente limpo através do deslocamento da atmosfera com ar, vapor ou gás inerte (N_2 ou CO_2). Pode ser utilizada para a descontaminação da atmosfera. A purga pode provocar a formação de uma atmosfera IPVS, exigindo a utilização de máscara autônoma de demanda com pressão positiva ou um respirador de linha de ar comprimido, com cilindro auxiliar para adentrar o espaço confinado. A posição das aberturas de entrada e saída deve garantir um adequado direcionamento do fluxo do ar e a ventilação de todo o espaço confinado, evitando a recirculação do ar e formação de “curto-circuito” (o ar entra e sai do espaço confinado sem ventilar grande parte do seu volume e pode retornar ao espaço confinado pela adução ilustrado pela figura 12). Para solucionar esse problema, uma alternativa é a instalação de um mangote flexível na adução conforme exemplificado na figura 13.

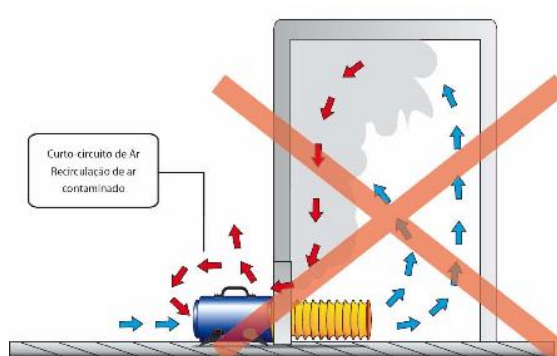


Figura 12 - Sistema de ventilação por insuflação - Curto-circuito de ar.

Fonte: Fundacentro, 2013

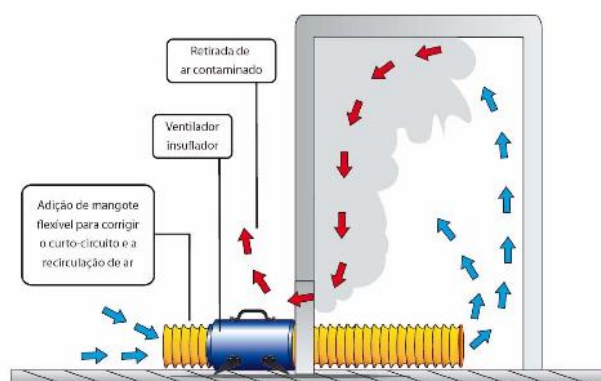


Figura 13 - Sistema de ventilação por insuflação - Correção de curto-circuito de ar.

Fonte: Fundacentro, 2013

- A purga também pode ser por exaustão. Nesse caso, devemos tomar o cuidado para que o circuito não seja limitado ou reduzido, ou seja, o ar que entra deve percorrer o maior caminho dentro do espaço confinado para que a retirada dos contaminantes seja eficiente, e para que o trabalhador fique atento na saída do ar contaminado. A figura 14 demonstra isso. A correção pode ser realizada conforme a figura 15.

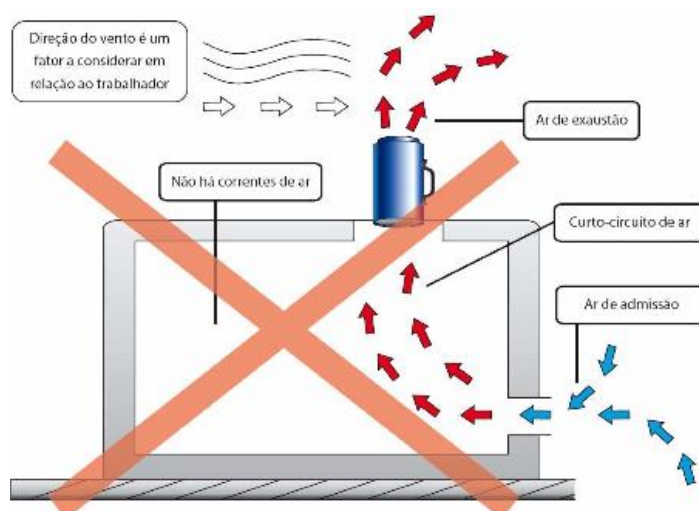


Figura 14 - Sistema de ventilação por exaustão - Curto-circuito de ar.

Fonte: Fundacentro, 2013

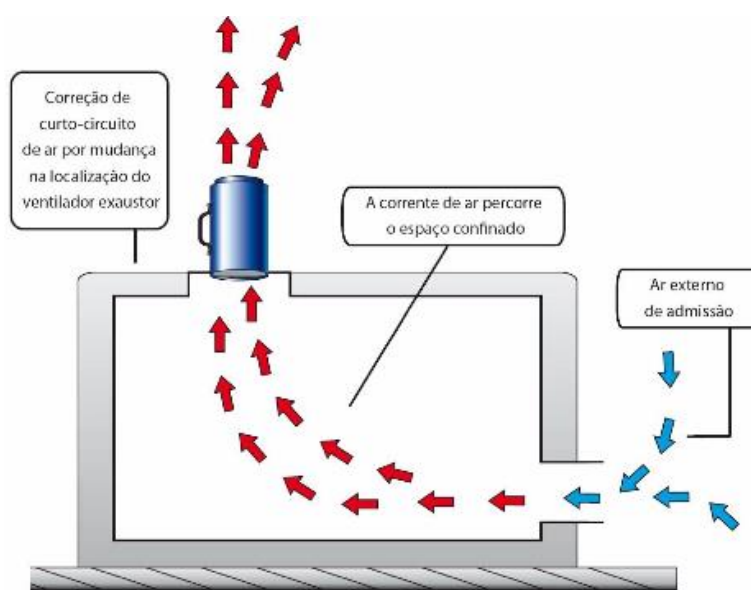


Figura 15 - Sistema de ventilação por exaustão - Correção de curto-circuito de ar.

Fonte: Fundacentro, 2013

- Outra possibilidade de curto-circuito no sistema de exaustão é o ar que sai retornar para o espaço confinado conforme ilustrado na figura 16. Para corrigir esse problema, deve-se utilizar mangote flexível conforme mostrado na figura 17.

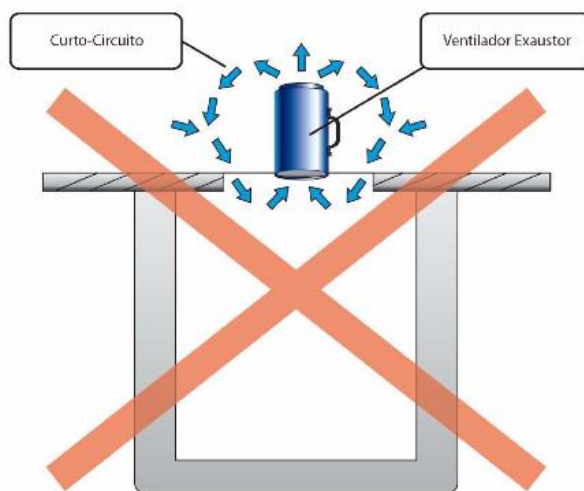


Figura 16 - Sistema de ventilação por exaustão - Curto-circuito de ar junto ao ventilador (adaptado)

Fonte: Fundacentro, 2013

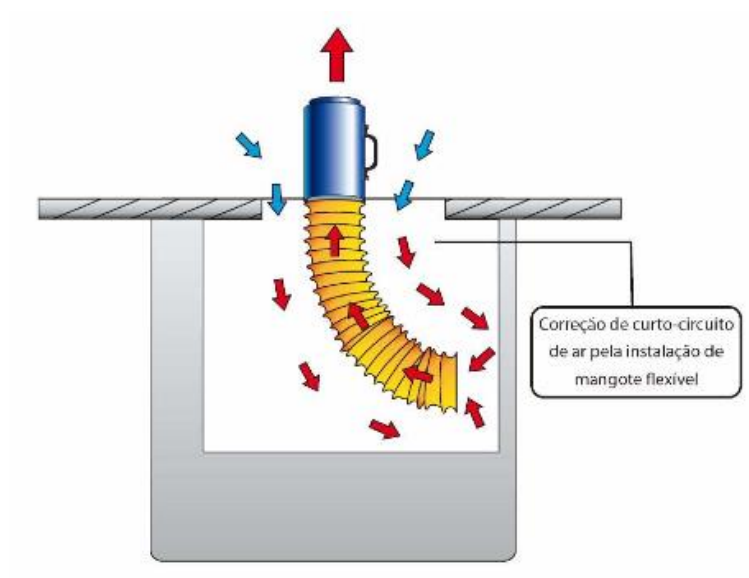


Figura 17 - Sistema de ventilação por exaustão - Correção de curto-circuito de ar junto ao ventilador (adaptado)

Fonte: Fundacentro, 2013

- Quando o espaço confinado possuir apenas uma abertura, utilizar duto com diâmetro que não obstrua a saída e permita a rápida saída dos trabalhadores;

- Máquinas e equipamentos com motores à combustão interna devem ser afastados das aberturas e dos pontos de captação do ar a ser insuflado para o interior do espaço confinado;
- A captação de ar deve sempre ser realizada em local limpo e devidamente afastado de fontes poluentes. Pode ser utilizado o recurso de se aumentar a distância para captação de ar limpo através do aumento do comprimento do mangote flexível.

