

CLAUDIO APARECIDO VIEIRA

Análise dos riscos da não aplicação dos requisitos de SSO na etapa de concepção  
do projeto dos equipamentos de uma Usina Hidrelétrica

São Paulo

2016

CLAUDIO APARECIDO VIEIRA

Análise dos riscos da não aplicação dos requisitos de SSO na etapa de concepção  
do projeto dos equipamentos de uma Usina Hidrelétrica

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

São Paulo

2016

À minha esposa e meus filhos, que  
abriram mão do meu tempo e atenção,  
para que eu pudesse percorrer esta  
jornada.

## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Manuel Gonçalves, que acredita na importância do desenvolvimento de projetos de grandes máquinas que respeitem as necessidades do ser humano que irá operá-las.

À empresa em que eu trabalho, que confiou a mim a tarefa de buscar o conhecimento mais atualizado em Saúde e Segurança Ocupacional (SSO), a fim de que eu dissemine este conhecimento junto ao seu corpo de engenharia, promovendo a atualização dos projetos, mantendo-os sempre alinhados às preocupações de Saúde e Segurança Ocupacional, exibindo assim seu profundo respeito aos profissionais que irão montar, operar e prestar manutenção nos equipamentos projetados e fornecidos por esta empresa, pelas décadas que estes são concebidos para trabalhar.

Não encontre defeitos, encontre  
soluções.

Henry Ford.

## RESUMO

Por décadas atuou-se na consequência do acidente de trabalho, e um grande salto ocorreu com a evolução para a prevenção, quando se passou a atuar na causa dos acidentes. Esta evolução foi motivada pelos altos custos de seguros e indenizações pagos em função dos acidentes. Outras décadas se passaram olhando como as tarefas estavam sendo executadas, treinando o pessoal e criando proteções para as máquinas já instaladas nas fábricas. A Cultura de Segurança consolidou-se nas equipes de operação, o que vem exigindo que as máquinas e equipamentos fornecidos cumpram com os requisitos de SSO presentes nas leis. Em função do ciclo longo dos projetos de Geração de Energia, a Cultura de Segurança ainda não se consolidou na Engenharia de todas as empresas do ramo, o que tem demandado gastos constantes com adequações dos equipamentos durante a instalação em campo. São elencados os custos diretos e indiretos, além dos riscos associados à não observância dos requisitos de Saúde e Segurança Ocupacional no projeto das partes de uma Unidade Geradora de uma Usina Hidrelétrica. Discute-se sobre os problemas encontrados, destacando o atraso que existe na observação dos requisitos de SSO na fase de projeto de obras de infraestrutura, e o prejuízo (tangível e intangível) ao qual está exposta uma empresa por não ter em seu corpo técnico de desenvolvimento, a cultura da preocupação com a Saúde e a Segurança Ocupacional, olhando para os profissionais que irão trabalhar com o equipamento que está sendo concebido. Por fim, comprova-se a vantagem de capacitar o corpo técnico e instituir a preocupação com a segurança desde a concepção do projeto, o que traz vantagens de imagem à empresa, além de mitigação de riscos e redução dos custos de correção dos equipamentos.

Palavras-chave: Usina Hidrelétrica, Cultura de Segurança, Máquinas e Equipamentos, Adequações de Projeto, Verificação de Projeto, Projetos de Infraestrutura.

## ABSTRACT

For decades was worked on the result of the labor accident, and a great leap occurred with the evolution to prevention, acting on the causes of these accidents. This evolution was motivated by high insurance costs and indemnification. Other decades had passed looking at how the tasks were running, training staff and creating protections for all machines already installed in factories. The Safety Culture was consolidated in the operating teams, which has been demanding that the machines and equipment supplied comply with the Occupational Health and Safety (OHS) requirements present in laws. Due to the long cycle of power generation projects, the safety culture has not been consolidated in the engineering team of all companies, which has demanding overcosts to modify the equipment during installation. Will be listed the direct and indirect costs and risks associated to non-compliance with Health and Safety requirements in the design of parts of a power unit of a hydroelectric power plant. It discusses about the problems encountered by highlighting the delay that exists in the observation of OHS requirements in infrastructure projects during design phase, and the damage (tangible and intangible) that a company is exposed for do not have in his development team, the culture of concern about Health and occupational Safety, looking for professionals who will work with the equipment being designed. Finally, is proved the advantage of training the staff, and to institute concerns about safety at beginning of the design of the projects, which brings benefits to the company image, as well as risk mitigation and reduction of equipment adjustment costs.

**Keywords:** Hydroelectric Power Plant, Safety Culture, Machines and Equipments, Project Modification, Design Verification, Infrastructure Project.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FOB	<i>Free on Board</i>
NR	Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho
hh	Homem Hora / Horas de Engenharia
OHS	<i>Occupational, Health and Safety</i>
O&M	Operação e Manutenção
PB	Projeto Básico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PE	Projeto Executivo
SSO	Saúde e Segurança Ocupacional
UG	Unidade Geradora
UHE	Usina Hidrelétrica



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Acidentes de Trabalho no Brasil .....	14
Figura 2 – Acidentes de Trabalho no Brasil – a Setor Elétrico .....	14
Figura 3 – Escolha dos meios de acesso conforme a inclinação .....	22
Figura 4 – Escolha do tipo de Turbina em função da queda x vazão .....	30
Figura 5 – Projeto Final da Plataforma do Distribuidor .....	32
Figura 6 – Estrutura da Plataforma do Distribuidor. ....	34
Figura 7 – Guarda-corpo seccionado com interferência mecânica .....	41
Figura 8 – Interferência mecânica do componente com a plataforma .....	41
Figura 9 – Tubulação atravessando os passadiços .....	41
Figura 10 – Trechos sem guarda-corpo por interferência mecânica .....	42
Figura 11 – Instalação elétrica atravessando o passeio .....	42
Figura 12 – Tubulação atravessando a passarela .....	42
Figura 13 – Vãos sem proteção entre trechos de guarda-corpos .....	43
Figura 14 – Vãos abertos sem guarda-corpo ou proteção .....	43
Figura 15 – Escada Marinheiro com montagem errada .....	44
Figura 16 – Montagem inadequada de conexão de escada marinheiro .....	44
Figura 17 – Acabamento na ponta serrada do guarda-corpo .....	46
Figura 18 – Correntes unindo os trechos de guarda-corpos .....	46
Figura 19 – Continuação dos guarda-corpos nos vãos abertos .....	46
Figura 20 – Colocação de travessas para assegurar fixação de talabartes .....	47
Figura 21 – Projeto Final da Plataforma do Distribuidor .....	49
Figura 22 – Comparativo Antes e Depois dos Projetos .....	50

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1. OBJETIVO.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1. A EVOLUÇÃO DO PREVENCIÓNISMO MOTIVADA PELA PREOCUPAÇÃO COM OS CUSTOS .....	15
2.2. A EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO NO BRASIL.....	16
2.3. ESTIMATIVA DE CUSTOS COM ACIDENTES NO SETOR ELÉTRICO .....	17
2.4. AS NORMAS REGULAMENTADORAS .....	19
2.4.1. NR-01 Disposições Gerais.....	19
2.4.2. NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.....	20
2.4.3. NR-11 Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais.....	20
2.4.4. NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos .....	20
2.4.5. NR-13 Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações .....	23
2.4.6. NR-15 Atividades e Operações Insalubres .....	23
2.4.7. NR-17 Ergonomia .....	24
2.4.8. NR-18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção .....	24
2.4.9. NR-33 Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados .....	25
2.4.10. NR-35 Trabalho em Altura .....	25
2.5. TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS.....	25
2.5.1. Análise Preliminar de Perigos – APP .....	26
2.5.2. E se? ( <i>What-IF</i> ) .....	26
2.5.3. <i>Checklist</i> .....	27
2.6. GERENCIAMENTO TÉCNICO DE PROJETOS.....	27
2.7. TURBINAS HIDRÁULICAS TIPO BULBO .....	30

<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
3.1. CÔMPUTO DE HORAS DE EXPOSIÇÃO AO RISCO .....	31
3.2. ESTUDO DO CASO FINANCEIRO .....	31
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>33</b>
4.1. CONCEPÇÃO OU PROJETO BÁSICO.....	35
4.2. PROJETO EXECUTIVO .....	35
4.3. FABRICAÇÃO .....	36
4.4. TRANSPORTE .....	37
4.5. ESTOCAGEM NA OBRA .....	37
4.6. MONTAGEM .....	37
4.7. COMISSIONAMENTO.....	38
4.8. OPERAÇÃO .....	39
4.9. MANUTENÇÃO .....	39
4.10. DESCOMISSIONAMENTO / DESMONTAGEM.....	40
4.11. PROBLEMAS ENCONTRADOS .....	40
<b>4.11.1. Problemas Encontrados pelo Cliente Final .....</b>	<b>40</b>
<b>4.11.2. Acidente na Plataforma do Distribuidor.....</b>	<b>45</b>
4.12. TENTATIVAS DE ADAPTAÇÕES.....	45
<b>4.12.1. Primeira Tentativa .....</b>	<b>45</b>
<b>4.12.2. Quarta Tentativa - Definitiva .....</b>	<b>48</b>
4.13. EXPOSIÇÃO AO RISCO.....	51
4.14. BALANÇO FINANCEIRO DO PROBLEMA.....	52
4.15. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	54
4.16. SOLUÇÃO PARA NOVOS PROJETOS.....	55
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As primeiras leis sobre saúde e segurança ocupacional, nasceram em função da necessidade de indenizar o acidentado ou sua família, e para isto eram necessárias regulamentações de limites e valores (EST-101 / STR-101, 2014).

Por décadas, atuaram-se apenas nos sintomas (acidentado), acionando as companhias de seguro a cada ocorrência (ZAGUINI, 2012).

Em função do elevado montante das indenizações, deu-se mais um passo, chamado de prevencionismo, o que comprovou ser mais barato atuar na prevenção dos acidentes (causa), do que pagar os prêmios dos seguros aos acidentados (sintoma) (EST-101 / STR-101, 2014).

Mais uma vez, passaram-se décadas de estudos e evolução de teorias, que levaram ao desenvolvimento de sistemas de segurança e proteções a serem instalados nas máquinas, reduzindo a exposição dos trabalhadores aos perigos potenciais (ZAGUINI, 2012).

Nestes anos, muito se escreveu a respeito de treinamentos e da execução segura das tarefas, o que resultou em benefícios para todos, uma vez que a sociedade se beneficiou com a redução da miséria social que é alavancada pelos acidentes de trabalho.

Hoje, esta sendo vivido um novo passo na evolução da mentalidade prevencionista, embora a legislação que obriga os projetos cumprirem as NRs tenha sido promulgada há décadas (ARAÚJO, 2008), alguns setores ainda não incorporaram a “Cultura de Segurança” que irá nos guiar na melhoria continua dos projetos, criando assim máquinas cada vez mais seguras e apropriadas ao ser humano.

De maneira prática, do ponto de vista do trabalhador e do cliente final, o importante é que o produto entregue esteja conforme as normas e regulamentações vigentes, não importando para a o operador do equipamento em qual fase foi realizada a verificação e adequação aos requisitos de SSO.

Porém, para o fabricante destes equipamentos há uma enorme diferença em qual fase do ciclo de vida do produto será feita esta adequação, uma vez que o custo da correção será tanto maior quanto mais fases do ciclo de vida do produto tiverem

passadas, já que envolverá a correção do produto, mais o retrabalho nas fases passadas.

### 1.1. OBJETIVO

Apresentar de maneira prática os riscos da não realização de uma verificação dos requisitos de SSO durante a fase de Projeto Básico (concepção) de equipamentos para Usinas Hidrelétricas, focando nos comparativo de custos da implementação destes requisitos nas diversas fases de projeto, comprovando a multiplicação dos custos de correção em função da fase em que a não conformidade é descoberta.

Pretende-se com isto, demonstrar que a adoção de uma Cultura de Segurança dentro do corpo de Engenharia de Projeto Básico, além dos aspectos legais e boas práticas, traz benefícios econômicos, uma vez que o investimento nesta “Engenharia de Verificação” resulta em economia e mitigação de riscos.

### 1.2. JUSTIFICATIVA

O autor tem 11 anos de experiência no setor de geração de energia hidrelétrica, e neste período pode trabalhar tanto do lado do investidor, dono da Usina, quando do lado do fornecedor de equipamentos para as Usinas. Nestes anos o autor coletou informações quanto a evolução do atendimento aos requisitos de SSO nas instalações das Usinas Hidrelétricas, bem como a evolução do prevencionismo dentro das empresas em que trabalhou, tanto nos aspecto de treinamento para realização dos trabalhos, quando no aspecto de adequação dos produtos fornecidos à legislação.

O estudo de caso realizado aqui resume esta experiência e foi o motor de uma transformação interna na empresa em que o autor trabalha, tendo sido o gatilho para que o autor decidisse pela especialização em SSO.

