

**PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO EM PLANTAS DE GERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA**

Jairo Benedito Cardoso

São Paulo/SP
2011

EPMI
ESP/EST-2011
C179p

PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO EM PLANTAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

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

São Paulo/SP

2011

Dedico este trabalho aos meus pais que durante suas vidas me proporcionaram a oportunidade de estudar e ter uma formação.

A minha esposa, pela paciência, afeto e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.

AGRADECIMENTOS

É impossível seguirmos adiante sem sentirmos a força daqueles que estão sempre por perto nos fortalecendo a cada momento em que traquejamos. Agradeço também a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Diante desse fato, não posso deixar de reconhecê-los como primordiais e fundamentais nessa minha grande conquista.

EPÍGRAFE

“Quem se descuida da verdade em assuntos
menores não é confiável nos relevantes.”

Albert Einstein (1879/1955)

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo o de orientar o profissional da área de Segurança e Medicina do Trabalho em como planejar uma análise de risco em um sistema de segurança contra incêndios em usinas de geração de energia elétrica, a fim de prevenir e proteger a segurança da casa de força, seus equipamentos como um todo e, principalmente, a vida de seus ocupantes. A metodologia utilizada foi uma análise de riscos, através do método de investigação direta com aplicação de uma lista de verificação, estudando-se o caso de uma Pequena Central Hidrelétrica. Os resultados obtidos indicam que as normas nacionais e internacionais não estão sendo aplicadas adequadamente e também sem a implantação de um Programa de Prevenção de Perdas e Combate a Incêndio na casa de força da Pequena Central Hidrelétrica em análise, sendo necessário alertar aos órgãos fiscalizadores para uma história mais rígida levando em consideração a legislação nacional e internacional vigentes.

Palavras-chave: Pequena Central Hidrelétrica; Análise de Riscos, Programa de Prevenção de perdas; Sistemas de Prevenção de Incêndio.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to offer a health and safety engineer guide on how to adequately planning a risk assessment in Power Plants, to prevent and protect against fire in the power house, its equipment as a whole and especially the lives of its occupants. The methodology used was the risk assessment survey by the method of research with direct application of a checklist by study case of a Small Hydroelectric Plant. The results indicate that national and international standards are not adequately applied and also, without the implementation of a Loss Prevention Program and Fire Fighting in the powerhouse of the small hydroelectric plant in question, it is necessary to alert the authorities to perform a survey in that plant, considering the most restrictive national legislation and international regulations.

Key words: Small Power Station; Risk Analysis; Loss Prevention Program; Fire Prevention Systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Vista de uma casa de força típica	22
Figura 2: Vista de um sistema de óleo lubrificante para as turbinas	23
Figura 3: Vista de um típico bandejamento metálico para cabos de comunicação, controle e de força	24
Figura 4: Vista de uma típica sala de comando	25
Figura 5: Vista de uma passagem de cabos vertical	26
Figura 6: Vista de um transformador elevador com proteção por sistema automático de água e parede corta fogo	27
Figura 7: Casa de Força	29
Figura 8: Vista de um hidrante de saída dupla	31
Figura 9: Vista de um detector de fumaça	35
Figura 10: Vista de uma botoeira do tipo “Quebre o Vidro”	36
Figura 11: Vista de um Sistema automático de Água por aspersores	38
Figura 12: Vista de cilindros de gás carbônico	39
Figura 13: Vista da passagem de cabos com proteção passiva	40
Figura 14: Vista da casa de Força da Pequena Central hidrelétrica analisada	43
Figura 15: Vista geral da PCH	46
Figura 16: Vista das unidades geradoras	47
Figura 17: Vista da barragem e vertedouro	47
Figura 18: Vista do canal de adução	48
Figura 19: Vista dos condutos forçados	48
Figura 20: Vista das unidades extintoras manuais	54
Figura 21: Vista da carreta de pó químico	54
Figura 22: Vista de um ponto de hidrante	55
Figura 23: Vista do transformador Elevador	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas	ABRAMAN - Associação das empresas brasileiras de manutenção
APR - Análise Preliminar de Risco	A.R.T - Anotação de Responsabilidade Técnica
A.S. - Autorização de Serviço	ASO - Atestado de Saúde Ocupacional
BS - British Standards	BSI - British Standards Institution
CCR - Concreto Compactado a Roló	CIPA- Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLT - Consolidação das Leis do Trabalho	CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CO - Monóxido de Carbono	CO ₂ - Gás Carbônico
CREA - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia	DOU - Diário Oficial da União
DN - Diâmetro Nominal	EPC - Equipamento de Proteção Coletiva
EPI - Equipamento de Proteção Individual	FM - Factory Mutual
GM - Gabinete do Ministro	ISO - International Organization for Standardization
KVA - Kilo Volts Amperes	KW - Kilo Watts
MTb - Ministério do Trabalho	MTE - Ministério do Trabalho e Emprego
NR - Norma Regulamentadora	NFPA - National Fire Protection Association
OH&S - Occupational Health & Safety	OHSAS - Occupational Health and Safety Assessment Series
OSH - Occupational Safety and Health	PCMSO - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PDCA - *Plan, Do, Check e Action*
PCH – Pequena Central Hidrelétrica
PQS – Pó Químico Seco.
TR – Tempo de Recorrência.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo	14
1.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Justificativas	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 Dinâmica do Fogo.....	16
2.1.1 O Fogo	16
2.1.2 Fundamento Químico	17
2.1.3 Classes de Fogo.....	18
2.2 – A Engenharia de Segurança	18
2.3 – A Evolução Prevencionista.....	19
2.4 – O Gerenciamento de Riscos	19
2.5 - As principais medidas de Segurança contra Incêndio.....	20
2.5.1 Casa de Força	22
2.6 Sistema Preventivo por Extintores.....	27
2.7 Sistema Preventivo Por Hidrantes	29
2.8 Saídas de Emergência.....	31
2.9 Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosférica (SPDA).....	32
2.10 Sistema de Detecção e Alarme	32
2.11 Sistema de Chuveiros Automáticos.....	36
2.12 Sistema fixo de Gás Carbônico	38
2.13 Proteção Passiva nas Passagens de cabos.....	39
2.15 Normas relativas à prevenção de incêndios	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43