2.9 O QUE É UMA PERMISSÃO DE ENTRADA E TRABALHO?

A Permissão de Entrada e Trabalho (PET) é o documento escrito contendo o conjunto de medidas de controle visando à entrada e ao desenvolvimento de trabalho seguro, além de medidas de emergência e resgate em espaços confinados.

Este documento deve ser emitido pelo supervisor de entrada antes do início das atividades. A PET é válida somente para cada entrada.

As normas NR-33 e NBR 14787:2001 trazem modelos de caráter informativo para a elaboração da PET em espaço confinado.

O modelo da NR-33 (Anexo I) é mais completo que o da NBR 14787:2001, pois exige que os aparelhos elétricos e eletrônicos utilizados em trabalhos em áreas potencialmente explosivas sejam aprovados e certificados por um organismo de certificação credenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Resumidamente, os principais campos a serem preenchidos na PET são: o objetivo da entrada; a data e duração da autorização da PET; os trabalhadores autorizados a entrar num espaço confinado, sendo estes relacionados e identificados pelo nome e pela função que irão desempenhar; assinatura e identificação do supervisor que autorizou a entrada; riscos do espaço confinado a ser adentrado; medidas usadas para isolar a área e para eliminar ou controlar os riscos existentes (TREVISAN, 2010).

2.10 ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES EM ESPAÇOS CONFINADOS

No Brasil não há estatísticas oficiais, porém, a disseminação das ocorrências através dos meios de comunicação facilita o acesso a essas informações. Em contrapartida, o NIOSH (1994) possui o programa *Fatality Assessment and Control Evaluation* (FACE), desde 1982, que já identificou e investigou mortes em ambiente de trabalho relacionados a espaços confinados (POSSEBON, 2011).

Tabela 3 - Acidentes Fatais por Tipo de Atividade de 1983 a 1993 nos USA

Atividade	Número de Acidentes	%
Construção	25	22,93
Administração Publica	22	20,18
Fabricação	21	19,27
Agricultura- Pesca	19	17,43
Transporte/Utilidades	12	11,01
Serviços	8	7,34
Comércio	2	1,83

Fonte: Possebon, 2011

Tabela 4 - Acidentes Fatais por Tipo de Entrada de 1983 a 1993 nos USA

Atividade	Número Acidentes	%
Tanques	31	28,44
Rede de Esgoto	27	24,77,
Buraco / Digestor	26	23,85
Poço	8	7,34
Silo / Caixa	7	6,42
Túneis de Utilidade	4	3,68
Tanque Carreta	3	2,75
Túnel / Tubulação	3	1,83

Fonte: Possebon, 2011

2.11 PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2030

De acordo com Plano Nacional de Energia 2030 da EPE, entre as diversas formas de produção de energia elétrica, a hidreletricidade é a que apresenta a maior eficiência no processo de conversão. As perdas estão concentradas, basicamente, nos circuitos hidráulicos e no grupo turbina-gerador, que já têm, hoje, rendimento superior a 92%. Na transmissão de energia, o panorama também não é muito diferente. Atualmente, as perdas médias na alta tensão não excedem a 4% do volume de energia transmitida. Isso não quer dizer que não haja desafios tecnológicos a serem superados tanto na geração hidrelétrica quanto na transmissão.

Esses desafios contemplam não apenas a definição de equipamentos que reduzam ainda mais as perdas, mas, também, que reduzam o impacto ambiental e, ainda, garantam a segurança dos trabalhadores.

2.12 NOVA ERA DE GERAÇÃO HIDRELÉTRICA NA AMAZÔNIA

A morfologia da região amazônica, onde se concentra a maior parte do potencial hidrelétrico brasileiro a aproveitar, sugere usinas hidrelétricas de baixa queda e elevada vazão turbinada. Isso significa a aplicação de turbinas Bulbo, pouco comuns no sistema brasileiro, e, ainda, potências unitárias elevadas para esse tipo de turbina (EPE, 2006-2007).

Turbinas Bulbo parecem ser as mais adequadas para vários aproveitamentos na Amazônia brasileira, onde há baixa queda e grande fluxo de água. Esses equipamentos são movidos pela força da vazão local e não pela força da queda da água, como acontece com os tipos de turbinas utilizados em usinas como Itaipu (PR), Foz do Areia (PR), Três Marias (MG), São Simão (GO), além de outras.

Por serem tipicamente turbinas de fluxo, com gerador incorporado, sua utilização reduz o tamanho da área alagada para a formação do reservatório. Usinas com essas características são chamadas de usinas a fio d'água (EPE, 2006-2007).

Na figura 18 podemos ver um exemplo do perfil hidráulico na turbina Bulbo.

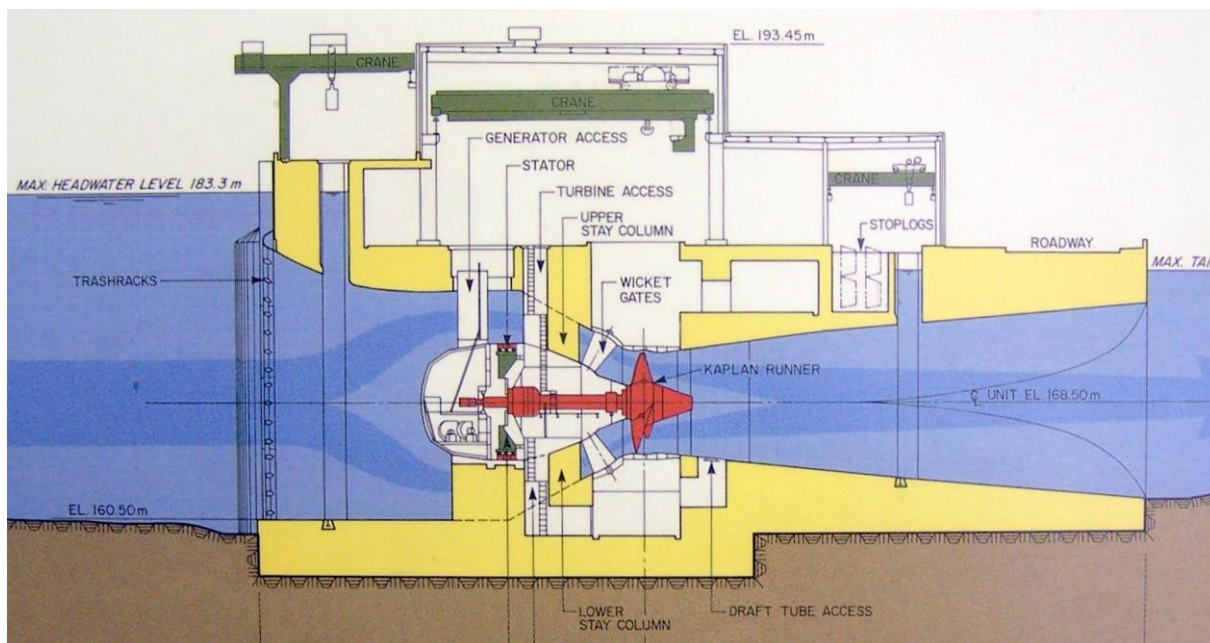


Figura 18 - Exemplo de usina com turbina tipo Bulbo

Fonte : <<http://olymp.hydroschool.ru/info/articles/29/>> acesso 10 fev 2015

A figura 19 mostra um exemplo de circuito hidráulico na turbina Francis.

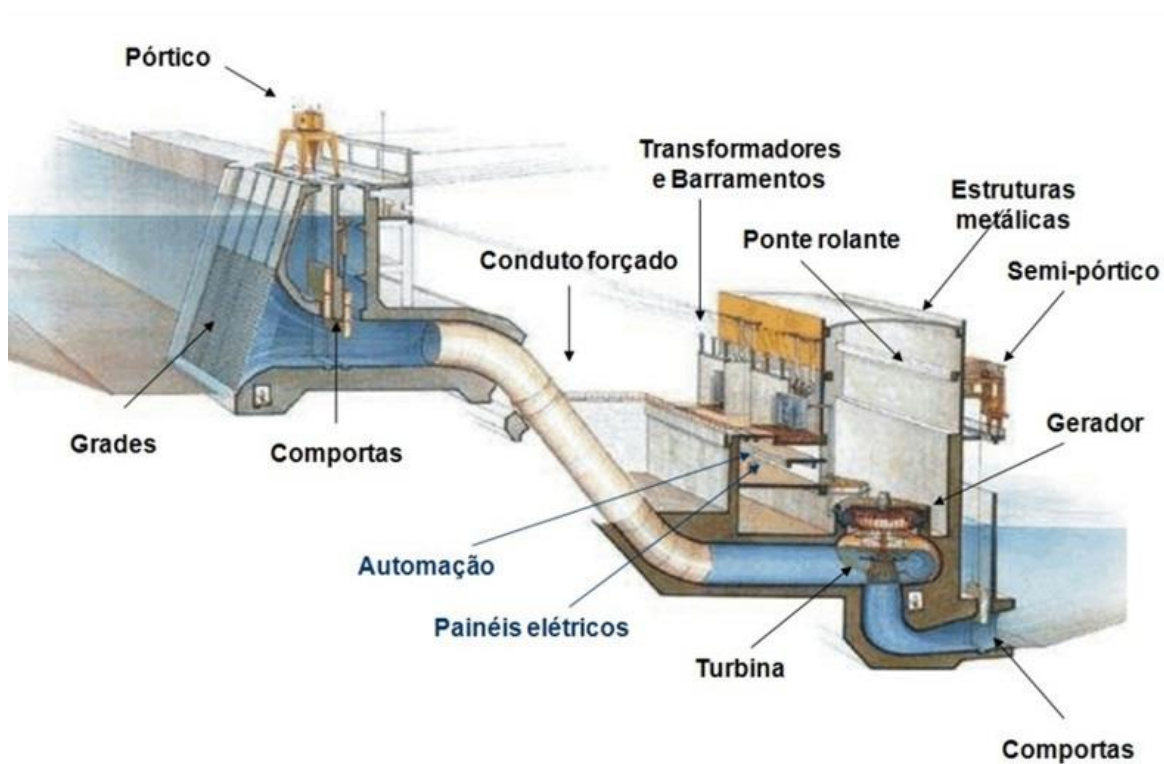


Figura 19 - Exemplo de usina com turbina Francis

Fonte : INEPAR , 2015

Na comparação das duas figuras, é possível notar a diferença de uma usina com turbina do tipo Bulbo em relação à usina de grande queda e com reservatório de acúmulo.