Além da justificativa pessoal, citam-se os benefícios à empresa, como a valorização da imagem da empresa, e a redução dos passivos trabalhistas decorrentes de processos oriundos de acidentes e doenças relacionados ao trabalho (ZAGUINI, 2012).

De maneira mais ampla, olhando para o setor de geração de energia elétrica, vemos que embora este setor esteja longe de ser o vilão dos acidentes de trabalho no Brasil, sendo responsável por menos de 0,5% do total de acidentes nos anos de 2011, 2012 e 2013 (Figura 1), todo acidente pode (e deve) ser evitado, contribuindo com a melhoria global.

Figura 1 – Acidentes de Trabalho no Brasil

<b>Acidentes de Trabalho no Brasil</b>					
<b>Setor da Economia</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Média</b>	<b>%</b>
Setor Elétrico	2.920	2.988	3.005	2.971	0,41%
Soma Total de Acidentes	720.629	713.984	717.911	717.508	

Fonte: (BRASIL - PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2015)

Quando se olha de perto somente os dados relativos aos acidentes de trabalho do setor elétrico (Figura 2), vê-se que mais de 56% deles estão nas atividades de Distribuição, a Geração (setor de interesse deste trabalho) está em um distante 2º lugar, responsável por 29,2% dos acidentes.

Porém, considerando o número de acidentes ponderado pelo número de trabalhadores, esta realidade se inverte, uma vez que o número de empregados na Distribuição é da ordem de quatro vezes o número de empregados na Geração.

Figura 2 – Acidentes de Trabalho no Brasil – a Setor Elétrico

<b>Acidentes de Trabalho no Brasil - Setor Elétrico</b>					
<b>Ramo / Atividade</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Média</b>	<b>%</b>
Geração	888	866	849	868	29,20%
Transmissão	257	481	386	375	12,61%
Comércio	39	46	42	42	1,42%
Distribuição	1.736	1.595	1.728	1.686	56,76%
<b>TOTAL</b>	<b>2.920</b>	<b>2.988</b>	<b>3.005</b>	<b>2.971</b>	

Fonte: (BRASIL - PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2015)

Além disso, não se pode negligenciar que em uma época de crise energética, os custos, atrasos e improdutividades causadas pelos acidentes prejudicam ainda mais a economia do nosso País, com prejuízos estimados em centenas de milhões de reais (FUNDAÇÃO COGE, 2015).

Desta forma, é urgente a necessidade de se melhorar este cenário.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A aplicação dos requisitos de SSO nos projetos de máquinas, equipamentos, sistemas, edifícios e etc., é um bom exemplo de caso em que a adoção das normas traz benefícios a todos os envolvidos, se por um lado a população é beneficiada evitando acidentes que trazem dor e tristeza, por outro se reduz a exposição das empresas ao risco trabalhista e ao mesmo tempo, o governo é beneficiado reduzindo-se o número de acidentados que dependeriam do INSS e SUS (SIQUEIRA, 2012).

Infelizmente, mesmo com estes benefícios diretos, ainda há resistência na adoção da cultura da SSO logo na conceituação do projeto de um equipamento, fase na qual reconhecidamente tem-se o menor custo de implementação e na qual as soluções mais completas podem ser propostas.

Cerca de 6.000 trabalhadores morrem a cada dia no mundo em função de acidentes de trabalho e outros 270 milhões de acidentes não fatais acontecem, resultando em um prejuízo da ordem de 20 vezes maior do que o montante investido em desenvolvimento (SIQUEIRA, 2012).

### 2.1. A EVOLUÇÃO DO PREVENCIONISMO MOTIVADA PELA PREOCUPAÇÃO COM OS CUSTOS

Até início do século XX, a preocupação com SSO baseava-se quase que somente na reparação dos danos, e esta mentalidade durou até a divulgação dos estudos feitos por Heinrich em 1926, que computou os valores que estavam sendo pagos por indenizações a acidentes de trabalho, de maneira recorrente. Estes estudos foram suficientes para disparar ações a fim de tentar evitar tais acidentes e por consequência reduzir o montante destas indenizações, nascia aí o conceito do “Prevencionismo” (EST-101 / STR-101, 2014).

Em 1966, na esteira dos estudos de Heinrich, Frank Bird Jr. propôs uma abordagem mais ampla, sintetizada em um Programa de Controle de Perdas causadas pelos acidentes de trabalho chamado “*Loss Control*”, para Bird, deveriam também serem levados em conta os impactos diretos e indiretos na empresa, como os impactos na produtividade, perda de material, maquinário e perda ou afastamento do próprio

profissional. Em 1970, John Fletcher deu mais um passo ampliando a abrangência do Programa de Controle de Perdas elaborado por Bird, segundo Fletcher a análise deveria envolver também o ambiente onde a empresa estava inserida, relativo aos riscos ambientais, e também os riscos na utilização dos produtos que estas empresas fabricavam, este enfoque recebeu no nome de “*Total Loss Control*” (CICCO, 1997).

A teoria de Fletcher é a base para a maioria dos programas modernos de segurança (PASSOS, 2010).

Vale pontuar, que o foco das teorias prevencionistas estava onde o acidente acontece, e não no projeto da máquina que deveria ter sido pensada para ser mais segura. Esta evolução da preocupação, migrando do sintoma para a causa, intensificou-se nos anos seguintes, ao se verificar que era muito mais barato um equipamento já ser projetado com segurança intrínseca e proteções ao operador, do que adequá-lo depois de instalado em campo (CICCO, 1997).

## 2.2. A EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO NO BRASIL

Abaixo são listados os principais eventos que marcaram a evolução da legislação a respeito da segurança ocupacional no Brasil:

- Decreto Legislativo 3.724 de 15 de janeiro de 1919, primeira lei de acidentes de trabalho. Este decreto tratava em seu Art. 1º da conceituação do acidente de trabalho (simplista para os dias atuais), e nos demais artigos tratava das obrigações do contratante na indenização do acidentado, familiares e dependentes (BRASIL, 1919);
- Decreto nº 24.637, de 10 de Julho de 1934 – Estabeleceu as obrigações resultantes dos acidentes de trabalho, trouxe o conceito das doenças profissionais, da assistência médico-hospitalar e instituiu o seguro obrigatório para os acidentados (BRASIL, 1934);
- DECRETO-LEI nº 5.452, de 1º de maio de 1943 - Aprovou a Consolidação das Leis do Trabalho – CLT. Este Decreto reza em seu Capítulo IV sobre “Segurança e Medicina do Trabalho”, foi um passo enorme na melhoria das condições de SSO, ampliando a visão prevencionista, considerando a



exigência de liberação por parte de órgãos de segurança e medicina do trabalho, bem como a exigência que as próprias empresas mantivessem serviços especializados nesta área. Porém, muitos pontos ainda estavam condicionados a Normas que foram expedidas anos mais tarde. Esta edição da CLT traz o embrião de cada uma das principais NRs que foram publicadas nos anos seguintes (BRASIL, 1943);

- DECRETO-LEI nº 229, de 28 de fevereiro de 1967 – Alterou alguns artigos do decreto nº 5.452, estabeleceu as obrigações do “Departamento Nacional de Segurança e Higiene do Trabalho”, e alterou o capítulo V, que passou então a chamar-se “Segurança e Higiene do Trabalho”, e em sua SEÇÃO II “Prevenção de acidentes” estabeleceu a criação do “Serviço Especializado em Segurança e em Higiene do Trabalho – SEMT”, bem como constituiu “Comissões Internas de Prevenção de Acidentes – CIPA” (BRASIL, 1967);
- DECRETO n.º 68.255, de 16 de fevereiro de 1971 – Instituiu em âmbito nacional a Campanha Nacional de Prevenção de Acidentes (BRASIL, 1971);
- LEI nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977 – Alterou o Capítulo V do Título II da CLT, relativo à segurança e medicina do Trabalho. Voltando a nomear o capítulo V da CLT como “Da Segurança e da Medicina do Trabalho”, não incluiu grandes alterações, apenas releituras e melhorias nos pontos já presentes e, no Art. 200, deu o ponto de partida para criação das NRs como documentos específicos, à parte da CLT (BRASIL, 1977);
- Portaria nº 3.214, 08 de junho de 1978 – Aprovou as Normas Regulamentadoras NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Esta Portaria cria 28 Normas Regulamentadoras, que passaram a partir de então a ter força de lei, e atribuiu à Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho a responsabilidade pelas atualizações (BRASIL, 1978).

### 2.3. ESTIMATIVA DE CUSTOS COM ACIDENTES NO SETOR ELÉTRICO

Desde 1999, a fundação COGE elabora um relatório estatístico sobre os acidentes do setor elétrico, este relatório pretende ser, além de um registro, uma importante

ferramenta para facilitar o mapeamento dos acidentes, identificação das causas e propiciar a melhoria contínua do setor elétrico, com a redução de acidentes e melhoria das condições de trabalho (FUNDAÇÃO COGE, 2015).

A fundação COGE é patrocinada por 68 empresas, públicas e privadas, do setor elétrico, indo desde a geração até a distribuição.

No relatório de 2014, revelou-se que o custo total, resultante dos acidentes, rondava um bilhão de reais:

“  
...  
2.1 Custos dos Acidentes

2.1.1 Em 2013 foram perdidas 1.021.472 horas em decorrência dos acidentes com lesão, que se comparadas com as 720.032 horas perdidas em 2012, mostram um aumento de 42%, observando-se que de forma inversa, houve uma redução de horas trabalhadas (8%), ou seja, se as horas trabalhadas tivessem sido as mesmas o tempo perdido com os acidentes seria de mais 12% (totalizando um aumento de 54%). Essas horas perdidas em 2013 equivalem ao total de horas trabalhadas durante um ano de uma empresa do porte da CEPEL ou da ENERGISA MINAS GERAIS.

2.1.2 Com base no estudo de Chiara J.F. de Paiva - apoiado na teoria de Heinrich e na Pirâmide de Bird - voltado à realidade dos acidentes no Brasil, que considera ainda os acidentes sem perda de tempo e os acidentes com e sem danos materiais, o custo dos acidentes no Setor Elétrico Brasileiro seria da ordem de: R\$ 144.640.435,20.

2.1.3 Calculando o custo mínimo estimado com os acidentados de 2013, considerando-se 1.021.472 horas de trabalho perdidas, obtemos o seguinte:  
Custo Mínimo Estimado – CME = 5 (dias perdidos\* x salário médio/dia no setor)  
 $CME_{2012} = 5 \times (127.684 \times R\$ 129,95) = R\$ 82.962.679,00^{**}$ .

\* dias perdidos = horas de trabalho perdidas (1.021.472) dividido pela carga horária diária de trabalho (8h/dia).

\*\* hipótese conservadora uma vez que foi utilizado o multiplicador 5. A literatura técnica disponível indica que o custo indireto de um acidente pode variar de 5 a 50 vezes o seu custo direto.

2.1.4 Calculando o Custo Total Estimado – CTE<sub>2012</sub> =  $[50 \times (1.021.472 \times R\$ 129,95)]$  na hipótese menos conservadora, considerando-se os acidentes sem perda de tempo e os acidentes com e sem danos materiais, o mesmo seria da ordem de R\$ 829.626.790,00.

2.1.4.1 O Custo Total Estimado dos acidentes do trabalho com empregados próprios das empresas – R\$ 829.626.790,00 – representa, por exemplo, o investimento necessário para a construção de 13 PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas de 30 MW cada, que poderiam atender a uma demanda de cerca de 1.625.000 habitantes

Esse custo representa o investimento em 14.304 km de Redes de Distribuição em média tensão – Spacer Cable.

O Custo Total Estimado poderia representar, ainda, o montante aproximado necessário para a construção de 2.963 km de Linhas de Transmissão, em 230 kV, circuito simples, incluindo: levantamento topográfico, projeto de engenharia, materiais e construção.  
...” (FUNDAÇÃO COGE, 2015)

## 2.4. AS NORMAS REGULAMENTADORAS

Uma vez instituídas as normas regulamentadoras como obrigatórias, todos os trabalhos executados, bem como os produtos (projetos, equipamentos e etc.) devem atender estes requisitos, sob pena de multa e interdição, até a devida regularização, e agravo, no caso da ocorrência de acidentes de trabalho (BRASIL, 1978).

“ ...

As Normas Regulamentadoras (NR), relativas à segurança e saúde do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

O não cumprimento das disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde no trabalho acarretará ao empregador a aplicação das penalidades previstas na legislação pertinente.

...” (BRASIL, 2016)

A Portaria nº 3.214 / 78 aprovou 28 NRs, estas foram revisadas e melhoradas por uma comissão tripartite, formada por membros do Governo, representantes dos Trabalhadores e dos Empregadores. Periodicamente esta comissão é chamada para atualizar e complementar as NRs, que hoje já são 35 (a NR-27 foi revogada pela Portaria n.º 262 de 29/05/2008).

Com o intuito de manter o foco nos temas de interesse deste trabalho, serão exploradas apenas as NRs: 01, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 33 e 35.