3.1. LOCAL DA ANÁLISE DE RISCOS	43
3.2. DESCRIÇÃO DA PCH (Pequena Central Hidrelétrica)	43
3.2. MATERIAIS UTILIZADOS	50
3.3 MÉTODO	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1. SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E AUXILIARES	53
4.2.1 – Proteção por extintores	53
4.2.2 – Proteção por rede de hidrantes:	55
4.2.3 – Sistema de detecção:	55
4.2.4 – Escadas e saídas de emergência.....	55
4.2.5– Sistema Fixo automático de proteção contra incêndio no transformador elevador:	56
4.2.6– Iluminação de emergência:	56
4.2.8 – Proteção passiva nas passagens de cabos elétricos	57
4.2.10 – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.....	57
4.2.11 - Certificação pela NR – 10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade)	57
4.3. DISCUSSÕES	58
4.3.1: Classificação da Ocupação:	58
Tabela 1- Classificação das Edificações, Instalações e Locais de Risco Quanto à ocupação:	58
4.3.2: Classificação quanto altura:	58
4.3.3: Classificação das Edificações quanto à carga incêndio:	58
4.3.4 Dimensões, classificações e exigências.....	58
5. RECOMENDAÇÕES	62
6. CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO

Devido à responsabilidade que o engenheiro de Segurança do Trabalho exerce na prevenção de incêndios e outros tipos de acidentes para que não ocorram perdas materiais, da imagem da empresa perante o mercado e consequentemente o lucro cessante, além da contínua busca de medidas mitigatórias para a preservação da saúde e integridade física dos trabalhadores em Plantas de Geração de Energia Elétrica, esse trabalho vem apresentar a adoção de medidas adequadas ao tipo de atividade para prevenção contra incêndio, através de uma análise dos riscos.

Nessa perspectiva, é considerado que um estudo crítico e reflexivo nos possibilita melhor compreender a complexidade do referido tema. A prevenção de riscos trás consigo um desafio, pois representa uma tentativa de contribuir na conscientização quanto aos cuidados básicos.

O tema apresentado aponta que as medidas preventivas de segurança contra incêndio quando aplicadas de acordo com as melhores práticas de segurança, em caso de um acidente, poderão levar à minimização do risco de deflagração de incêndio e de propagação do fogo na casa de força, e garantir durante o tempo de atuação do alarme a possibilidade de retirada das pessoas que se encontram no local, a facilidade de socorro e de combate ao fogo, além da proteção das pessoas contra os efeitos da fumaça e das altas temperaturas.