Outro fator a considerar é a área alagada entre um tipo de usina e outra, principalmente na região amazônica. Conforme mencionado, na usina com turbina tipo Bulbo não se cria grande reservatório. No outro tipo de usina, a criação de reservatório é necessária.

A figura 20 é uma foto aérea da Usina de Santo Antônio, no Rio Madeira, em operação onde podemos ver ao fundo da imagem a silhueta do rio, ou seja, o seu curso natural é preservado.



Figura 20 - Vista aérea da usina de Santo Antônio, no Rio Madeira

Fonte: Arquivo pessoal, 2011

A figura 21 é uma foto de satélite do reservatório da Usina de Balbina, localizada a 200 km ao norte da cidade de Manaus (AM), e mostra a formação de um grande lago. Nota-se, na parte inferior da imagem, o curso natural do rio após passar pelas turbinas.



Figura 21 - Vista de satélite da usina de Balbina, no Rio Uatumã

Fonte: <<http://www.observabarragem.ippur.ufrj.br/barragens/5/balbina>> acesso 22 jan 2015

A tabela 5 apresenta a capacidade instalada (MW) em usinas brasileiras e o tamanho da área alagada em quilômetros quadrados. Nota-se que as usinas optaram pela utilização de turbinas tipo Bulbo, Jirau, Santo Antônio e Belo Monte, apresentam área alagada significativamente menor que as outras (Balbina e Tucuruí).

Tabela 5 - Usinas com suas Potências e Áreas Alagadas

Usina	Capacidade Instalada [MW]	Area Alagada [km2]
Jirau (RO)	3.750	258
Santo Antonio (RO)	3.500	345
Belo Monte (PA)	11.200	516
Balbina (AM)	250	2360
Tucuruí (PA)	8.300	2500

Fonte: <<http://www.observabarragem.ippur.ufrj.br/barragens>> . Acesso 22 jan. 2015 (adaptada)

Outro ponto importante a considerar é que a vazão nos rios amazônicos é, por vezes, tão grande que, mesmo em locais de baixa queda, a potência unitária tende a ser muito elevada. É o caso, por exemplo, das usinas de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira, em Rondônia, cujas características gerais são apresentadas na Tabela 6

Tabela 6 - Usinas hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau , rio Madeira

Item	Santo Antonio	Jirau
Queda líquida, m	13.9	15.9
Potência unitária, MW	71,6	75
Numero de unidades	50	50
Potência total, MW	3.580	3.750

Fonte: EPE, 2006/2007 (adaptada)

Em ambos os casos, a potência unitária é superior a 70 MW, o que indica um desafio tecnológico a ser enfrentado. De fato, as referências mundiais disponíveis

apontam uma potência máxima unitária de 65,8 MW, na usina de Tadami, no Japão conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 7 - Turbinas bulbo: projetos de referência

Usina	Localização	Queda líquida	Potência unitária
Tadami	Japão	20,7m	65,8 MW
Lingjintan	China	13,2m	34,0 MW
Hongjiang	China	27,3m	45,6 MW

Fonte: Hitachi, 2006

Por todos os fatos apresentados, percebe-se uma tendência em aumentar a utilização de turbinas tipo Bulbo no Brasil. Consequentemente, o espaço confinado na montagem de hidrelétricas, que era desconhecido, passará a fazer parte do cotidiano técnico das montadoras, tornando necessário o aperfeiçoamento dos procedimentos por meio do ciclo PDCA. Conforme o Plano Nacional de Energia 2030 da EPE, “a bacia do Amazonas possui o maior potencial hidrelétrico brasileiro, porém, é, também, a que apresenta as maiores restrições do ponto de vista ambiental. Nesta nota técnica, ficou indicado que o potencial hidrelétrico a aproveitar nessa bacia é de cerca de 106.000 MW. Excluindo o potencial remanescente não individualizado (28.000 MW), o potencial na bacia é avaliado em 77.058 MW”.

2.13 APRESENTAÇÃO DE UMA GRANDE TURBINA BULBO

A figura 22 é uma apresentação artística, criada em 3D, da turbina Bulbo pronta.

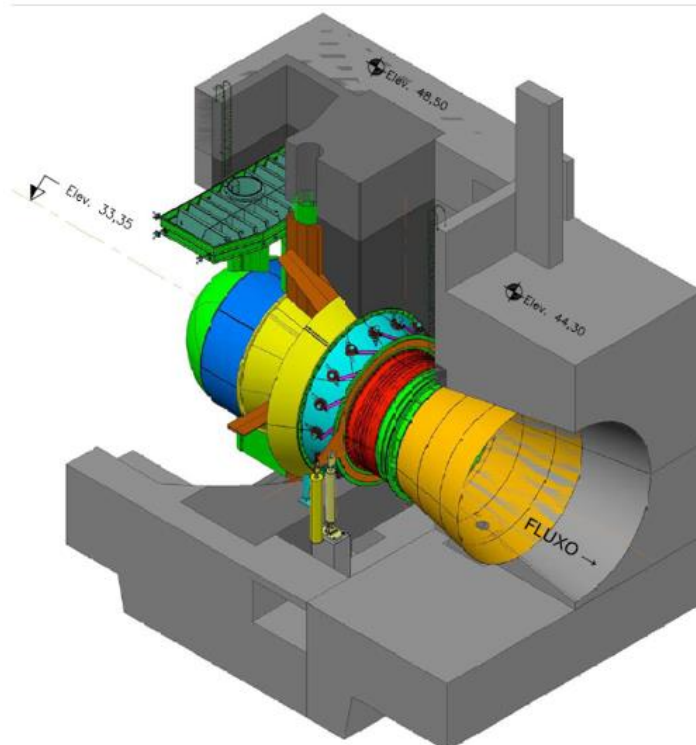


Figura 22 - Unidade Bulbo em 3D

Fonte: SAE, 2010

A figura 23 é o desenho de conjunto da unidade geradora

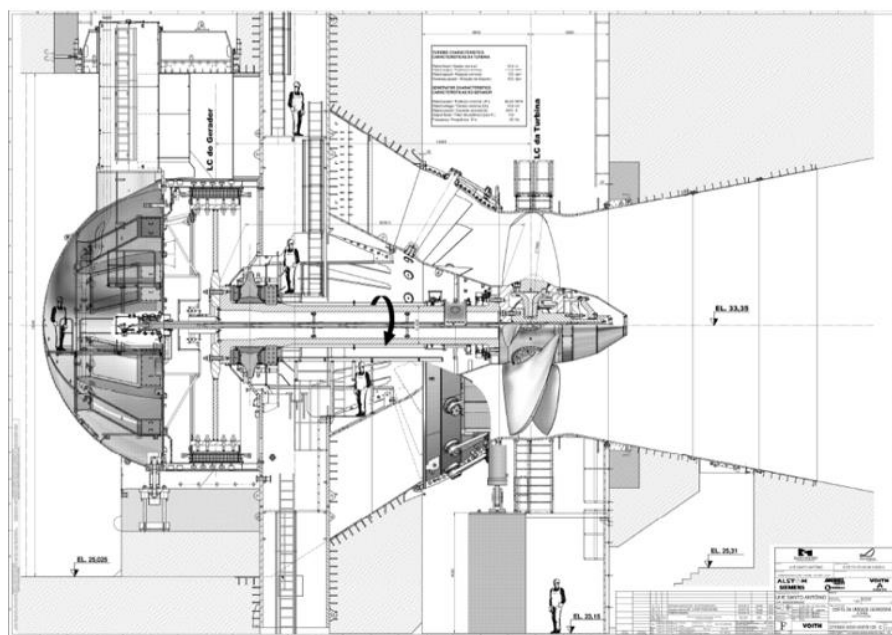


Figura 23 - Conjunto geral da unidade Bulbo

Fonte: GICOM, 2009

Como podemos verificar, seus componentes principais possuem dimensões entre 10 e 20 metros de diâmetro. A figura 24 ilustra a etapa de preparação da Roda Kaplan para descida no poço.