### 2.4.1. NR-01 Disposições Gerais

A NR1 traz obrigações para o Empregado e para o Empregador, sempre com foco na realização de uma tarefa que pode demandar trabalhos em condições que envolvam riscos à saúde e/ou integridade física do colaborador (BRASIL, 2015).

Ainda que não fique explícito na NR1, o Empregador que irá adquirir um equipamento poderá exigir que este equipamento atenda aos critérios previstos nos regulamentos de Saúde e Segurança Ocupacional - SSO previstos nas NRs, evitando gastos com adaptações após a instalação de tal equipamento, esta exigência está amparada nas NRs específicas e, portanto é condição *sine qua non* que todos os equipamentos e sistemas já sejam projetados alinhados a estas exigências.

#### **2.4.2. NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**

A NR 10 tem seu foco nos requisitos de segurança para os trabalhos com eletricidade, ou nas proximidades de sistemas energizados, citando em seu item 10.1.2 a sua aplicação aos setores de geração, transmissão, distribuição e consumo, em todas as etapas, desde projeto, construção e montagem, até a operação e manutenção (BRASIL, 2015).

Esta NR abre o leque de abrangência, citando claramente em seu item 10.3 as exigências de segurança que devem ser previstas no projeto de sistemas elétricos, e também as condições mínimas de ergonomia, uma vez que no item 10.3.10 chama a NR 17.

#### **2.4.3. NR-11 Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais**

A NR 11 foca na operação e projeto de equipamentos de levantamento e transporte de cargas (BRASIL, 2015). Embora não estejam no foco deste trabalho, os equipamentos de levantamento e movimentação são amplamente utilizados tanto nas fases de fabricação, transporte e montagem. Outro ponto importante, é que há registro de vários acidentes fatais atrelados à movimentação das grandes peças que compõem o equipamento principal de uma Usina Hidrelétrica.

Desta forma, deve-se ter em conta os principais requisitos expressos no texto desta NR, e avaliando se há alguma falha na fase do projeto das peças e equipamentos que possa elevar o risco da operação de movimentação e transporte, além de ressaltar nos manuais as preocupações com os equipamentos de levantamento, seus requisitos de segurança e frequência de inspeção.

#### **2.4.4. NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**

A NR 12 é a Norma Regulamentadora de maior relevância sobre as atividades de projeto das empresas fornecedoras de máquinas e equipamentos mecânicos, incluindo os equipamentos para Usinas Hidrelétricas.

São elencados abaixo alguns pontos de destaque:

“ ...

Princípios Gerais 12.1 Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de

máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis.

12.1.1 Entende-se como fase de utilização o transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte da máquina ou equipamento.

...

12.133 O projeto deve levar em conta a segurança intrínseca da máquina ou equipamento durante as fases de construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação, desmonte e sucateamento por meio das referências técnicas indicadas nesta Norma, a serem observadas para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

...

12.133.2 O projeto das máquinas ou equipamentos fabricados ou importados após a vigência desta Norma deve prever meios adequados para o seu levantamento, carregamento, instalação, remoção e transporte.

...

Arranjo físico e instalações.

12.6 Nos locais de instalação de máquinas e equipamentos, as áreas de circulação devem ser devidamente demarcadas e em conformidade com as normas técnicas oficiais.

12.6.1 As vias principais de circulação nos locais de trabalho e as que conduzem às saídas devem ter, no mínimo, 1,20 m (um metro e vinte centímetros) de largura.

...

Meios de acesso permanentes.

12.64 As máquinas e equipamentos devem possuir acessos permanentemente fixados e seguros a todos os seus pontos de operação, abastecimento, inserção de matérias-primas e retirada de produtos trabalhados, preparação, manutenção e intervenção constante.

12.64.1 Consideram-se meios de acesso: elevadores, rampas, passarelas, plataformas ou escadas de degraus.

12.64.2 Na impossibilidade técnica de adoção dos meios previstos no subitem 12.64.1, poderá ser utilizada escada fixa tipo marinho.

12.64.3 Nas máquinas e equipamentos, os meios de acesso permanentes devem ser localizados e instalados de modo a prevenir riscos de acidente e facilitar o seu acesso e utilização pelos trabalhadores.

...

Componentes pressurizados.

12.77 Devem ser adotadas medidas adicionais de proteção das mangueiras, tubulações e demais componentes pressurizados sujeitos a eventuais impactos mecânicos e outros agentes agressivos, quando houver risco.

12.78 As mangueiras, tubulações e demais componentes pressurizados devem ser localizados ou protegidos de tal forma que uma situação de ruptura destes componentes e vazamentos de fluidos, não possa ocasionar acidentes de trabalho.

12.79 As mangueiras utilizadas nos sistemas pressurizados devem possuir indicação da pressão máxima de trabalho admissível especificada pelo fabricante.

...

Aspectos ergonômicos.

12.94 As máquinas e equipamentos devem ser projetados, construídos e mantidos com observância aos seguintes aspectos:

- a) atendimento da variabilidade das características antropométricas dos operadores;
- b) respeito às exigências posturais, cognitivas, movimentos e esforços físicos demandados pelos operadores;
- c) os componentes como monitores de vídeo, sinais e comandos, devem possibilitar a interação clara e precisa com o operador de forma a reduzir possibilidades de erros de interpretação ou retorno de informação;

- d) os comandos e indicadores devem representar, sempre que possível, a direção do movimento e demais efeitos correspondentes;
- e) os sistemas interativos, como ícones, símbolos e instruções devem ser coerentes em sua aparência e função;
- f) favorecimento do desempenho e a confiabilidade das operações, com redução da probabilidade de falhas na operação;
- g) redução da exigência de força, pressão, preensão, flexão, extensão ou torção dos segmentos corporais;
- h) a iluminação deve ser adequada e ficar disponível em situações de emergência, quando exigido o ingresso em seu interior.

...

Projeto, fabricação, importação, venda, locação, leilão, cessão a qualquer título e exposição.

12.133 O projeto deve levar em conta a segurança intrínseca da máquina ou equipamento durante as fases de construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação, desmonte e sucateamento por meio das referências técnicas indicadas nesta Norma, a serem observadas para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

12.133.1 O projeto da máquina ou equipamento não deve permitir erros na montagem ou remontagem de determinadas peças ou elementos que possam gerar riscos durante seu funcionamento, especialmente quanto ao sentido de rotação ou deslocamento.

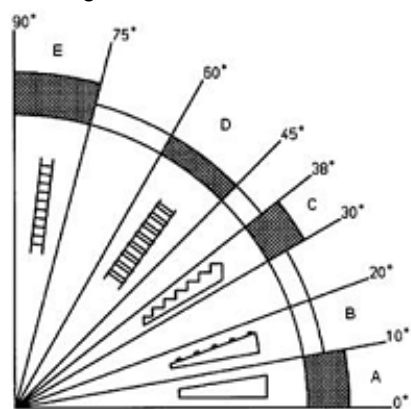
12.133.2 O projeto das máquinas ou equipamentos fabricados ou importados após a vigência desta Norma deve prever meios adequados para o seu levantamento, carregamento, instalação, remoção e transporte.

12.133.3 Devem ser previstos meios seguros para as atividades de instalação, remoção, desmonte ou transporte, mesmo que em partes, de máquinas e equipamentos fabricados ou importados antes da vigência desta Norma.

12.134 É proibida a fabricação, importação, comercialização, leilão, locação, cessão a qualquer título e exposição de máquinas e equipamentos que não atendam ao disposto nesta Norma. (Alterado pela Portaria MTE n.º 857, de 25/06/2015)

....” (BRASIL, 2015)

Figura 3 – Escolha dos meios de acesso conforme a inclinação



Legenda:

A: rampa.

B: rampa com peças transversais para evitar o escorregamento.

C: escada com espelho.

D: escada sem espelho.

E: escada do tipo marinheiro.

Equipamentos nacionais e importados devem seguir os requisitos desta NR, atendendo aos critérios de segurança em todas as fases da vida do componente. Reforça-se, mais uma vez, que a única maneira de atender a esta exigência é que o projeto já seja concebido com esta preocupação, o que está explícito no item 12.133.

#### **2.4.5. NR-13 Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações**

A NR 13 estabelece os requisitos mínimos para projeto e trabalhos com vasos de pressão e suas tubulações (BRASIL, 2015).

Uma Usina Hidrelétrica tem poucos vasos de pressão, e estes são em geral comprados de empresas especializadas em vasos, reduzindo o contato da Engenharia de Integração com os requisitos de fabricação destes componentes.

Este distanciamento resultava em pouca atenção com os requisitos da NR 13 nas fases de montagem e comissionamento, o que acabou gerando retrabalho e expondo pessoas a risco desnecessário.

Felizmente, a nova redação da NR 13 incluiu requisitos quanto à tubulação que interliga os vasos de pressão aos sistemas, colocando esta NR em pé de igualdade com as demais na escala de atenção nos projetos em empresas de turbinas e geradores.

#### **2.4.6. NR-15 Atividades e Operações Insalubres**

Após totalmente montada, não são previstas atividades insalubres na operação de uma Usina Hidrelétrica, porém durante as fases de montagem e manutenção podem existir tarefas insalubres, que requeiram que o trabalhador se exponha a ruídos, temperatura e etc., além dos limites previstos na NR 15.

Embora todos os EPCs e EPIs sejam fornecidos, cabe aqui avaliar a possibilidade de reduzir, ou ao menos mapear estas atividades, para facilitar a criação do Mapa de Riscos da Planta.

#### **2.4.7. NR-17 Ergonomia**

“ ...

17.1. Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

....”(BRASIL, 2015)

Os equipamentos são previstos para operação remota, o que facilita o cumprimento dos requisitos desta NR para a fase de operação, cuja equipe fica predominantemente em escritórios.

Por outro lado, cumprir com os critérios de ergonomia é uma tarefa difícil quando na fase de montagem, uma vez que nem sempre estão disponíveis todas as facilidades previstas para a planta final.

Vale lembrar que grande parte da dificuldade enfrentada na fase de construção, não será repetida durante o ciclo de vida de Operação e Manutenção, uma vez que muitos componentes de grandes dimensões ficarão embutidos em definitivo no concreto, não sendo necessário desmontá-los.

#### **2.4.8. NR-18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**

“ ...

18.1.1 Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção.

....”(BRASIL, 2015)

As atividades relativas à montagem eletromecânica de uma Usina Hidrelétrica se mesclam com as atividades de construção civil, uma vez que há grandes componentes embutidos no concreto o que obriga que ambas as equipes trabalhem juntas. Esta sobreposição traz um perigo a mais, uma vez que há riscos específicos para cada ramo.

No tocante aos critérios de projeto, foi dada atenção às interfaces entre os equipamentos e a construção, como por exemplo o item 18.12.5.10 relativo à escada tipo marinho. Observem que os requisitos da NR 18 para escada marinho são



ligeiramente diferentes dos requisitos da NR 12, para evitar confusão na aplicação de cada um dos critérios, adota-se nos projetos o mais restritivo.

#### **2.4.9. NR-33 Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados**

Como meta, deve-se evitar a criação de espaços confinados, porém em máquinas e equipamentos de grandes dimensões isto nem sempre é possível. Desta forma, devem-se prever facilidades para entrada e saída do ambiente confinado, bem como prever meios para realização de resgate, como pontos de ancoragem / fixação de talhas e caminhos liberados para passagem de macas.

#### **2.4.10. NR-35 Trabalho em Altura**

“ ...  
35.1.1 Esta Norma estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade.  
....”(BRASIL, 2015)

Também neste caso, o objetivo inicial é não criar tais condições. Este objetivo é atendido para fase de operação, porém durante a montagem o trabalho em altura é rotineiro, principalmente em função da montagem das peças que servirão de acesso permanente, e também durante a manutenção, embora com meios de acesso definitivos instalados, o trabalho é executado em plataformas a alturas elevadas.

### **2.5. TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS**

Há diversas técnicas para identificação de perigos e gerenciamento dos riscos de um projeto, porém há que se observarem as especificidades de cada fase do ciclo de vida de um projeto, adotando para cada uma destas fases a técnica correta (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2014).

Desta forma, a avaliação dos perigos poderá ser realizada de maneira eficiente desde os estudos de concepção, passando pelo projeto executivo, fabricação, montagem, comissionamento, operação, até o descomissionamento dos equipamentos e sistemas, objetos destes estudos.

“ ...  
A utilização do enfoque de ciclo de vida, associado com outras atividades do “Gerenciamento Seguro de Processos”, pode eficientemente revelar deficiências no

desenho e operação, antes da unidade estar montada ou operando, tornando assim o uso mais eficaz dos recursos destinados a assegurar a segurança e a disponibilidade da instalação.  
...” (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2014)

Descreve-se abaixo as técnicas que serão utilizadas para identificação dos perigos, e suas principais características e limitações.