1.1 Objetivo

O objetivo a que se propõe este estudo é o de analisar os sistemas existentes para a prevenção dos riscos de incêndio específicos em plantas de geração de energia elétrica, e apontar e propor as mudanças necessárias.

1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos apresentam-se:

a) Diagnosticar e identificar a existência de riscos de incêndios referentes às instalações elétricas, às estruturas e ao sistema de armazenagem no almoxarifado;

b) Analisar os sistemas de detecção, de prevenção e combate a incêndio e as proteções passivas existentes;

c) Propor de acordo com as normas nacional e internacional, sistemas adequados de prevenção e combate a incêndios e proteções passivas na casa de força, alarmes e sinalizações remotas.

d) Incentivar o repensar sobre as estratégias utilizadas para inibir os fatores de riscos de incêndio nesse tipo de atividade, além de estimular contribuições futuras sobre a problemática específica abordada.

e) Tornar esse trabalho um material prático que propõem uma proposta de modelo de análise de riscos.

1.3 Justificativas

Exercendo um envolvimento maior dos conhecimentos técnicos e das melhores práticas de segurança que nos foram repassadas nesta especialização, optou-se por abordar a Análise de Riscos. O desenvolver desse tema requer do profissional um conhecimento abrangente das questões relacionadas aos tipos de proteções ativas e passivas específicas para o tipo de ocupação especificadas em normas nacional e internacional e também as questões quanto à segurança e saúde do trabalhador.

As plantas de geração de energia devem estar providas de equipamentos adequados para o alarme e a extinção de incêndios, em perfeito estado de funcionamento, situados em locais acessíveis e convenientemente

identificados e sinalizados, dispor de pessoal devidamente instruído e treinados no uso destes equipamentos.

A escolha do tema desenvolvido é justificada pela responsabilidade que o assunto exige, como também da qualificação necessária ao profissional para que o resultado final seja um documento que tenha imparcialidade e credibilidade, com o firme propósito de contribuir no controle e melhoria do local em análise.

Resumidamente, as plantas de geração de energia elétrica que adotam um sistema de controle das condições dos meios de proteção, devidamente regularizados perante a legislação vigente, proporcionam aos seus funcionários uma melhor qualidade de vida, consequentemente gerando reflexos positivos a todos os envolvidos nesse tipo de atividade, ou seja: aos proprietários, ao meio ambiente e a sociedade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A fim de conhecermos e entendermos por que a água e outros agentes apagam o fogo, é fundamental conhecermos as condições necessárias para a existência do fogo, que são fundamentalmente o calor, o combustível (oxigênio) e o combustível. Retirando-se qualquer um desses três componentes do fogo, ele se apagará, logo é necessário entendermos sua dinâmica, química e os tipos de fogo.

Outros pontos necessários de se entenderem é o que significa a Engenharia de Segurança, a Evolução do Prevenционismo e as Técnicas de Análise de riscos.

2.1 Dinâmica do Fogo

2.1.1 O Fogo

Entende-se como fogo uma manifestação de combustão rápida com a emissão de luz e calor, sendo constituído por três entidades distintas, que compõem o chamado "Triângulo do Fogo". São eles o combustível (aquilo que queima como a madeira), o combustível (que permite a queima, como o oxigênio) e o calor. Sem uma ou mais dessas entidades, não pode haver fogo.

De acordo com Brentano (2004, p. 39), o fogo pode ser definido como:

Uma reação química, denominada combustão, que é uma oxidação rápida entre o material, combustível, líquido, sólido ou gasoso e o oxigênio do ar, provocado por uma fonte de calor, que gera luz e calor.

O fogo tem início e irá durar se houver suprimento contínuo de um combustível, de calor e de um combustível (oxigênio). O calor de ignição necessário para se iniciar o fogo, na prática é dado por uma fonte de calor como uma fálscia, um fósforo, um raio, etc. Na falta de pelo menos um dos componentes, didaticamente descritos no triângulo do fogo o fogo não se inicia, ou se estiver aceso, se apaga.

De acordo com Luz Neto (1995, p. 29): "O fogo é uma reação química peculiar chamada combustão". O autor afirma ainda que para apresentar essa

combustão é necessário existirem simultaneamente os três vértices de um triângulo teórico.

Com efeito, pode-se extinguir o fogo retirando-se o calor, por resfriamento (jogando-se água, que faz com que o fogo perca calor) ou removendo-se o oxigênio (usando-se CO_2 ou abafando-se) ou ainda retirando-se o combustível (madeira, gasolina, gás, etc.).