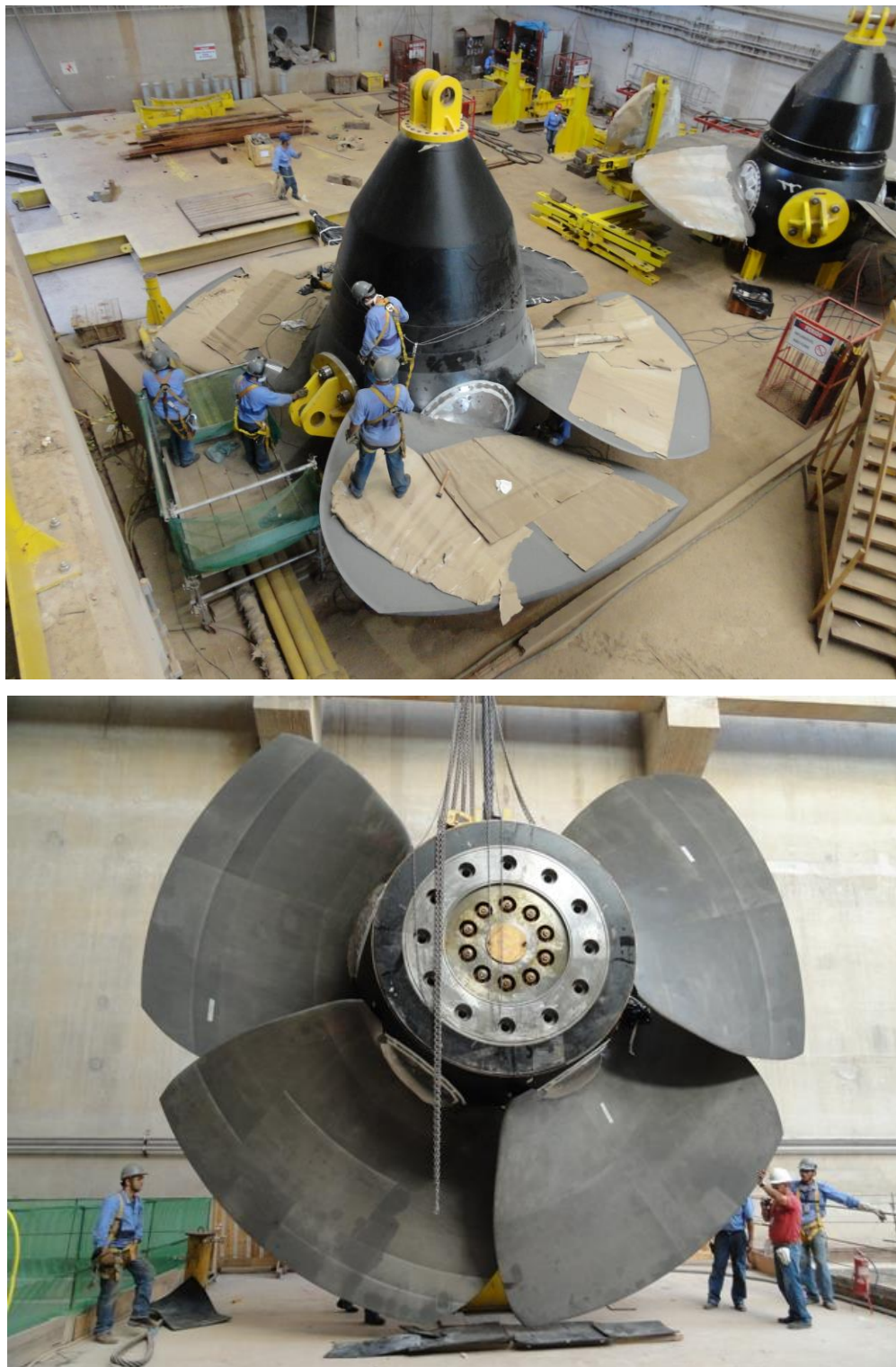


Figura 24 - Roda kaplan

Fonte: Arquivo pessoal, 2011

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo de caso busca mostrar a aplicação da NR-33 na fase de montagem de turbinas tipo Bulbo em uma hidrelétrica de grande porte localizada no Rio Madeira, no município de Porto Velho, estado de Rondônia.

A referida usina possui 50 unidades geradoras, constituídas pelo conjunto de turbina e gerador. No início da montagem das primeiras unidades os requisitos que preconiza a NR-33 não foram atendidos, em função de que o corpo técnico responsável pelo fornecimento e pela montagem das máquinas não tinham a real dimensão do que seria a montagem desse tipo de máquina, visto que a turbina tipo Bulbo era uma novidade para a grande maioria dos profissionais envolvidos no processo.

O efetivo médio de mão de obra no início da montagem era de 2.653 profissionais distribuídos em diferentes áreas.

O trabalho contou com a colaboração de colegas Engenheiros de Segurança do Trabalho do empreendimento analisado e de outras usinas similares para a coleta de informações, discussões, análise e avaliações dos procedimentos de segurança adotados. Por tratar-se de documentos internos, o nome das empresas não será mencionado nesse trabalho.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS CONFINADOS

O primeiro passo foi a identificação das áreas caracterizadas como espaço confinado. Uma vez que a máquina é montada em partes, os espaços confinados vão se caracterizando durante a montagem. Por exemplo: o tubo de sucção, duto que conduz a água que sai da turbina, se torna um espaço confinado a partir do momento em que a roda Kaplan é posicionada e a comporta ensecadeira de jusante instalada.

No caso analisado, quatro áreas foram identificadas espaços confinados conforme preconiza a NR-33. Na figura 25, é possível verificar as áreas identificadas como espaços confinados, que são:

- Área 1 - é a região à montante da máquina, que compreende a ensecadeira da tomada d'água e o exterior do *Bulb Nose*;
- Área 2 - é o interior do *Bulb Nose*, onde se localizam os trocadores de calor do gerador;
- Área 3 - é a região do gerador, dos mancais e do eixo;
- Área 4 - é a região à jusante, ou seja, a roda Kaplan e a sucção.

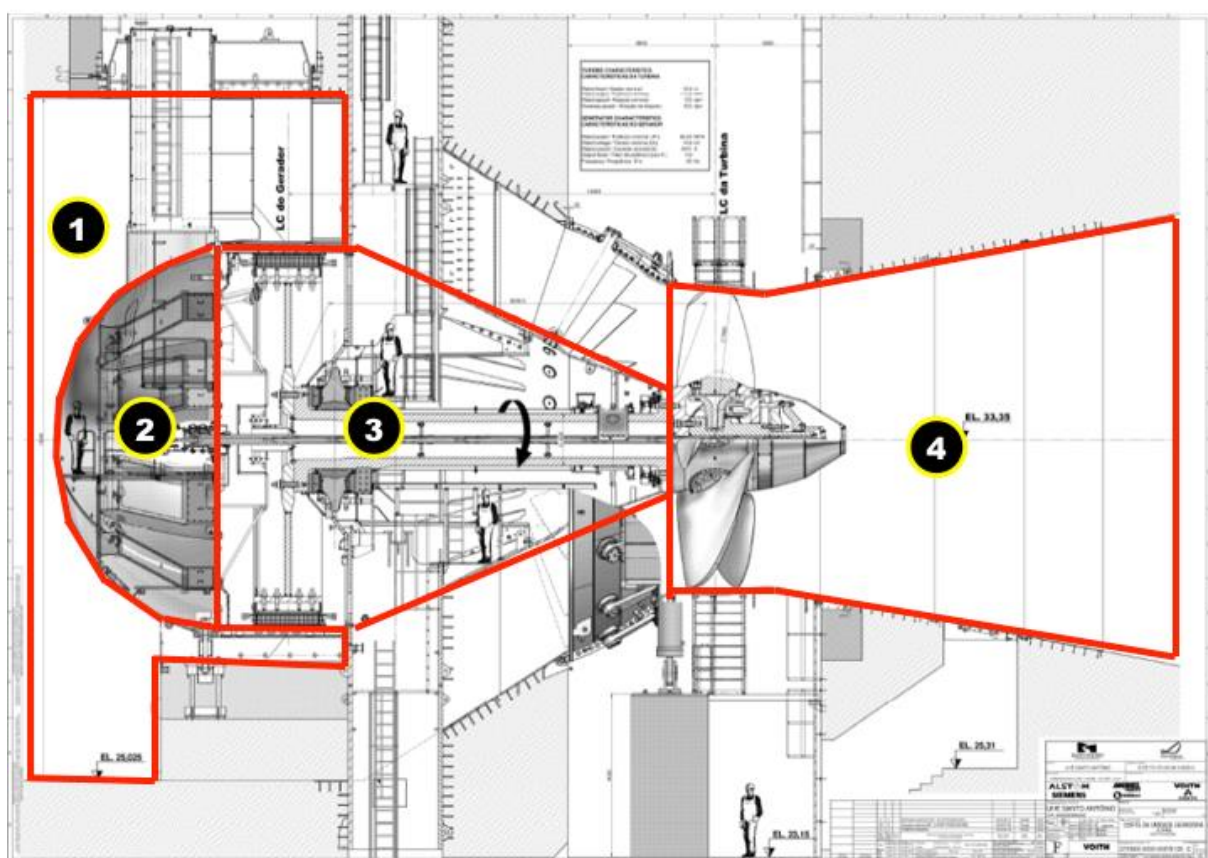


Figura 25 - Identificação das áreas

Fonte: CNO, 2011

A sequência de imagens abaixo ilustra as quatro áreas classificadas como espaço confinado na usina analisada

A figura 26 mostra uma vista geral do interior na área 1 e o detalhe da escotilha com o duto de exaustão e os cabos das máquinas de solda.