### **2.5.1. Análise Preliminar de Perigos – APP**

Esta técnica é derivada do Sistema de Segurança utilizado pelo Exército Norte Americano, a APP foca em grandes perigos, como materiais, sistemas e processos, que em situação anormal podem liberar energia de forma descontrolada. Muitas vezes a APP é realizada muito cedo, sem muita informação do processo, instalações e etc. (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2014).

A APP elenca uma lista genérica de perigos e situações perigosas, e baseada nas informações disponíveis cria possíveis cenários que são então analisados pelos especialistas de cada área, sendo aprimorados ou descartados, conforme a recomendação destes especialistas.

Uma vez de posse dos perigos e possíveis cenários, são propostas melhorias no processo/projeto.

Esta técnica pode ser aplicada no estágio conceitual dos projetos, uma vez que não depende de informações detalhadas, podendo ser utilizada como ferramenta de revisão de projeto.

No caso de projetos de sistemas já conhecidos, as demais técnicas apresentadas aqui trazem melhores resultados que a APP.

### **2.5.2. E se? (*What-IF*)**

Esta técnica baseia-se em um conjunto de perguntas que devem ser respondidas pelos especialistas conhecedores do processo (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2014).

O líder da análise deve estudar os processos e propor junto com os especialistas questionamentos no sentido de entender como o sistema irá se comportar se algo correr de maneira anormal (*brainstorming*).

Esta análise permite uma maior liberdade à criatividade dos especialistas, principalmente quando se tem interação entre diferentes sistemas e seus especialistas.

Demanda um líder altamente capacitado, e a equipe envolvida deve ser corretamente selecionada, sob pena de se supervalorizar alguns perigos e menosprezar outros, levando a um resultado final incompleto.

### **2.5.3. Checklist**

É uma técnica que parte de uma lista de questionamentos e dúvidas que precisam ser respondidas por cada um dos profissionais envolvidos no processo (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2014).

É largamente utilizada para garantir que foram seguidos procedimentos e padrões na realização/planejamento dos trabalhos.

É uma técnica simples, que pode ser utilizada no treinamento de novos integrantes da equipe.

Nesta técnica, os envolvidos têm chance de agregar suas preocupações na lista de questionamentos, o que torna o Checklist uma poderosa ferramenta de análise de perigos, principalmente quando utilizada em conjunto com sessões de *brainstorming* o que estimula a exposição de preocupações.

A grande vantagem desta técnica é que ela pode antecipar todos os perigos potenciais, e se for bem customizado, todo o processo de análise é rápido e eficiente. Por outro lado, se o líder da análise não fizer a customização dos questionamentos, e não ouvir as preocupações dos envolvidos, este processo torna-se demorado, tedioso e ineficaz (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2014).

## **2.6. GERENCIAMENTO TÉCNICO DE PROJETOS**

O Gerenciamento Técnico de Projetos é o responsável pela gestão dos riscos técnicos (PENHA, 2014).

Para uma análise assertiva destes riscos, dividiu-se o projeto de acordo com o ciclo de vida dos equipamentos:

- i. Concepção ou Projeto Básico – Etapa inicial, onde se tem apenas as soluções padrões, os requisitos do cliente e legais, em conjunto com os dados de entrada básicos, que servem apenas como referencia para iniciar os trabalhos. Ainda não se tem nenhum trabalho efetivamente produzido, definimos as filosofias que serão adotadas e concluímos se há algum desenvolvimento tecnológico a ser realizado. Esta etapa consome em média 20% das horas de Engenharia (POLITO, 2013);
- ii. Projeto Executivo – Com base nas filosofias definidas, iniciam-se os cálculos e definem-se os padrões que serão tomados como referencia para o detalhamento. Todos os dados de entrada devem estar definidos e consolidados. Esta etapa consome 70% das horas de Engenharia (POLITO, 2013);
  - Projeto Executivo de Detalhamento – Está contido dentro do Projeto Executivo, sendo a última parte deste, corresponde em média a 80% dos trabalhos nesta fase. Esta é a fase em que a maior quantidade dos documentos de projeto é emitida. Qualquer alteração após esta fase impactará na revisão de dezenas documentos.
- iii. Fabricação – O Projeto Detalhado segue para a fábrica, própria ou de terceiro, onde será convertido em peças. Nesta fase são gastos os 10% finais das horas de Engenharia, reservadas para acompanhamento de fabricação. As alterações agora impactam em peças físicas, não só em papéis e modelos computacionais (POLITO, 2013);
- iv. Transporte – As peças e componentes estão prontos e seguem para o campo onde serão aplicadas/montadas;
- v. Estocagem na Obra – As peças chegam ao campo com certa antecedência à sua necessidade de aplicação, portanto terá obrigatoriamente que ficar armazenada, porém os meios de movimentação de cargas e os espaços para armazenagem na obra nem sempre são ideais, resultando em acionamento de engenharia para recuperar peças de pequenos danos causados nesta fase;
- vi. Montagem – Em projetos de grandes dimensões, não é possível fazer pré-montagens em fábrica, portanto é na montagem de campo que finalmente as

peças estão todas juntas e confirma-se se estas se encaixam conforme os modelos computacionais. Dado a distância das obras, precariedade dos equipamentos em campo para fazer alterações/reparos, e dimensões dos componentes, a análise de risco técnico de montagem, além das questões de SSO, na fase de projeto, é de extrema importância (POLITO, 2013);

- vii. Comissionamento – Os sistemas que foram montados são colocados para funcionar, inicialmente sistema a sistema, e por fim toda a planta é colocada para funcionar. Nesta fase são aferidos os ranges de operação e verificado o comportamento dos sistemas em conformidade com o esperado. Nesta fase também se faz a simulação de diversos problemas, testando as rotinas de autoproteção da planta;
- viii. Operação – Uma vez o cliente tendo aceitado o equipamento, inicia-se a fase de operação. Normalmente, uma grande quantidade de pendências relacionadas ao equipamento e sua adequação aos regulamentos de SSO são descobertos nesta fase, impactando em retrabalho em todas as fases anteriores, como exemplo: a mudança de uma simples luz de sinalização, pode impactar em dezenas de documentos, além do trabalho de comprar um item separado e montá-lo em campo (POLITO, 2013);
- ix. Manutenção – Esta fase do ciclo de vida do equipamento não é responsabilidade do fabricante, porém devem-se prever as condições necessárias à manutenção segura, visando a disponibilidade do equipamento, bem como facilidade de identificação e intervenção;
- x. Descomissionamento – O equipamento chegou ao final de sua vida útil e precisa ser desmontado. Os manuais devem trazer instruções sobre destinação de materiais especiais e/ou potencialmente perigosos para o Meio Ambiente. Os óleos e graxas são um exemplo.

Com base nestas dez fases do ciclo de vida dos equipamentos e sistemas, será realizada a análise dos riscos e verificação de conformidade com os requisitos de SSO em cada fase, além da avaliação das possibilidades e custos para mitigação deste.

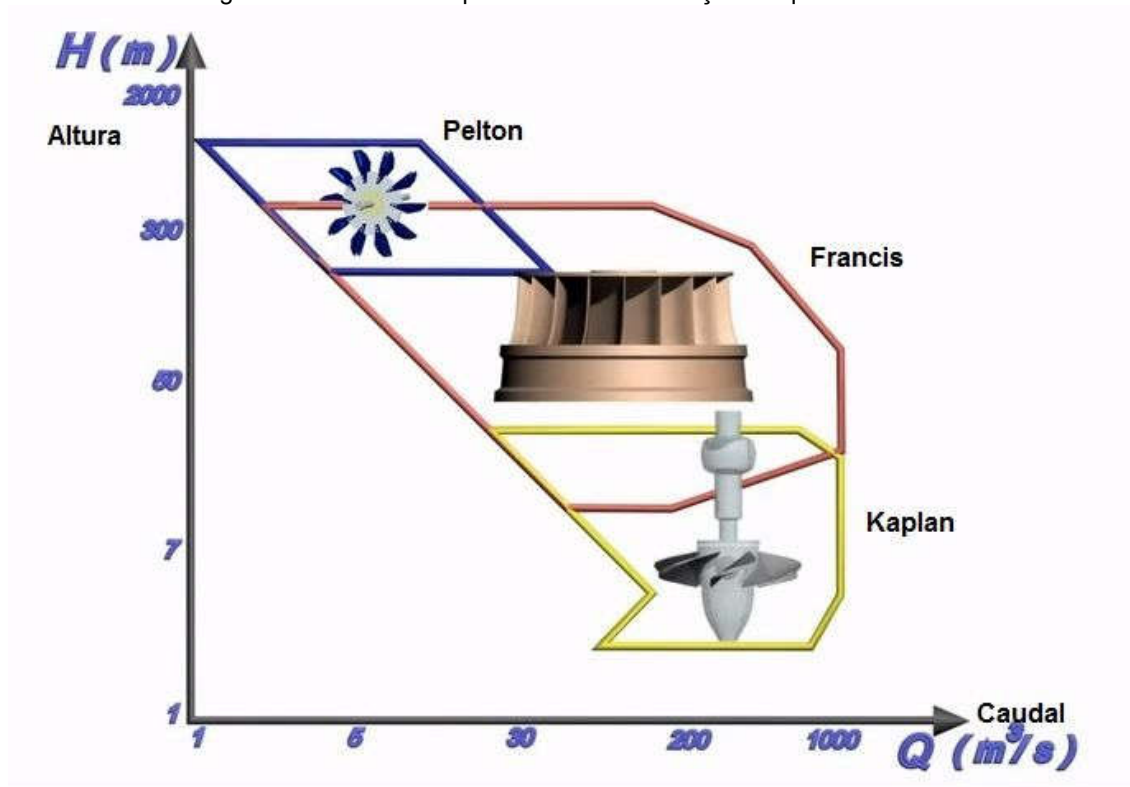
## 2.7. TURBINAS HIDRÁULICAS TIPO BULBO

Existem basicamente três tipos de turbinas hidráulicas: Pelton, Francis e Kaplan, cada uma delas é adaptada para operar otimamente em uma condição de queda (Figura 4). Desta forma o desnível disponível é que determina o tipo de turbina que deverá ser adotada em um aproveitamento (WIKIPÉDIA, 2007).

Dentro das turbinas tipo Kaplan, temos um arranjo com sua instalação horizontal, o qual é chamado de “Tipo Bulbo”. Este tipo de arranjo permite explorar quedas baixíssimas, podendo ser instalada em rios de planície, como é o caso dos grandes rios da região norte do Brasil (VALÊNCIO, 2007).

Embora ainda pouco utilizadas no Brasil, uma vez que temos apenas seis usinas com este tipo de turbina (UHE Canoas I e UHE Canoas II, UHE Baguari, UHE Jirau, UHE Santo Antônio e UHE Pimental), com a evolução da exploração das bacias da região norte, este número tende a crescer rapidamente.

Figura 4 – Escolha do tipo de Turbina em função da queda x vazão



Fonte: <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/imagenes/elegir-turbina-hidraulica.jpg>

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Será realizada uma análise técnica, mostrando para cada fase do ciclo de vida do projeto (conforme item 2.6), os perigos potenciais, as formas que se poderia atuar para mitigar estes riscos, e uma análise focada nos aspectos financeiros, elencando o risco econômico que um projeto fica exposto, quando não são adotadas as ferramentas de análise de riscos apropriadas.

Por último, será apresentado um plano de longo prazo, para melhoria continua e mitigação do risco em todos os demais projetos.

#### 3.1. CÔMPUTO DE HORAS DE EXPOSIÇÃO AO RISCO

O cálculo de horas de exposição ao risco leva em conta a quantidade de trabalhadores que, direta ou indiretamente, ficaram expostos aos riscos advindos do equipamento mal projetado. Este risco poderia ser, por exemplo, acidentarse na utilização da plataforma, ou mesmo ser atingido por um objeto que caísse em função da falta de um rodapé.

A construção de uma usina hidrelétrica chega a ter dezenas de milhares de trabalhadores, porém na área em que está montada a Plataforma do Distribuidor, o acesso é mais restrito, por isto serão utilizadas aproximações baseadas nos times destacados para montagem deste equipamento, bem como os profissionais que trabalhavam próximo a esta plataforma, montando máquinas adjacentes, ou que precisavam passar por baixo destas plataformas para chegar aos seus postos de trabalho.

#### 3.2. ESTUDO DO CASO FINANCEIRO

O estudo de caso será realizado com base em informações de arquivo pessoal do autor, a ferramenta de análise financeira será simples.

Serão evitadas extrapolações e, se necessário, a aproximação financeira será realizada trazendo a valor presente conforme taxa de juros base dez/2015.

- Selic em dezembro 2015 = 14,25% a.a.