2.1.2 Fundamento Químico

Os resultados da combustão (principalmente vapor de água e gás carbônico), em altas temperaturas pelo calor desprendido pela reação, emitem luz visível. O resultado é uma mistura de gases incandescentes emitindo energia.

A isto se denomina chama ou fogo. O fogo não é, portanto nem sólido, líquido ou gasoso, é energia.

A composição dos gases que se desprendem, assim como a sua temperatura e disponibilidade do comburent, determina a cor da chama. No caso da combustão de madeira ou papel a chama é roxa, amarela ou alaranjada. Na queima de gases de hidrocarbonetos obtém uma chama azulada, e cores exóticas são obtidas quando são queimadas substâncias que contêm elementos metálicos.

Pode-se também a partir da cor do fogo estimar a temperatura de autotornos industriais, uma vez que a temperatura do fogo também varia de acordo com a cor da chama. Deve-se considerar aqui que há então vários fatores, entre eles o tipo de combustível e a temperatura do fogo que fazem o fogo ter determinada cor.

Mais recentemente na história do estudo do fogo foi aceito um novo componente necessário para existir o fogo, a chamada *reação em cadeia*. Com a inclusão da *reação em cadeia* surgiu um novo modelo para estudo do fogo, o qual se denominou o Tetraedro do Fogo.

2.1.3 Classes de Fogo

O fogo pode ser classificado em três classes distintas, as quais dependem da origem do incêndio, ou seja: as Classes A, B e C.

Classe A: O fogo classe A é o único que pode ser usado com a água, pois esta vai reagir através do processo de resfriamento, logo, esse fogo normalmente é originado em materiais sólidos como madeira, papéis, tecidos, etc...

Classe B: O fogo classe B é o originado em combustíveis, tais como: gasolina, querosene, álcool, óleo, etc. Essa classe de fogo deve ser extinta por abafamento, normalmente utilizando o gás carbônico, o pó químico seco ou a espuma química.

Classe C: Já o fogo da classe C é o ocorrido em equipamentos elétricos. A água ou qualquer tipo de equipamento que possua água não pode ser usado enquanto o equipamento estiver energizado, lembrando-se que a água se torna condutora de eletricidade. Os mais adequados agentes extintores são o pó químico seco, o gás carbônico e os agentes limpos.

2.2 – A Engenharia de Segurança

Desde os primórdios da idade da pedra o homem primitivo se preocupava com sua segurança e já tinha a sua integridade física e capacidades produtivas reduzidas devido aos acidentes durante as caçadas, pescas e das guerras, as quais foram consideradas as atividades principais naquela época. Posteriormente, o homem das cavernas se transformou em artesão, com a descoberta do minério de ferro, sendo que os metais facilitaram o seu trabalho na confecção das primeiras ferramentas, como também se iniciaram as primeiras doenças do trabalho devido aos materiais manipulados.

No século XVI surgiram algumas observações relacionando o trabalho com algumas doenças, devido à falta de condições sanitárias adequadas possibilitando o aparecimento de doenças infecto contagiosas dando origem às conhecidas febres das fábricas.

2.3 – A Evolução Prevencionista

Com o avanço tecnológico a partir da Revolução Industrial, foram criadas as primeiras fábricas modernas, com a extinção das fábricas artesanais e o fim da escravidão, o que significou uma revolução econômica, social e moral.

Devido ao surgimento das primeiras indústrias iniciaram-se os acidentes de trabalho se alastrando consideravelmente. Esses acidentes eram provocados por substâncias e ambientes inadequados, devido às péssimas condições fabris e subumanas existentes nas instalações fabris.

A partir da Segunda Guerra Mundial, que o movimento prevencionista tomou uma forma mais concreta, em razão de que perceberam que a capacidade industrial dos países em guerra seria o ponto principal para se determinar o vencedor, e isso somente seria obtido com um maior número de trabalhadores em produção ativa.

Desde então, a Higiene e Segurança do Trabalho transformou-se em uma atividade importante nos processos produtivos. A visão do acidente se eleva onde o homem é o ponto central, rodeado de todos os demais componentes que compõem um sistema, ou seja: equipamentos, materiais, instalações e em uma visão mais atualizada a qualidade de vida, o meio ambiente e a preservação à natureza.

ANSELL e WHARTON (apud ALBERTON, 1996), afirmam: “o risco é uma característica inevitável da existência humana. Nem o homem, nem as organizações e sociedade aos quais pertence podem sobreviver por um longo período sem a existência de tarefas perigosas.”