Figura 26 - Vista do interior da área 1

Fonte: CNO, 2011

A figura 27 mostra o *Hatch Cover* ou tampa estanque posicionada e com sua montagem finalizada. Todos os dutos, as tubulações e conexões foram montados e ajustados no local.



Figura 27 - Tampa da área 1

Fonte: Arquivo pessoal, 2011

Essas duas imagens da figura 28 ilustram a criação do espaço confinado definido como área 2. Em primeiro plano, temos o rotor do gerador aguardando a descida do estator para, em seguida, o *Bulb Nose* fazer o fechamento desse espaço confinado.



Figura 28 - Rotor do gerador área 2

Fonte: CNO, 2011

A figura 29 mostra a descida do eixo com os seus mancais. Após seu posicionamento no *Stay Column*, a área 3, local onde se encontram os três funcionários, é criada.



Figura 29 - Descida do Eixo

Fonte: CNO, 2011

A figura 30 mostra a etapa onde o eixo é girado em 90 graus para o seu posicionamento no *Stay Column*.



Figura 30 - Giro de 90 graus do Eixo

Fonte: CNO, 2011

A figura 31 mostra o interior da área 3 com o eixo já posicionado e os técnicos realizando as verificações necessárias.



Figura 31 - Vista do interior da área 3

Fonte: CNO, 2011

A figura 32 ilustra o acesso de entrada para a área 3.

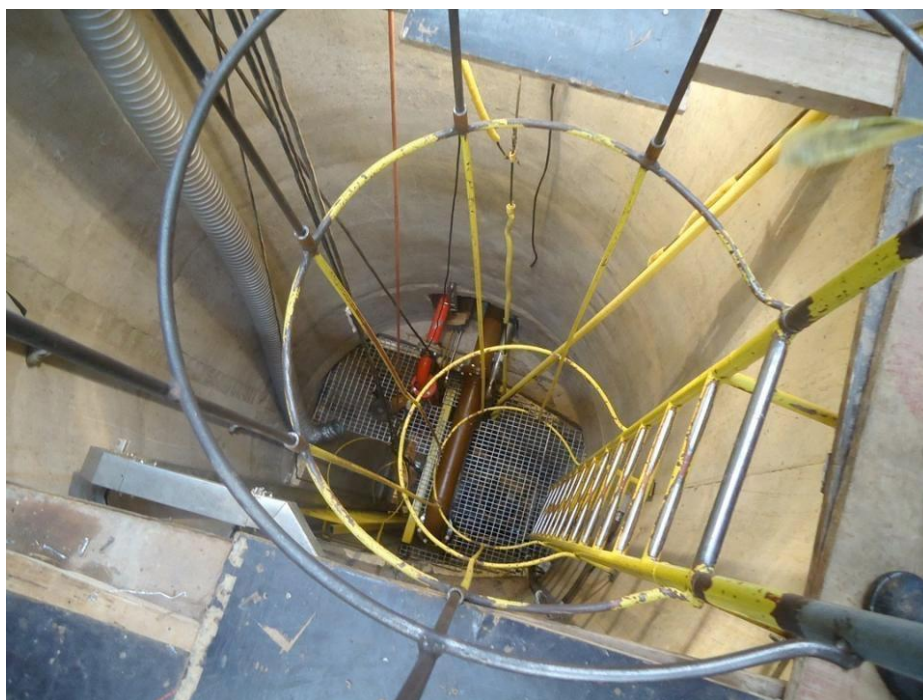


Figura 32 - Vista do acesso à área 3

Fonte: CNO, 2011

A figura 33 mostra a vista da escotilha de acesso à sucção da área 4.

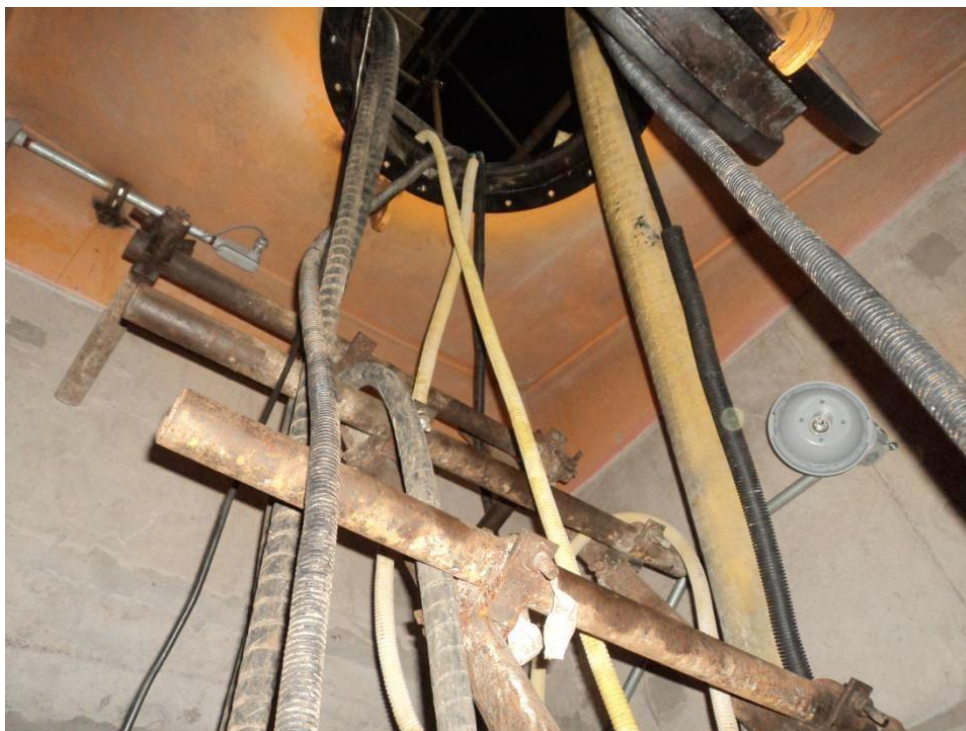


Figura 33 - Vista do acesso à área 4

Fonte: CNO, 2011

A figura 34 ilustra o interior da área 4 (Tubo de Sucção).



Figura 34 - Interior da área 4

Fonte: CNO, 2011

A figura 35 é uma vista panorâmica da área 4. Pode-se ver, ao fundo, que o eixo e o distribuidor já estão em seus locais.



Figura 35 - Vista panorâmica da área 4

Fonte: CNO, 2011

3.2 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO CUSTOMIZADO

Além das avaliações descritas no item 2.8 desse estudo, foi implantado um sistema customizado de ventilação. As figuras 36 e 37 mostram os valores dos volumes e o circuito de circulação do ar nos espaços confinados.