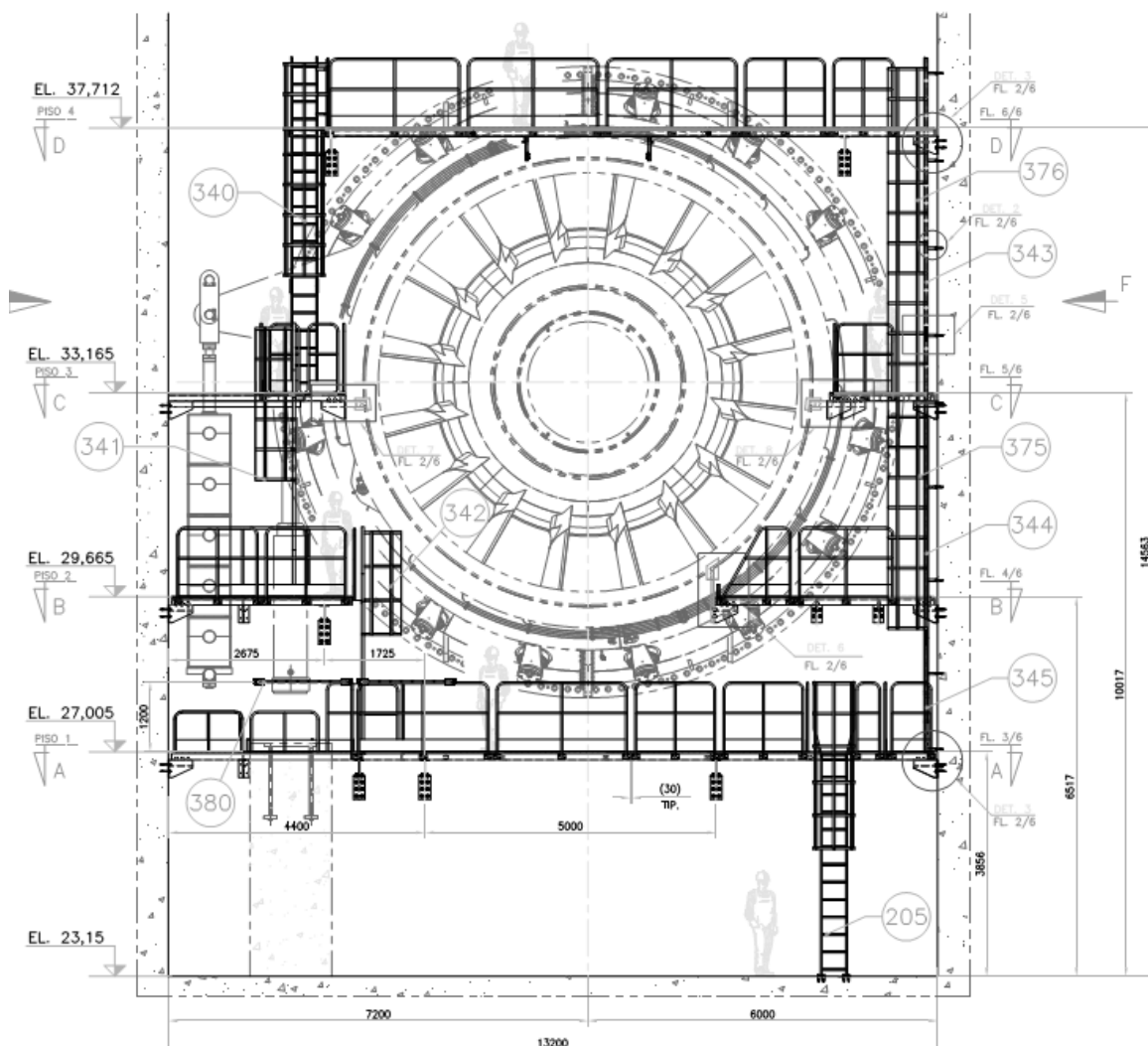
Basicamente, será levantado o custo direto total com o fornecimento errado do equipamento, e avaliado qual seria o custo de realizar a verificação do Projeto Básico sobre os critérios de SSO, considerando aqui que a equipe de engenharia já

estará mobilizada e dedicada ao projeto, portanto entram neste comparativo apenas os custos das horas dedicadas à verificação do projeto da plataforma.

Uma vez que uma Usina Hidrelétrica tem centenas de componentes e sistemas que poderiam ser submetidos a estas análises, será dado destaque a um único sistema, realizando uma análise quantitativa, que poderá ser extrapolada para todos os sistemas da Usina, dando a ordem de grandeza dos riscos associados.

Para esta análise, destacar-se-ão as Escadas, Passadiços e Plataformas de acesso ao Distribuidor da Turbina Figura 5, as quais, neste trabalho, serão chamadas neste trabalho apenas de “Plataforma do Distribuidor”.

Figura 5 – Projeto Final da Plataforma do Distribuidor da Turbina



Fonte: Arquivo Particular



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em projetos de equipamentos para usinas hidrelétricas, tudo pode tomar grandes dimensões, com centenas de milhares de reais envolvidos.

Será discutido um equipamento muito simples, que compõem os meios de acesso para Manutenção básica dos componentes menores do distribuidor de uma Unidade Geradora hidrelétrica do tipo bulbo. Chama-se manutenção básica, pois qualquer manutenção maior em uma turbina exigiria desmontagem de peças pesadas, e, portanto, montagem de andaimes e utilização da ponte rolante, o foco deste trabalho é o acesso permanente para manutenção rotineira.

No caso estudado, este conjunto de escadas e passadiços tem quase 15 metros de altura e mais de 13 metros de largura, somando quase 8 toneladas de aço Figura 6.

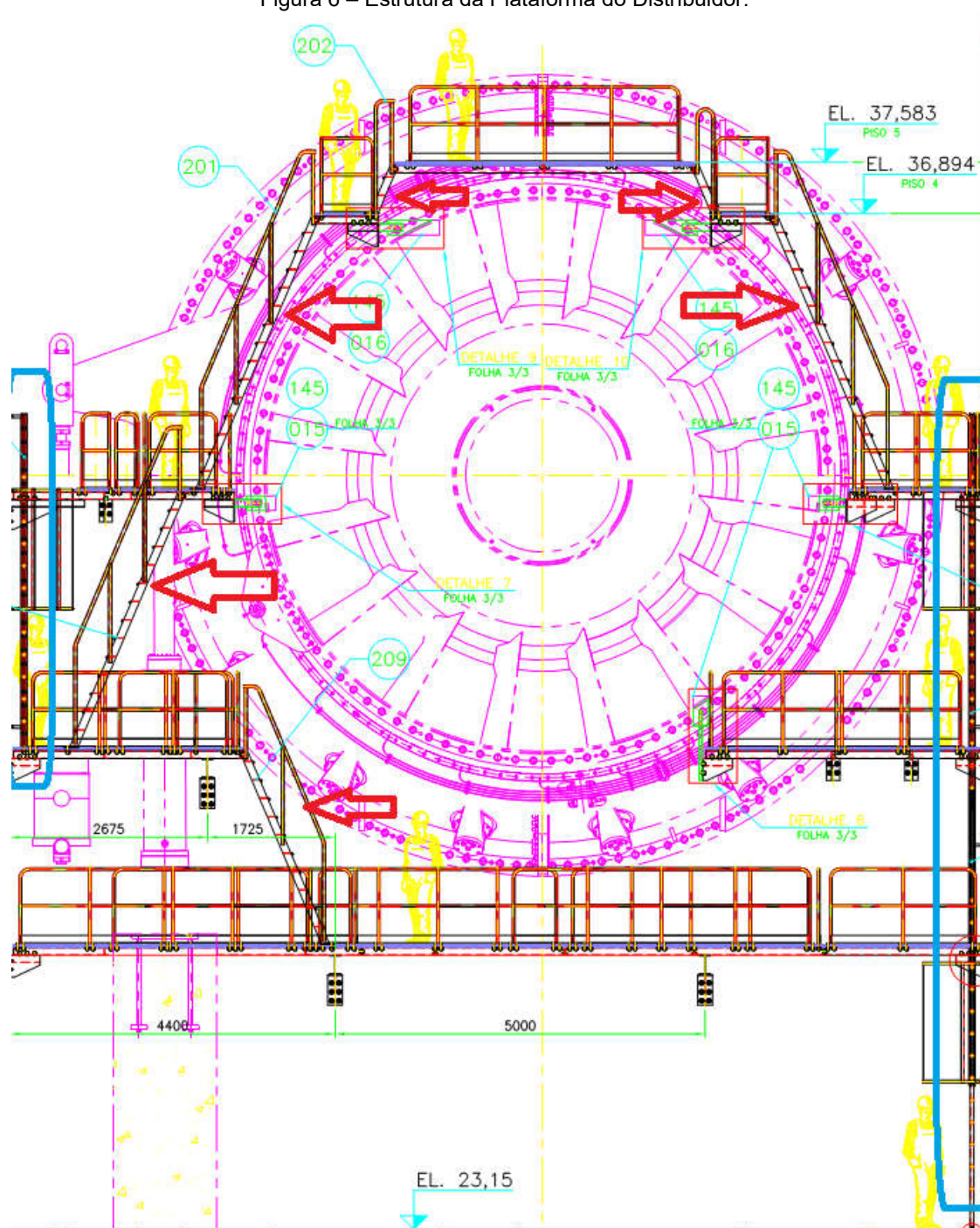
Lembrando a legislação vigente, conforme item 12.133 da NR 12, o projeto deve prever meios seguros de acesso para atender a todas as fases da vida do equipamento.

Desta forma, é necessário não só garantir a segurança operacional para o equipamento, mas também prever os meios de acesso, pontos de ancoragem para os trabalhos em altura, pontos de pega e içamento para transporte de componentes pesados, dispositivos de manipulação dos componentes pesados e etc.

Avaliando as fases do projeto, não há dúvida que a fase mais interessante para inserirmos todos estes requisitos é a fase de concepção do projeto, ao mesmo tempo, também é nesta fase que se tem as informações mais genéricas, o que pode resultar em riscos de retrabalho.

Será avaliado o impacto de realizar esta análise de atendimento dos requisitos das NRs em cada uma das fases, tendo como base que seu atendimento é obrigatório e o projeto já deveria contemplá-los.

Figura 6 – Estrutura da Plataforma do Distribuidor.



Fonte: Arquivo Pessoal

#### 4.1. CONCEPÇÃO OU PROJETO BÁSICO

Conforme item 12.64 da NR 12, devem ser previstos no projeto, meios de acesso seguros, portanto, após consolidado o projeto da turbina e do distribuidor, especificou-se conceitualmente os pontos que precisariam ser acessados pela equipe de Operação e Manutenção, este foi o embrião do projeto da Plataforma do Distribuidor.

Em grandes empresas do setor de equipamentos para Geração de Energia, os meios de acesso, guarda-corpos, e etc., são classificados como equipamentos do “Tipo Acessórios”, e nesta classificação podem ser totalmente produzidos em terceiros, inclusive seu projeto.

Os equipamentos classificados como do Tipo Acessórios são comumente fabricados em fornecedores menores, sem estrutura e preparo para detalhamento e verificação do projeto que foi recebido para orçamento. Em resumo, são caldeirarias que apenas fabricam conforme o desenho recebido.

Nesta fase, gastam-se 50 hh para o processo de Consolidação dos Requisitos e Especificação Técnica de compra.

É o início de todo o processo construtivo, portanto, qualquer erro que passe ou seja criado aqui, irá repercutir por todo o projeto, gerando retrabalhos e sobrecustos.

Uma simples análise de riscos do tipo “E se” iria elencar os principais perigos e os requisitos para mitigação e controle.

#### 4.2. PROJETO EXECUTIVO

Para os equipamentos do Tipo Acessórios, o Projeto Executivo pode ser terceirizado, porém o caso especial que está sendo analisando foi desenvolvido internamente.

Mesmo quando desenvolvido por equipe interna, os Equipamentos Tipo Acessórios não contam com a mesma estrutura de verificação de Projeto destinada aos equipamentos principais, desta forma economizam-se horas de engenharia nestas peças, avaliadas como menos importantes para o funcionamento da máquina.

Nesta fase, gastou-se 180 hh para o cálculo, detalhamento de desenhos, especificação de materiais, e verificação do Projeto Executivo da Plataforma do Distribuidor, todo este material foi incorporado à documentação enviada para orçamento nos fabricantes.

Os problemas (erros) descobertos nesta fase pagam apenas o custo de retrabalho do projeto básico, o que é irrisório se comparado aos efeitos que estes erros irão causar ao passar para a fase seguinte.

Nesta fase, o ideal é uma análise de riscos do tipo *Checklist*, que deveria ter como base os perigos elencados na fase anterior, somado aos perigos identificados pelos desenvolvedores do projeto, passando pelos requisitos das normas vigentes.

#### 4.3. FABRICAÇÃO

Não é escopo deste trabalho, discutir os aspectos relativos ao processo de fabricação, mas sim a responsabilidade de se fabricar produtos conforme normas e regulamentos de SSO.

As NRs 12 e 18 determinam os requisitos mínimos para os meios de acesso a estruturas e equipamentos, estas NRs passaram a ter força de lei em 1978, e desde então nenhum fabricante nacional pode alegar ignorância a estes requisitos. No caso avaliado, o fabricante das peças recebeu um desenho detalhado com materiais, cotas e medidas, e alegou apenas fabricar o equipamento desenhado, sem nenhuma responsabilidade sobre quaisquer aspectos do projeto.

O proponente vencedor orçou em R\$ 77.000,00 cada conjunto de Plataforma do Distribuidor FOB (Modalidade de compra em que o frete, encargos e seguros do transporte ficam a cargo do Comprador), base dez/2015. O pedido total foi de (44) conjuntos, para toda a Usina.

Nesta fase, também a utilização de um *Checklist* iria expor os problemas do projeto, porém os aspectos legais do contrato firmado entre o responsável pelo projeto e o responsável pela execução (terceiro) impedem a transferência ou compartilhamento do problema.

#### 4.4. TRANSPORTE

Conforme NR 12, os meios de levantamento e carregamento devem ser previstos no projeto das peças, somando-se as preocupações apontadas na NR 11, deve-se garantir que as principais preocupações apontadas foram levadas em conta no projeto, como pontos de pega corretamente definidos, marcação de centros de gravidade, especificação de ângulos mínimos para cabos e etc.

Não está no âmbito do trabalho avaliar as condições do transporte seguro, mas sim se o projeto previu meios para um transporte seguro.

Todo o equipamento foi projetado de modo a ser desmontado em peças em tamanho adequado para o transporte, e remontado em obra. Não há visitas ao projeto principal do equipamento nesta fase, portanto não haveria chance de detectarmos erros conceituais, a não ser que estes impactassem no transporte.

Em função do volume da carga, e do correto acondicionamento, cada Plataforma do Distribuidor ocupa duas carretas, o custo total do transporte até a usina (São Paulo/SP – Porto Velho/RO), foi de R\$ 15.000,00 por unidade, base dez/2015.

#### 4.5. ESTOCAGEM NA OBRA

Foram previstos os pontos corretos para pega e manuseio no site, portanto a estocagem na obra não trouxe dificuldades além do espaço ocupado pelos equipamentos, o que foi resolvido estocando-os em local aberto, sem prejuízo, uma vez que isto foi previsto no projeto através da adoção de pintura anticorrosiva para exposição a tempo.

Nesta fase não há visita ao projeto, e o custo não pôde ser estimado em função da utilização compartilhada do espaço e equipamentos com os demais componentes da Usina, os quais são muito maiores que este item único.

#### 4.6. MONTAGEM

Conforme item 12.133.1 da NR 12, o projeto deve prever artifícios para impedir montagens erradas que possam acarretar riscos aos trabalhadores.

Os mesmos pontos de pega, e a divisão em partes, pensados para o Transporte e Estocagem, são utilizados pela equipe de montagem durante os trabalhos de montagem e instalação. Os projetos preveem identificação das peças e manuais com sequência de montagem, o que garante o atendimento do requisito de norma para esta fase.

Vale ressaltar que a Engenharia recebeu comentários da montagem, em função de melhorias de sequências e processos de montagem, além das anotações “Conforme Montado” confirmando cotas e medidas que são propositalmente deixadas para ajuste em obra.

Nesta fase são verificados nos projetos apenas os itens supracitados, necessários aos trabalhos de campo.

Os problemas descobertos nesta fase são em geral corrigidos por adequações em campo, estas adequações são custosas, mas mantém os custos apenas diretos, sem prejuízo à imagem da empresa fornecedora.

A montagem deste componente custou R\$ 80.000,00 por unidade, base dez/2015, este custo é justificado em função da dimensão do equipamento, que tem muitas partes para serem montadas em alturas elevadas, sendo necessário montar um andaime de igual dimensão ao componente, porém de caráter provisório.

#### 4.7. COMISSIONAMENTO

A Plataforma do Distribuidor não é um equipamento que necessite de comissionamento, uma vez que não requer nenhuma configuração/teste. Apenas faz-se a checagem dos requisitos de projeto e conferência de itens chave, previsto no manual de montagem.

Porém, a equipe de comissionamento utiliza estes meios de acesso para realização das atividades do comissionamento da Unidade Geradora, o que requer a consciência crítica destes profissionais para identificar problemas e falhas de projeto/montagem no que diz respeito aos requisitos de segurança, sendo possível até interromper esta atividade em caso de falha grave.

O não atendimento às NRs não foi identificado pela equipe de campo, e perdeu-se assim a última chance de corrigir o problema sem exposição da imagem da

empresa, e o pior, passou-se a partir deste momento a acumular horas de operação de um equipamento que não cumpre os requisitos mínimos de segurança e carrega um alto risco de acidente com consequências potenciais graves.

#### 4.8. OPERAÇÃO

Não há necessidade que a Equipe de Operação visite a região atendida pela Plataforma do Distribuidor, sendo assim o risco está mitigado pela não exposição.

#### 4.9. MANUTENÇÃO

A Equipe de Manutenção é a principal atendida pela Plataforma do Distribuidor, é através deste acesso que os profissionais podem fazer a reposição de graxa nas articulações e rolamentos do distribuidor da Unidade Geradora, bem como fazer a verificação visual do status e substituição dos instrumentos ali instalados em caso de mau funcionamento.

Como principal atendida cabe a esta equipe “receber” este equipamento, e é nesta hora que os requisitos exigidos em norma, do ponto de vista dos usuários final, são checados. Em suma, itens como largura mínima de acesso, altura mínima de guarda-corpos, critérios para o desenho de escadas e etc., são cuidadosamente verificados para garantir que a instalação final, que será mantida por esta equipe, está em conformidade com as NRs, com os requisitos das ETs e das “Boas Práticas de Engenharia”.

Os problemas descobertos nesta fase tem altíssimo custo direto para serem corrigidos, além de impactarem diretamente na imagem da empresa fornecedora, uma vez que, dependendo da gravidade e extensão, podem carregar consigo o custo do retrabalho de todas as fases anteriores, incluindo também custos de desmontagem e tempo de Máquina Parada.

No estudo de caso abordado por este trabalho, foi nesta fase que os problemas foram descobertos.

#### 4.10. DESCOMISSIONAMENTO / DESMONTAGEM

As preocupações tomadas em conta nos itens 4.6 Montagem e 4.7 Comissionamento valem também para assegurar o atendimento dos requisitos de SSO desta fase, que representa o “fim da vida útil” do equipamento.

Vale ressaltar que o equipamento analisado neste trabalho não carrega equipamentos químicos / radioativos que necessitem tratamento especial, isolamento ou passivação. Toda a sucata é reciclável pelos processos comuns de tratamento de “ferro velho”.

O custo de desmontagem é igual ao custo de montagem, em função da igual dificuldade e igual necessidade de montagem de estruturas provisórias.

#### 4.11. PROBLEMAS ENCONTRADOS

Em novembro de 2012, quase um ano após a entrega da primeira Unidade Geradora para operação, o cliente final fez uma verificação dos requisitos de SSO em toda a instalação, e a Plataforma do Distribuidor, objeto deste trabalho, não passou em diversos requisitos.

##### **4.11.1. Problemas Encontrados pelo Cliente Final**

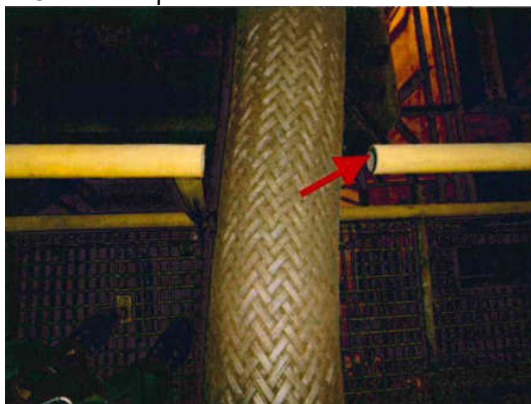
Nesta época, já tinham sido entregues mais de 20 conjuntos de plataforma, e 15 estavam montados ou em término de montagem.

O cliente emitiu um Relatório de Não Conformidade (RNC), cujo os pontos principais estão destacados abaixo:

- Guarda-corpos seccionados em função de interferência mecânica com outros componentes não previstos em projeto, limitando o acesso e trânsito seguro na região (Figura 7, Figura 8, Figura 9 e Figura 10).

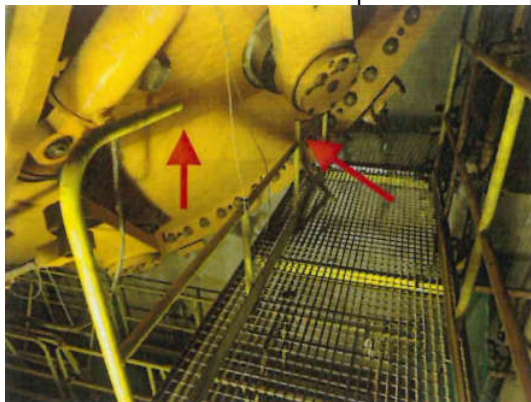


Figura 7 – Guarda-corpo seccionado com interferência mecânica



Fonte: Arquivo Particular

Figura 8 – Interferência mecânica do componente com a plataforma



Fonte: Arquivo Particular

Figura 9 – Tubulação atravessando os passadiços



Fonte: Arquivo Particular

Figura 10 – Trechos sem guarda-corpo por interferência mecânica



Fonte: Arquivo Particular

- Partes de outros sistemas atravessando o passadiço, limitando a mobilidade e impossibilitando o trânsito seguro (Figura 11 e Figura 12).

Figura 11 – Instalação elétrica atravessando o passeio.



Fonte: Arquivo Particular

Figura 12 – Tubulação atravessando a passarela



Fonte: Arquivo Particular

- O projeto não previa ligações entre secções dos guarda-corpos, e muitas vezes os vãos formados na peça montada eram ameaças à segurança de quem precisasse utilizar a Plataforma (Figura 13 e Figura 14).

Figura 13 – Vãos sem proteção entre trechos de guarda-corpos



Fonte: Arquivo Particular

Figura 14 – Vãos abertos sem guarda-corpo ou proteção



Fonte: Arquivo Particular

- As falhas de projetos, somados com o descaso na montagem, criaram aberrações, como proteções de escadas marinheiro iniciando a menos de 1,5 m de altura e escadas marinheiro aflorando no meio do piso da passarela (Figura 15 e Figura 16).

Figura 15 – Escada Marinheiro com montagem errada



Fonte: Arquivo Particular

Figura 16 – Montagem inadequada de conexão de escada marinheiro



Fonte: Arquivo Particular

O relatório do cliente foi pragmático: “... corrigir conforme Normas Regulamentadoras...”.

O problema foi descoberto pelo cliente final, após montado, o que é em termos de custos diretos, o pior momento que isto poderia acontecer.

Porém, a falta de cultura de segurança impediu a tomada de ações emergenciais para uma análise detalhada do problema, foram meses discutindo a melhor (mais barata) forma de corrigir o problema, e durante todo este tempo as Plataformas montadas acumulavam horas de risco à segurança dos profissionais que as utilizavam todos os dias.

#### **4.11.2. Acidente na Plataforma do Distribuidor**

Mesmo antes da entrega para a Equipe de O&M do cliente final, os meios de acesso definitivos são utilizados pela equipe de montagem e comissionamento, conforme vão sendo montados e liberados, e o projeto deficitário destas Plataformas colocou em risco também este pessoal.

Em abril de 2013 um colaborador se acidentou durante as atividades de montagem, ele estava usando os EPIs adequados e por isto não houve nenhuma consequência mais grave, porém a causa do acidente estava patente a todos, eram os problemas no projeto do equipamento.

#### **4.12. TENTATIVAS DE ADAPTAÇÕES**

Após cinco meses de discussão, e motivados pelo acidente ocorrido, foram tomadas medidas emergenciais para resolver os problemas da Plataforma do Distribuidor.

##### **4.12.1. Primeira Tentativa**

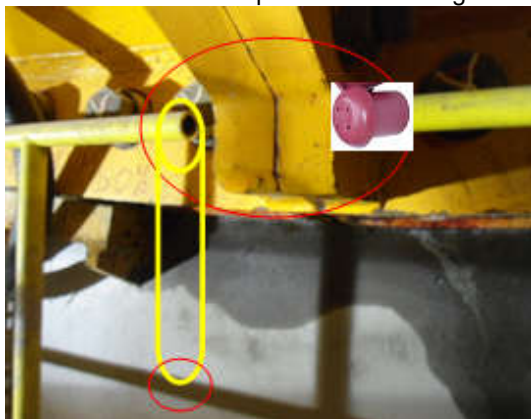
Devido à pressão para resolver o problema, a engenharia partiu do relatório elaborado pelo cliente e propôs uma série de melhorias, cujo intuito era apenas resolver o problema tratando o sintoma, sem uma análise profunda do projeto e alinhamento entre a expectativa da função que se esperava da plataforma e os critérios que deveriam ser atendidos.

Destacam-se abaixo as principais adaptações propostas:

- Capinhas protetoras e terminações para as pontas serradas dos guarda-corpos. Eliminava o risco do objeto perfuro cortante, porém não restituía a principal função do guarda-corpo.