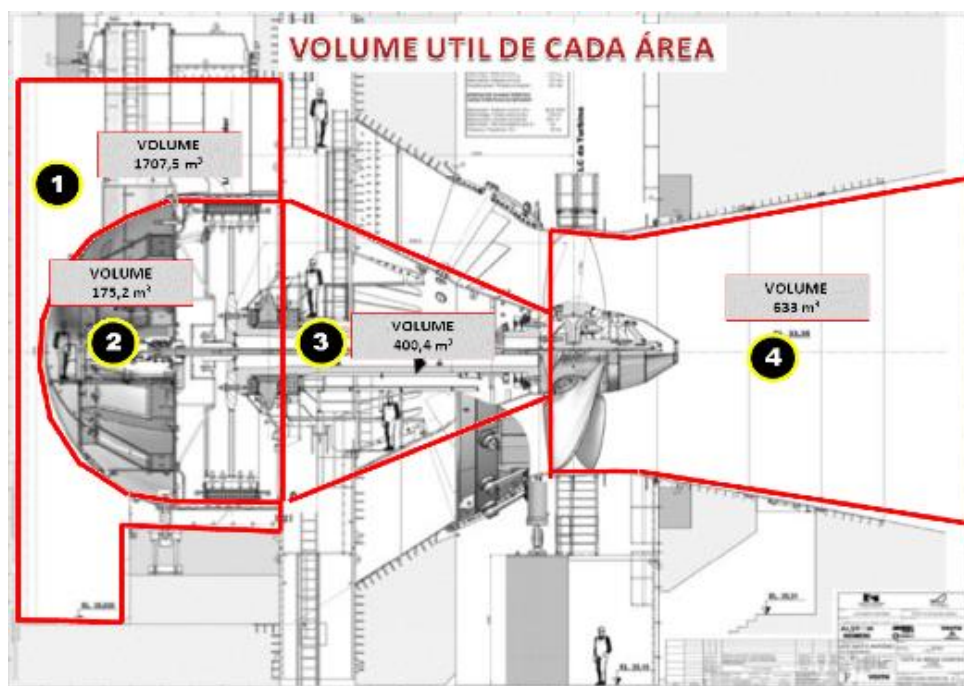


Figura 36 - Área e seus volumes

Fonte: CNO, 2011

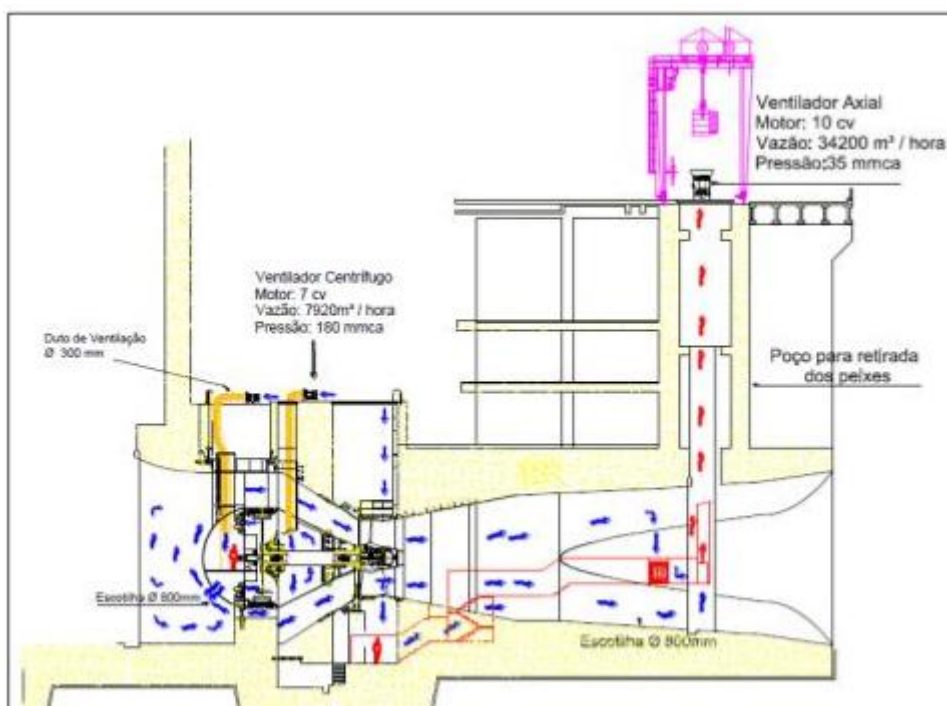


Figura 37 - Projeto de exaustão

Fonte: CNO, 2011

3.3 CAPACITAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO

Todo o investimento em recursos materiais não teria o resultado desejado se não fosse dedicada a mesma atenção à conscientização sobre os riscos das atividades nos espaços confinados e realizada a capacitação dos trabalhadores sobre os procedimentos a serem adotados.

Para a execução dessa importante fase, foram tomadas três providências: aumento do número de instrutores; criação de treinamentos contínuos na NR-33; construção de salas específicas para a realização desses treinamentos, conforme mostra a figura 38.



Figura 38 - Sala de treinamento

Fonte: CNO, 2011

3.4 CONTROLE DE ACESSOS / COMUNICAÇÃO

Para agilizar a comunicação durante as atividades nos espaços confinados, foi implantado um sistema de interfones e rádios exclusivos para as atividades nesses locais. A figura 39 ilustra essas duas situações.

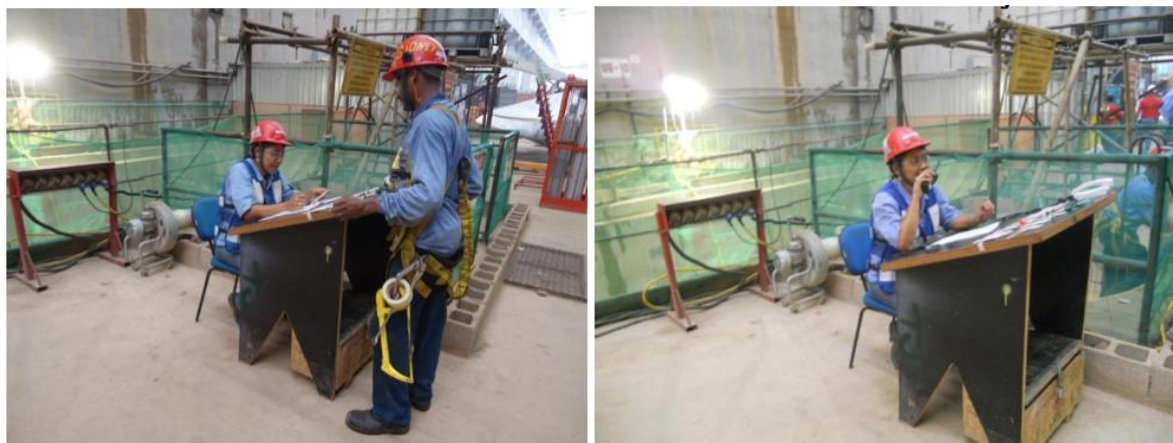


Figura 39 - Controle de acesso e comunicação

Fonte: CNO, 2011

3.5 TRAVA QUEDAS

Foi instalado o trava-quedas retrátil e convencional, conforme podemos verificar na figura 40.



Figura 40 - Trava-quedas retrátil e convencional

Fonte: CNO, 2011

3.6 PLANO DE RESGATE

Inicialmente, o sistema de resgate adotado na obra analisada utilizava o tripé. Após discussões e análises realizadas durante os treinamentos e simulados, foi adotado o sistema de cordas, que se mostrou mais eficiente para o resgate em espaços confinados. A figura 41 mostra parte da equipe de segurança do trabalho após o simulado.



Figura 41 - Equipe e treinamento/simulado

Fonte: CNO, 2011

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Havia divergências entre as empresas envolvidas na fabricação e montagem dos equipamentos em relação aos aspectos a serem considerados nas atividades de trabalho. Somente após a realização de muitas reuniões e da atuação firme das engenharias de segurança de todas as empresas é que o trabalho de análise dos riscos e elaboração de procedimentos foi iniciado.

As discussões e análises da montagem da turbina tipo Bulbo, bem como a implantação das ações necessárias para a mitigação dos riscos de atividades nos espaços confinados identificados seguiram os princípios do ciclo PDCA de Deming.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

- Melhoria do conforto térmico;
- Aumento da confiabilidade das atividades desenvolvidas dentro da máquina;
- Redução do tempo de liberação dos espaços confinados;
- Aumento do tempo de trabalho dentro das máquinas.

4.1 LIÇÕES APRENDIDAS

A realização desse estudo reforçou a importância do planejamento e da melhoria contínua em todas as atividades ligadas a um determinado trabalho, principalmente no que diz respeito à segurança, mesmo que, aparentemente, as atividades sejam conhecidas pelos profissionais.

As usinas hidrelétricas possuem características muito similares nas diversas fases da obra, inclusive na montagem dos equipamentos. Porém, é importante entender que cada atividade, mesmo sendo rotineira, pode exigir métodos específicos, que ainda não tenham sido contemplados em outros empreendimentos.

No trabalho em questão, pode-se perceber isso. O que, a princípio, pode ter sido considerada uma montagem rotineira em campo, revelou-se uma das atividades que mais riscos oferecem à segurança dos trabalhadores, o que torna a análise prévia de riscos e a adoção de medidas técnicas essenciais à prevenção de acidentes.

Outra importante lição é a consideração, durante a realização das análises e discussões sobre as atividades, dos diversos públicos envolvidos no processo de montagem do equipamento.

A experiência de todos os profissionais, o que inclui a de engenheiros de segurança do trabalho, contribuiu para minimizar os riscos de perdas materiais e humanas, além de alterar procedimentos adotados anteriormente, como foi o caso do plano de resgate após a realização de treinamentos e simulados.

Por último, a contratação de uma consultoria para o desenvolvimento de um sistema de exaustão customizado, que minimizasse os riscos atmosféricos e, ao mesmo tempo, proporcionasse conforto térmico durante a realização das atividades nos espaços confinados foi fundamental para reduzir o prazo de implementação da solução e garantir a execução das montagens nos prazos previstos.

4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se entender a Engenharia de Segurança do Trabalho como uma área de suporte para as empresas, que atua na identificação dos riscos das diferentes frentes de trabalho e propõe soluções que minimizem os perigos inerentes a cada uma das atividades.

Como uma área de suporte, além do conhecimento técnico sobre as normas regulamentadoras, outras legislações pertinentes e todo o conhecimento adquirido durante a especialização, cabe aos profissionais manter-se atualizados em seu campo de atuação para acompanhar as tendências de tecnologias e processos que passarão a ser adotados pelas empresas.

Apenas identificar o que pode e o que não pode ser feito durante uma atividade não significa apoiar o negócio. A atuação dos Engenheiros de Segurança deve ir além do que prevê a legislação e da adoção de procedimentos padrões. Assim como as empresas estão, constantemente, buscando novas tecnologias e novas formas de fazer as coisas, é importante que os Engenheiros de Segurança acompanhem as

inovações, analisem os processos e contribuam para que as atividades da produção ofereçam o mínimo de riscos aos trabalhadores.

Inovar não significa, necessariamente, inventar algo. A resolução ou a antecipação de possíveis problemas também podem ser consideradas como inovações se considerarmos que a palavra, em sua origem, significa renovar, mudar.

Este estudo de caso mostrou exatamente isso. A partir da necessidade de utilização de um modelo de usina que causasse menor impacto ambiental, foi necessário aprender sobre um equipamento até então pouco utilizado no setor energético brasileiro e que exigia uma forma diferente de ser montado na obra.

É importante ressaltar que o Engenheiro de Segurança, sozinho, não é capaz de garantir a segurança. O planejamento para fazer a gestão da segurança, realização da análise dos riscos, elaboração de procedimentos, identificação de EPIs entre outros importantes tópicos de um sistema de gestão de nada adiantarão se não houver a compreensão da sua importância e, sobretudo, a prática das recomendações por parte dos trabalhadores.

Para conseguir isso, é imprescindível que o discurso das organizações em relação à Saúde, Segurança e Meio Ambiente seja praticado por todos os profissionais que participam do empreendimento, começando, principalmente, pela Alta Direção.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho - apresentar o estudo de caso da análise de risco em espaço confinado na etapa de montagem de turbinas do tipo Bulbo de grande porte - foi alcançado.

Conforme exposto, a análise abordou a etapa da montagem das turbinas na obra, durante a qual os espaços foram se configurando à medida que as partes dos equipamentos eram instaladas.

Como sugestão para futuros trabalhos, a realização de análise de riscos nos espaços confinados da turbina tipo Bulbo durante a fase da operação e manutenção do equipamento, em comparação a análise realizada na fase da montagem.

REFERÊNCIAS

USP - **Apostila eST -101 - Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho / PECE 2013).**

EPE - **Empresa de Pesquisa Energética** - Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei no 10.847, de 15 de março de 2004, que tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético.

EPE - **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013** - EPE (Empresa de Pesquisa Energética)

EPE - **Plano Nacional de Energia 2030 - 2006/2007** - EPE (Empresa de Pesquisa Energética)

ANEEL - **Atlas de Energia Elétrica do Brasil** - 3ª edição - Brasília 2008

HSA - **Code of Practice for Working in Confined Spaces, p.3** - HSA (Health and Safety Authority)

FUNDACENTRO - **Guia Técnico da NR-33** - MTE - SIT/DSST/CGNOR - Fundacentro - Brasília DF 2013

HSA - **Working in Confined Spaces** - HSA [Health and Safety Authority] <http://www.hsa.ie/eng/Topics/Confined_Spaces/> - Acesso 24 out 2014.

SETON - **Empresa de Sinalização, Proteção e Identificação** - <<http://www.seton.com>> acesso 10 fev 2015

AUSTRALIAN STANDARD - **Confined Spaces - code of practice** - February 2014 - Safe Work Australia

FUNDACENTRO - **Espaços Confinados - Livroto do Trabalhador - 2009.**

EMPORIONET - **Representante Comercial de Instrumentos de Medição** - <<http://www.emporionet.net>> acesso 12 fev 2015

TREVIZAN, André Luis - **Levantamento e análise dos riscos de acidentes em espaço confinado em uma metalúrgica** / A.L. Trevizan. - São Paulo, 2010. 121p

INEPAR - <<http://www.inepar.com.br>> Acesso 10 fev 2015

OHS [Occupation Health and Safety Regulation] by WorkSafeBC- **Guidelines part 9 Confined Space** – <<http://www2.worksafebc.com/publication/OHSRegulation/>

[Home.asp](#) - Acesso 24 out 2014

NIOSH - **Health Hazard Evaluation Report n HETA 98-0124-273 - Worker exposures to various contaminants** - <<http://www.cdc.gov/niosh/hhe/report>> - Acesso 13 fev 2015

NIOSH - *Criteria for Recommended Standard - Working in Confined Spaces* - December 1979 <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/80-106>>- Acesso 12 fev 15

NIOSH - *Publication No. 94-103 (January 1994) - Worker Deaths in Confined Spaces* - <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-103>> Acesso 12 fev 15

NIOSH - *Publication No. 87-113 (July 1987) - A Guide to Safety in Confined Spaces* - <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/87-113>> - Acesso 12 fev 15

NIOSH - *Alert: Publication No. 86-110 (January 1986) - Request for Assistance in Preventing Occupational Fatalities in Confined Spaces* - <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/86-110>> Acesso 12 fev 15

NIOSH - *Publication No. 80-106 (September 1979) - Criteria for a Recommended Standard: Working in Confined Spaces* - <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/80-106>> - Acesso 12 fev 15

DELBONI, Vanessa Teixeira - **Análise de segurança do trabalho em espaços confinado na manutenção de tanques de derivados de petróleo** / V.T. Delboni - São Paulo, 2012. 104p

POSSEBON, jose - **Curso de Segurança Química** - FUNDACENTRO - CTN

SAE - **Santo Antonio Energia** - concessionária responsável pela implantação e operação da Hidrelétrica Santo Antonio no Rio Madeira - RO

GICOM - **Consortio Fornecedor dos Equipamentos Eletromecânicos** para a Hidrelétrica de Santo Antonio no Rio Madeira - RO

CNO - **Construtora Norberto Odebrecht Montagem** - Usina de Santo Antonio

CARVALHO, Pedro - IG São Paulo - <<http://economia.ig.com.br/brasil-inaugura-nova-era-de-geracao-hidreletrica-na-amazonia/n1597417970221.html>> Acesso 15 out 2014

ANDRITZ GROUP - **BulbTurbines** - <<http://www.andritz.com/pf-detail.htm?productid=9213>> - Acesso 18 out 2014

ALSTOM - **Bulb Hydro Turbines** / Power Generation / - <<http://www.alstom.com/search/?txt=turbine+bulb>> - Acesso 18 out 2014

VOITH HYDRO - **Bulb / PIT / S-turbine and generators** - <http://voith.com/en/Voith_Bulb_Pit_turbines.pdf> - Acesso 18 out 2014

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

AEAT 2011 - **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho** : / Ministério do Trabalho e Emprego ... [et al.]. – vol. 1 (2011) – . Brasília : MTE : MPS, 2012. 928 p.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION BLOG - **Wind Turbines as Confined Spaces** - Acesso 18 out 14

OSHA - *Green Job Harzards - Wind Energy Confined Space* - Acesso 18 out 2014

TORLONI, M.; VIEIRA, A.V. **Manual de Proteção Respiratória** - São Paulo 2003 - ABHO

ABRAHÃO, Júlia - **Introdução à ergonomia: da prática à teoria** / Júlia Abrahão...[et al]. - São Paulo: Blucher, 2011

LAPA, Reginaldo Pedreira. **Investigação e Análise de Incidentes** / Reginaldo Pedreira Lapa, Maria Luiza Sampaio Goes - 1.ed - São Paulo: Edição 2011

AEE - **Working in Confined Spaces - Best Practice Guide - Blades** - AEE Recommendation 2012 - AEE (Asociación Empresarial Eólica) Spain

CANADIAN STANDARD - **Guideline for Developing a Code of Practice for Confined Spaces Entry - Work Safe** - Alberta - Canada.

ABNT - **NBR 14276:2006** - Brigada de incêndio.

ABNT - **NBR 14787:2001** versão corrigida 2002 - Espaço Confinado - Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção.

ABNT - **NBR 15219:2005** - Plano de emergência contra incêndio — Requisitos.

NR-05 - **Comissão Interna de Prevenção de Acidentes** - http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D311909DC0131678641482340/nr_05.pdf acesso em 12 fev 15

NR-06 - **Equipamentos de Proteção Individual - EPI** - [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D04014767F2933F5800/NR-06%20\(atualizada\)%202014.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D04014767F2933F5800/NR-06%20(atualizada)%202014.pdf) acesso em 12 fev 15

NR-09 - **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais** - [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808148EC2E5E014961B76D3533A2/NR-09%20\(atualizada%202014\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808148EC2E5E014961B76D3533A2/NR-09%20(atualizada%202014)%20II.pdf) acesso em 12 fev 15

NR-10 - **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade** - [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493C013906EC437E23BF/NR-10%20\(atualizada\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493C013906EC437E23BF/NR-10%20(atualizada).pdf) acesso em 12 fev 15

NR-15 - **Atividades e Operações Insalubres** - <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm> acesso em 12 fev 15

NR-18 - **Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção** - <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-18-1.htm> acesso em 12 fev 15

NR-29 - **Segurança e Saúde no Trabalho Portuário** - [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D0401475F5A200F5F3D/NR-29%20\(atualizada\)%20-%202014.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D0401475F5A200F5F3D/NR-29%20(atualizada)%20-%202014.pdf) acesso em 12 fev 15

NR-30 - **Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário** -
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A4AC03DE1014AE95913121041/NR-30%20\(atualizada%202015\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A4AC03DE1014AE95913121041/NR-30%20(atualizada%202015).pdf)> acesso em 15 fev 15

NR-31 - **Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura** -
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A4295EFDF0143067D95BD746A/NR-31%20\(atualizada%202013\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A4295EFDF0143067D95BD746A/NR-31%20(atualizada%202013).pdf)> acesso em 12 fev 15

NR-33 - **Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados** -
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A39E4F614013A0CC54B5B4E31/NR-33%20\(Atualizada%202012\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A39E4F614013A0CC54B5B4E31/NR-33%20(Atualizada%202012).pdf)> acesso em 12 fev 15

NR-35 - **Trabalho em altura** - <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-35.htm>> acesso em 12 fev 15

OHSAS 18001:2007 - **Occupational health and safety management systems – Requirements**