Figura 17 – Acabamento na ponta serrada do guarda-corpo



Fonte: Arquivo Particular

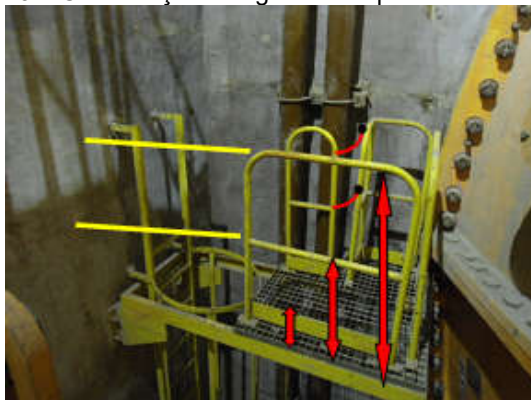
- Conexões flexíveis entre os trechos de guarda-corpos. Poderia ser aplicado se os vãos fossem menores. Mas a solução não foi aceita, pois os vãos eram grandes e numerosos, o que comprometia a segurança total da Plataforma.

Figura 18 – Correntes unindo os trechos de guarda-corpos



Fonte: Arquivo Particular

Figura 19 – Continuação dos guarda-corpos nos vãos abertos



Fonte: Arquivo Particular

- Tentativa de adaptar travessas para fixação de talabartes. Esta ideia evidencia o amadorismo das propostas de adaptação (Figura 20).

Figura 20 – Colocação de travessas para assegurar fixação de talabartes



Fonte: Arquivo Particular

O projeto foi revisado, e dezenas de milhares de reais foram gastos em todas as plataformas já fornecidas e instaladas.

Porém, negligenciou-se o fato que o cliente não tem obrigação de mostrar onde estão os problemas de projeto.

A cada intervenção, novos comentários surgiam, e assim outras duas tentativas de adaptações foram feitas (estas não serão discutidas aqui para não fugirmos do foco), a cada interação dezenas de milhares de reais foram gastos e milhares de horas de trabalho foram acumuladas pelas Plataformas irregulares, acumulando risco aos trabalhadores.

#### **4.12.2. Quarta Tentativa - Definitiva**

O problema das Plataformas do Distribuidor virou assunto da Diretoria do cliente com a Diretoria dos fabricantes, principalmente em função do risco de acidente em um equipamento claramente fora das normas exigidas por lei.

Por isto, em julho de 2014, as empresas envolvidas decidiram realizar o trabalho que poderia ter sido feito em 2010, revisitaram o Projeto Básico da Plataforma, alinharam a função do equipamento aos requisitos que deveriam ser atendidos, e então reprojeteram inteiramente a Plataforma do Distribuidor.

Neste reprojeto, tentou-se reutilizar o máximo possível de componentes, para reduzir o custo direto e também o prazo da implementação.

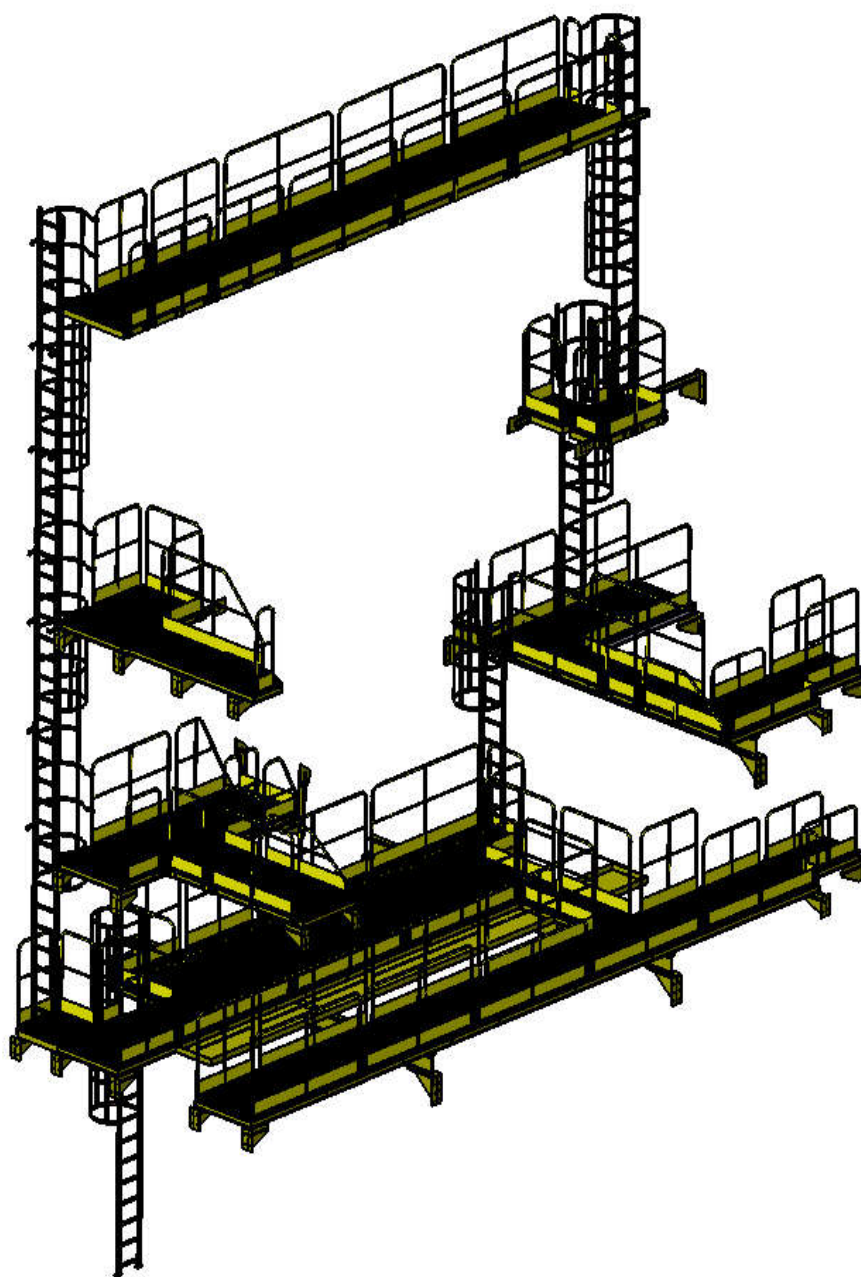
Então, teve-se uma enorme surpresa, havia ainda uma grande quantidade de problemas não identificados nas análises anteriores, os quais inviabilizaram a reutilização da maioria das peças, conforme resumido abaixo:

- Escadas de ligação entre patamares com inclinação de 70°, incompatível com as inclinações permitidas pela NR 12 em seu Anexo III (setas vermelhas na Figura 21), o que inviabilizou a reutilização deste item;
- Escadas marinheiro com degraus de secção retangular, fora das dimensões permitidas pela NR 12 em seu Anexo III (retângulo azul na Figura 21), inviabilizando a reutilização deste componente;
- Largura livre nas passarelas de 57 cm, menor que o mínimo de 60 cm exigido no item 12.73 da NR 12, tornando o custo da adaptação maior que a fabricação de novas, sucateando também estas partes;
- Guarda-corpos, itens que já haviam sido retrabalhados diversas vezes, continuavam fora do determinado na NR 12, no tocante à distância do rodapé ao piso, outro item cujo retrabalho ficaria mais caro que a compra de novos.

Em resumo, pouco se aproveitou do projeto original, pode-se confirmar isto analisando a Figura 22 – Comparativo Antes e Depois dos Projetos.

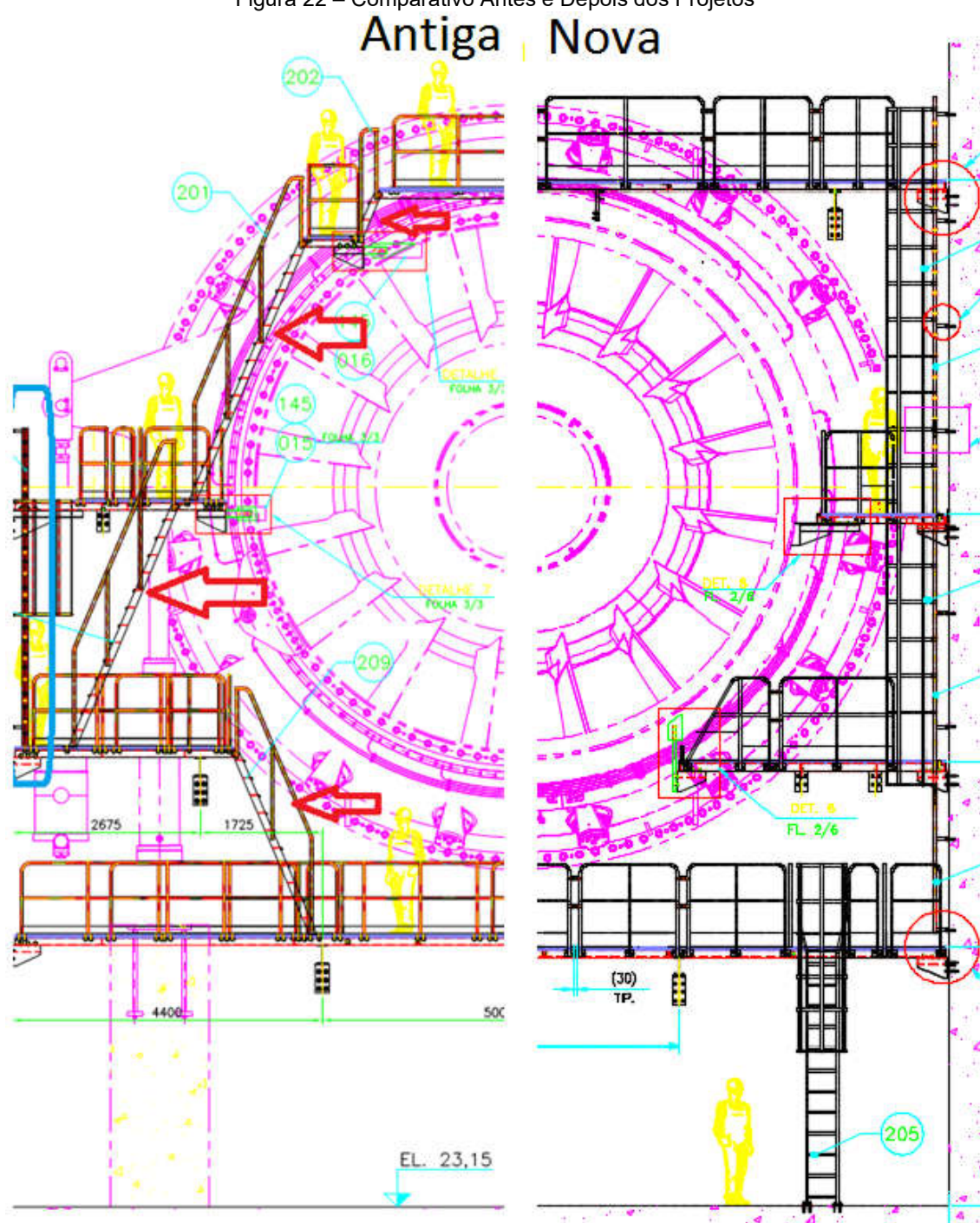


Figura 21 – Projeto Final da Plataforma do Distribuidor



Fonte: Arquivo Particular

Figura 22 – Comparativo Antes e Depois dos Projetos



Fonte: Arquivo Particular

#### 4.13. EXPOSIÇÃO AO RISCO

Embora seja um acesso permanente aos componentes da turbina durante as décadas de vida útil deste componente, a Plataforma do Distribuidor tem sua maior taxa de utilização justamente nas fases de montagem e comissionamento, uma vez que serve de meio de acesso ao pessoal da montagem mecânica e elétrica dos instrumentos.

Após este período inicial, os sistemas de supervisão digital tornam desnecessária a presença de operadores no nível do processo, portanto não há necessidade dos operadores utilizarem esta plataforma. Apenas a equipe de manutenção que fará isto nas verificações de rotina, usualmente mensais.

Desta forma, muito embora os problemas tenham sido descobertos no primeiro ano de várias décadas de vida útil, em termos de exposição ao risco, os dados são assustadores.

Estima-se que ao menos 10 pessoas trabalhassem por dia nesta plataforma durante os dois meses de trabalhos nesta parte da máquina. Ao mesmo tempo, uma centena de pessoas passa na região abaixo desta plataforma todos os dias, acessando as outras galerias. Admitindo que 25 plataformas foram montadas, têm-se:

Risco de Queda:

- Número de pessoas expostas: 10
- Horas de exposição por dia: 8 (1 turno)
- Número de dias:  $26 \times 2 = 52$  dias (úteis + sábados)
  - $10 \text{ pessoas} \times 8 \text{ horas} \times 104 \text{ dias} = 4160 \text{ horas / plataforma}$
  - Para as 25 plataformas = 104.000 horas de exposição.

Risco ser atingido por objeto caindo da plataforma:

- Número de pessoas expostas: 100
- Horas de exposição por dia: 10 minutos (0,6 horas / dia - estimativa)
- Número de dias:  $26 \times 2 = 52$  dias (úteis + sábados)
  - $100 \text{ pessoas} \times 0,6 \text{ horas} \times 52 \text{ dias} = 3120 \text{ horas / plataforma}$
  - Para as 25 plataformas = 78.000 horas de exposição.

Destes cálculos, vemos que apenas equipamento acumulou mais de 180 mil horas de risco de acidente, em equipamentos que levam a marca das empresas fornecedoras, com o agravante do não cumprimento de requisitos legais. Isto é muito preocupante, e por este motivo que a empresa criou um grupo de trabalho para melhoria contínua, que deve garantir o atendimento aos requisitos legais, e a implementação de medidas que melhorem os equipamentos do ponto de vista de SSO, indo além do mínimo exigido nas NRs.

Chama-se a atenção, que foi objeto deste trabalho apenas um dos muitos sistemas de acessos permanentes existentes em uma Unidade Geradora, e claro, pensando apenas nos acessos, portanto a extrapolação do risco chegaria a valores exorbitantes se considerarmos todo o fornecimento.

Considerando que por sorte este problema apareceu antes que o mesmo projeto “contaminasse” outra obra onde seriam fornecidas mais 28 plataformas, e que outros problemas com componentes menores puderam ser resolvidos em campo, os valores (custos e exposição ao risco) apurados com os problemas nas Plataformas do Distribuidor, embora vultuosos, poderiam ser várias vezes maiores.

#### 4.14. BALANÇO FINANCEIRO DO PROBLEMA

- Projeto Original da Plataforma do Distribuidor (orçamento):
  - PB: 50 hh
  - PE: 180 hh
  - Fabricação: R\$ 77.000,00 / pç

- Transporte: R\$ 15.000,00 / pç
  - Montagem: R\$ 80.000,00 / pç
  - Quantidade: 44
  - Valor hh: R\$ 150,00 (menor valor do mercado base 2015 para equipe já mobilizada)
  - **Total:  $230 \text{ hh} * \text{R\$ } 150,00 + 44 * (\text{R\$ } 77.000,00 + \text{R\$ } 15.000,00 + \text{R\$ } 80.000,00) = \text{R\$ } 7.602.500,00$**
- Custo Final da Plataforma do Distribuidor:
    - PB: 50 hh
    - PE: 180 hh
    - Discussões de Engenharia: 250 hh
    - Viagens a campo e inspeções: 200 hh
    - Alterações de projeto: 300 hh
    - Alterações em campo (tentativas):  $\text{R\$ } 25.000,00 / \text{pç} \times 10 \text{ pçs} = \text{R\$ } 250.000,00$
    - Desmontagem das unidades já montadas =  $\text{R\$ } 80.000,00 \times 10 \text{ pçs} = \text{R\$ } 800.000,00$
    - Sucateamento das peças fornecidas =  $25 \times (\text{R\$ } 77.000,00 + \text{R\$ } 15.000,00) = \text{R\$ } 2.300.000,00$
    - Fabricação de Novas peças: R\$ 77.000,00 / pç
    - Transporte: R\$ 15.000,00 / pç
    - Montagem: R\$ 80.000,00 / pç
    - Remontagem das 10 pçs =  $\text{R\$ } 80.000,00 \times 10 \text{ pçs} = \text{R\$ } 800.000,00$
    - Quantidade: 44 pçs
    - Valor hh: R\$ 150,00 (estimado)

➤ **Total: 980 hh \* R\$ 150,00 + 44 \* (R\$ 77.000,00 + R\$ 15.000,00 + R\$ 80.000,00) + R\$ 250.000,00 + R\$ 800.000,00 + R\$ 2.300.000,00 + R\$ 800.000,00 = R\$ 11.865.000,00**

▪ **SOBRECUSTO de R\$ 4.262.500,00, 56% de estouro no orçamento original.**

#### 4.15. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazendo a análise da causa raiz do problema, concluímos que a falta da Cultura de Segurança no time de Engenharia que desenvolve os projetos, levou a não observância dos requisitos legais nos projetos de acessos permanentes. Embora não tenha havido “má fé”, este deslize resultou em um projeto básico falho, e um projeto executivo inconsistente.

O Projeto Executivo foi utilizado para comprar o equipamento em um fornecedor terceirizado, este fornecedor não fez nenhuma análise deste projeto, nem se responsabilizou pelo produto que estava entregando, baseando sua defesa no escopo dos seus trabalhos como “Execução do Projeto Recebido”.

Nas etapas de transporte, recebimento, estocagem, montagem e comissionamento, não houve nenhuma análise crítica dos requisitos de segurança, e nenhum destes atores puderam ser responsabilizados como coniventes, uma vez que as peças estavam conforme Projeto Executivo.

É citado “Cultura de Segurança”, pois enquanto se tem apenas “Requisitos”, estes podem ser priorizados dentro da escala de importância de cada sistema e, portanto, sistemas menos importantes são relegados a equipes menos experientes, resultando em flexibilizações/equívocos. Porém, quando se tem uma Cultura implantada, o Requisito se torna um “Valor”, e não há flexibilizações nem priorizações de valores, torna-se o único caminho a seguir, e é o qual garante o cumprimento dos requisitos necessários.

Muito embora tenham ficado expostos, os envolvidos nas fases de montagem e comissionamento não souberam identificar os perigos, o que revela uma grave deficiência de treinamento do pessoal de campo.

#### 4.16. SOLUÇÃO PARA NOVOS PROJETOS

A aplicação de técnicas de análise de risco como o “*What-If*” e o “*checklist*”, são suficientes para identificar os desvios entre o Projetado e os Requisitos, além de promoverem a difusão do conhecimento entre profissionais de diferentes níveis de experiência.

Em média, gastam-se 10% a mais das horas de Engenharia Totais (Projeto Básico + Projeto Executivo), para verificar e garantir que os requisitos de SSO foram cumpridos, segundo o caso estudado, o acréscimo de custos para verificar o projeto da Plataforma do Distribuidor seria:

- Horas de Engenharia PB + PE = 50 hh + 180 hh = 230 hh
- 10% das Horas de Engenharia = 23 hh
- Total: 23 hh \* R\$ 150,00 = R\$ 3.450,00 (0,08% do sobrecusto gasto)

Desta forma, compensa largamente manter um grupo especializado em SSO verificando os projetos e garantindo o cumprimento dos requisitos obrigatórios, além possibilitar a entrega de soluções completas que sejam mais “amigáveis” ao operador.

Outro ponto importante é a necessidade de melhora da visão crítica do pessoal de montagem e comissionamento, tanto para proteção própria quanto para checar o produto montado antes da entrega ao cliente final.

## 5. CONCLUSÃO

Conforme exposto no capítulo 4, a não aplicação dos requisitos de SSO na fase de concepção dos projetos trás riscos diretos à segurança dos profissionais que irão fabricar, transportar, montar e utilizar os equipamentos, além de sobre custo para adequação, que aumentam a cada fase que o projeto avança em seu ciclo de vida.

No item 4.13 ficam patentes as milhares de horas de exposição ao risco que os equipamentos não conforme acumularam.

O item 4.14 comprova com larga margem as vantagens de ter a uma equipe treinada para verificação dos requisitos de SSO na fase de concepção dos projetos, mantendo assim uma Cultura de Segurança que irá permear todas as demais fases do projeto, trazendo vantagens e melhorias a todos.

Por último, comprovou-se a evolução dos custos de solução de um problema conforme avançam as fases do projeto, encontrando-se um fator 10x (dez vezes) para cada fase onde o problema poderia ter sido detectado. Tomando-se as fases macro: Engenharia 1x, Fabricação 10x, Montagem 100x e Operação 1000x, o problema foi descoberto na última fase e sua correção teve custo da ordem de 1000x (mil vezes) maior se comparado ao custo de sua solução na fase de engenharia.



## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. M. D. **Legislação de Segurança e Saúde Ocupacional**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora e Livraria Virtual, 2008.
- BRASIL - PREVIDÊNCIA SOCIAL. Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho. **Ministério da Previdência Social**, 31 jul. 2015. ISSN ISSN. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/aeat-2013/>>. Acesso em: 28 Fevereiro 2016.
- BRASIL. DECRETO Nº 3.724, DE 15 DE JANEIRO DE 1919 – Republicação. **Câmara dos Deputados - Legislação Informatizada**, 1919. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1910-1919/decreto-3724-15-janeiro-1919-571001-republicacao-94358-pl.html>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.
- BRASIL. Decreto nº 24.637, de 10 de Julho de 1934 - Publicação Original. **Câmara dos Deputados - Legislação Informatizada**, 1934. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24637-10-julho-1934-505781-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.
- BRASIL. DECRETO-LEI Nº 5.452, DE 1º DE MAIO DE 1943. **Presidência da República**, 1943. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm)>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.
- BRASIL. DECRETO-LEI Nº 229, DE 28 DE FEVEREIRO DE 1967. **Presidência da República**, 1967. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0229.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0229.htm)>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.
- BRASIL. Decreto nº 68.255, de 16 de Fevereiro de 1971. **Câmara dos Deputados**, 1971. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-68255-16-fevereiro-1971-409990-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 10 fevereiro 2016.
- BRASIL. LEI Nº 6.514, DE 22 DE DEZEMBRO DE 1977. **Presidência da República Casa Civil**, 1977. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm)>. Acesso em: 10 fevereiro 2016.
- BRASIL. PORTARIA N.º 3.214, 08 DE JUNHO DE 1978. **Câmara dos Deputados**, 1978. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/839945.pdf>>. Acesso em: 10 fevereiro 2016.
- BRASIL. NR 1 - DISPOSIÇÕES GERAIS. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR1.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.
- BRASIL. NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. NR 11 - TRANSPORTE, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAGEM E MANUSEIO DE MATERIAIS. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR11.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. NR 12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12atualizada2015II.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. NR 13 - CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÕES. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR13.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO15.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. NR 17 - ERGONOMIA. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. NR 18 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR18atualizada2015.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. NR 33 - SEGURANÇA E SAÚDE NOS TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR33.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. NR 35 - TRABALHO EM ALTURA. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR35.pdf>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

BRASIL. Portal do Ministério do Trabalho e Emprego. <http://www.mte.gov.br/>, 2016. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 25 Fevereiro 2016.

BRASIL. Normas Regulamentadoras. **Portal do Ministério do Trabalho e Emprego**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 08 fevereiro 2016.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Guidelines for Hazard Evaluation**

**Procedures**. 2<sup>a</sup>. ed. New York: [s.n.], 2014. 20 p. Second Edition with Worked Examples.

CICCO, F. D. QSP - Centro de Qualidade, Segurança e Produtividade. **http:**

**//www.qsp.org.br/**, 1997. ISSN ISBN. Disponível em:

**<http://www.qsp.org.br/biblioteca/da\_reparacao.shtml>**. Acesso em: 06 Fevereiro 2016.

EST-101 / STR-101. **APOSTILA - INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**. São Paulo: USP, 2014. 2-7 p.

FUNDAÇÃO COGE. Compêndio Estatístico sobre Acidentes no Setor Elétrico. **Fundação COGE.org**, 2015. ISSN ISSN. Disponível em:

**<http://www.funcoge.org.br/csst/relat2013/html/comentarios.html>**. Acesso em: 28 Fevereiro 2016.

PASSOS, J. C. **FUNDAMENTOS DA PREVENÇÃO E DO CONTROLE DE PERDAS E AS METODOLOGIAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS**. [S.l.]: [s.n.], 2010.

PENHA, R. Emprego de Técnicas de Gerenciamento de Riscos Técnicos em uma Empresa de Desenvolvimento de Softwares. **Revista Gestão & Tecnologia**, São Paulo, p. 151 a 174, Janeiro 2014. ISSN 2177-6652.

POLITO, G. **Gerenciamento de projetos na construção civil predial - uma proposta**. PMI São Paulo. São Paulo. 2013.

SIQUEIRA, L. **PROGRAMA DE ADEQUAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DA ÁREA DE CORTE E CRIMPAGEM DE UMA INDÚSTRIA DE CABOS ELÉTRICOS À NOVA VERSÃO DA NR-12**. São Paulo: [s.n.], 2012. 16 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, PECE.

VALÊNCIO, T. Turbinas Bulbo - O Futuro dos Projetos no Brasil. **Abinnet TEC 2007**, São Paulo, 25 Abril 2007.

WIKIPÉDIA. Turbina Hidráulica. **Wikipédia**, 2007. Disponível em:

**<https://pt.wikipedia.org/wiki/Turbina\_hidr%C3%A1ulica>**. Acesso em: 10 fevereiro 2016.

ZAGUINI, T. D. A. **Avaliação das Metodologias de Gerenciamento de Riscos**

**Ambientais e de Segurança de Incêndio em uma fábrica de pneus no Rio de Janeiro-**

**RJ**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. 14 p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.