ANEXO I

Anexo I - Permissão de Entrada e Trabalho - PET

Caráter informativo para elaboração da Permissão de Entrada e Trabalho em Espaço Confinado			
Nome da empresa:			
Local do espaço confinado:		Espaço confinado n.º:	
Data e horário da emissão:		Data e horário do término:	
Trabalho a ser realizado:			
Trabalhadores autorizados:			
Vigia:		Equipe de resgate:	
Supervisor de Entrada:			
Procedimentos que devem ser completados antes da entrada			
1. Isolamento		S ()	N ()
2. Teste inicial da atmosfera: horário _____			
Oxigênio			% O ₂
Inflamáveis			% LIE
Gases/vapores tóxicos			ppm
Poeiras/fumos/névoas tóxicas			mg/m ³
Nome legível / assinatura do Supervisor dos testes:			
3. Bloqueios, travamento e etiquetagem	N/A ()	S ()	N ()
4. Purga e/ou lavagem	N/A ()	S ()	N ()
5. Ventilação/exaustão – tipo, equipamento e tempo	N/A ()	S ()	N ()
6. Teste após ventilação e isolamento: horário _____			
Oxigênio		% O ₂ > 19,5% ou < 23,0 %	
Inflamáveis		%LIE < 10%	
Gases/vapores tóxicos			ppm
Poeiras/fumos/névoas tóxicas			mg/m ³
Nome legível / assinatura do Supervisor dos testes:			
7. Iluminação geral	N/A ()	S ()	N ()
8. Procedimentos de comunicação:	N/A ()	S ()	N ()
9. Procedimentos de resgate:	N/A ()	S ()	N ()
10. Procedimentos e proteção de movimentação vertical:	N/A ()	S ()	N ()
11. Treinamento de todos os trabalhadores? É atual?		S ()	N ()
12. Equipamentos:			
13. Equipamento de monitoramento contínuo de gases aprovados e certificados por um Organismo de Certificação Credenciado (OCC) pelo INMETRO para trabalho em áreas potencialmente explosivas de leitura direta com alarmes em condições:		S ()	N ()
Lanternas	N/A ()	S ()	N ()
Roupa de proteção	N/A ()	S ()	N ()
Extintores de incêndio	N/A ()	S ()	N ()
Capacetes, botas, luvas	N/A ()	S ()	N ()
Equipamentos de proteção respiratória/autônomo ou sistema de ar mandado com cilindro de escape	N/A ()	S ()	N ()
Cinturão de segurança e linhas de vida para os trabalhadores autorizado		S ()	N ()
Cinturão de segurança e linhas de vida para a equipe de resgate	N/A ()	S ()	N ()
Escada	N/A ()	S ()	N ()
Equipamentos de movimentação vertical/suportes externos	N/A ()	S ()	N ()
Equipamentos de comunicação eletrônica aprovados e certificados por um Organismo de Certificação Credenciado (OCC) pelo INMETRO para trabalho em áreas potencialmente explosivas	N/A ()	S ()	N ()
Equipamento de proteção respiratória autônomo ou sistema de ar mandado com cilindro de escape para a equipe de resgate		S ()	N ()
Equipamentos elétricos e eletrônicos aprovados e certificados por um Organismo de Certificação Credenciado (OCC) pelo INMETRO para trabalho em áreas potencialmente explosivas	N/A ()	S ()	N ()
Legenda: N/A – “não se aplica”; N – “não”; S – “sim”.			
Procedimentos que devem ser completados durante o desenvolvimento dos trabalhos			
Permissão de trabalhos a quente	N/A ()	S ()	N ()
Procedimentos de Emergência e Resgate			

Telefones e contatos: Ambulância: _____ Bombeiros: _____ Segurança: _____
Obs.: • <i>A entrada não pode ser permitida se algum campo não for preenchido ou contiver a marca na coluna "não".</i> • <i>A falta de monitoramento contínuo da atmosfera no interior do espaço confinado, alarme, ordem do Vigia ou qualquer situação de risco à segurança dos trabalhadores, implica no abandono imediato da área</i> • <i>Qualquer saída de toda equipe por qualquer motivo implica a emissão de nova permissão de entrada. Esta permissão de entrada deverá ficar exposta no local de trabalho até o seu término. Após o trabalho, esta permissão deverá ser arquivada.</i>

Fonte Brasil , 2011

GLOSSÁRIO

ABERTURA DE LINHA: abertura intencional de um duto, tubo, linha, tubulação que está sendo utilizada ou foi utilizada para transportar materiais tóxicos, inflamáveis, corrosivos, gás, ou qualquer fluido em pressões ou temperaturas capazes de causar danos materiais ou pessoais visando a eliminar energias perigosas para o trabalho seguro em espaços confinados.

ALÍVIO: o mesmo que abertura de linha.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR): avaliação inicial dos riscos potenciais, suas causas, consequências e medidas de controle.

ÁREA CLASSIFICADA: área potencialmente explosiva ou com risco de explosão.

ATMOSFERA IPVS - atmosfera Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde: qualquer atmosfera que apresente risco imediato à vida ou produza imediato efeito debilitante à saúde.

AVALIAÇÕES INICIAIS DA ATMOSFERA: conjunto de medições preliminares realizadas na atmosfera do espaço confinado.

BLOQUEIO: dispositivo que impede a liberação de energias perigosas tais como: pressão, vapor, fluidos, combustíveis, água e outros visando à contenção de energias perigosas para trabalho seguro em espaços confinados.

BULB NOSE: é parte da turbina bulbo que fica à montante. Em uma tradução simples, é o nariz da turbina Bulbo.

CHAMA ABERTA: mistura de gases incandescentes emitindo energia, que é também denominada chama ou fogo.

CONDIÇÃO IPVS: qualquer condição que coloque um risco imediato de morte ou que possa resultar em efeitos à saúde irreversíveis ou imediatamente severos ou que possa resultar em dano ocular, irritação ou outras condições que possam impedir a saída de um espaço confinado.

CONTAMINANTES: gases, vapores, névoas, fumos e poeiras presentes na atmosfera do espaço confinado.

DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO: atmosfera contendo menos de 20,9% de oxigênio em volume na pressão atmosférica normal, a não ser que a redução do percentual seja devidamente monitorada e controlada.

ENERGIZAÇÃO: deslocamento da atmosfera existente em um espaço confinado por um gás inerte, resultando numa atmosfera não combustível e com deficiência de oxigênio.

ENGOLFAMENTO: é o envolvimento e a captura de uma pessoa por líquidos ou sólidos finamente divididos.

ENRIQUECIMENTO DE OXIGÊNIO: atmosfera contendo mais de 23% de oxigênio em volume.

ETIQUETAGEM: colocação de rótulo num dispositivo isolador de energia para indicar que o dispositivo e o equipamento a ser controlado não podem ser utilizados até a sua remoção.

ESPAÇO CONFINADO: é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio.

FAÍSCA: partícula incandescente geradas no processo de esmerilhamento, polimento, corte ou solda.

HATCH COVER: é a tampa estanque da turbina Bulbo. É uma grande escotilha de forma quase retangular. Apresenta dois vértices desse retângulo chanfrados.

INTRINSECAMENTE SEGURO: situação em que o equipamento não pode liberar energia elétrica ou térmica suficientes para, em condições normais ou anormais, causar a ignição de uma dada atmosfera explosiva, conforme expresso no certificado de conformidade do equipamento.

LACRE: braçadeira ou outro dispositivo que precise ser rompido para abrir um equipamento.

LEITURA DIRETA: dispositivo ou equipamento que permite realizar leituras de contaminantes em tempo real.

ORDEM DE BLOQUEIO: ordem de suspensão de operação normal do espaço confinado. **Ordem de Liberação:** ordem de reativação de operação normal do espaço confinado. **Oxigênio puro:** atmosfera contendo somente oxigênio (100%).

PROFICIÊNCIA: competência, aptidão, capacitação e habilidade aliadas à experiência.

PURGA: método de limpeza que torna a atmosfera interior do espaço confinado isenta de gases, vapores e outras impurezas indesejáveis através de ventilação ou lavagem com água ou vapor.

RESPONSÁVEL TÉCNICO: profissional habilitado para identificar os espaços confinados existentes na empresa e elaborar as medidas técnicas de prevenção, administrativas, pessoal e de emergência e resgate.

SALVAMENTO: procedimento operacional padronizado, realizado por equipe com conhecimento técnico especializado, para resgatar e prestar os primeiros socorros a trabalhadores em caso de emergência.

STAY COLUMN: é a coluna central de uma turbina Bulbo.

SUPERVISOR DE ENTRADA: pessoa capacitada para operar a permissão de entrada com responsabilidade para preencher e assinar a Permissão de Trabalho

Especial (PTE) para o desenvolvimento de entrada e trabalho seguro no interior de espaços confinados.

TRABALHADOR AUTORIZADO: trabalhador capacitado para entrar no espaço confinado, ciente dos seus direitos e deveres e com conhecimento dos riscos e das medidas de controle existentes.

TRAVA: dispositivo (como chave ou cadeado) utilizado para garantir isolamento de dispositivos que possam liberar energia elétrica ou mecânica de forma acidental.

VIGIA: trabalhador designado para permanecer fora do espaço confinado e que é responsável pelo acompanhamento, comunicação e ordem de abandono para os trabalhadores.