2.4 – O Gerenciamento de Riscos

A política de Gerenciamento de riscos estabelece os alinhamentos e as metas que busca a organização com relação à administração de seus riscos, assim como a contribuição que, com a administração desses, faz a organização para alcançar sua missão por meio do cumprimento de seus objetivos.

De acordo com DE CICCIO e FANTAZZINI (1994), nas culturas empresarias mais eficientes no controle de riscos, os procedimentos dos departamentos técnicos e as equipes de análise produzem revisões rápidas e eficientemente.

A função organizacional do Gerenciamento de riscos é aquela que tem dentro de suas responsabilidades o desenho, a adoção e a melhoria contínua das políticas, do processo e dos programas de gerência de riscos da organização.

2.5 - As principais medidas de Segurança contra Incêndio

De acordo com a Norma Regulamentadora NR 23 – Proteção contra Incêndios do Ministério do Trabalho, todas as empresas devem possuir:

- a) proteção contra incêndio;
- b) saídas suficientes para a rápida retirada do pessoal em serviço, em caso de incêndio;

- c) equipamento suficiente para combater o fogo em seu início;

- d) pessoas adestradas no uso correto desses equipamentos.

Diante do que preconiza a Norma Regulamentadora NR 23, podemos encontrar nas normas e decretos nacionais as seguintes medidas de segurança contra incêndio e pânico nas edificações, instalações e locais de risco:

- a) Acesso de viatura do Corpo de Bombeiros Militar na edificação e áreas de risco;
- b) Separação entre edificações;
- c) Segurança estrutural nas edificações;
- d) Compartimentação horizontal;
- e) Compartimentação vertical;
- f) Controle de materiais de acabamento;
- g) Saídas de emergência;

h) Elevador de emergência;

i) Controle de fumaça;

j) Gerenciamento de risco de incêndio;

k) Brigada de incêndio;

l) Iluminação de emergência;

m) Detecção de incêndio;

n) Alarme de incêndio;

o) Sinalização de emergência;

p) Extintores;

q) Hidrantes e mangotinhos;

r) Chuveiros automáticos (*sprinklers*);

s) Resfriamento;

t) Espuma;

u) Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO_2);

v) Sistema de proteção contra descargas atmosféricas;

w) Instalações prediais de gás liquefeito de petróleo;

x) Sistemas para o monitoramento, supressão e alívio de explosões de

gases e/ou poeiras;

z) Proteção passiva.

Ressalta-se que, no Brasil não há uma norma exclusiva para Plantas de

Geração de Energia Elétrica.

A elaboração de especificações para uma Usina de geração de

eletricidade requer o conhecimento de como os códigos e normas que regem a

concepção e instalação de abastecimento de água, sistemas de supressão e

equipamentos de segurança de vida. A *National Fire Protection Association*

(*NFPA*) é a entidade mais reconhecida internacionalmente na publicação de

códigos, normas e práticas recomendadas em áreas diversas de proteção

contra incêndio. A *NFPA 850, Electric Generation Stations and High Voltage*

Direct Current Converter Stations, contém os critérios gerais para a proteção de

plantas de geração de eletricidade e para o equipamento de proteção de

individual, sendo que, especificamente para usinas hidrelétricas de geração de

eletricidade é utilizada a *NFPA 851, Recommended Practice for Fire Protection*

for Hydroelectric Generating Plants, sendo que os projetos específicos e

requisitos de instalação estão contidos em outras normas da *National Fire Protection Association (NFPA)*

A seguir são descritos os locais que devem ser protegidos e as medidas de segurança de maior relevância que devem ser adotadas.

2.5.1 Casa de Força

A proteção da Casa de Força exige tanto as proteções passivas (características de construção) e ativas (supressão). Que a construção seja resistente a duas horas de fogo, as distâncias de separação seja de pelo menos 15 metros, ou sistemas de supressão, como cortinas de água devem ser instaladas em todas as operações expostas, que incluem escritórios, áreas de armazenagem / armazéns, oficinas de manutenção, salas de comando, salas elétricas, galeria de cabos, salas de baterias, manuseio de combustível e áreas de transferência, geradores, caldeiras, bombas de incêndio e geradores a diesel.



Figura 1 – Vista de uma casa de Força típica.
Fonte: Arquivo Pessoal

Dentro de uma casa de força normalmente encontramos os seguintes locais de risco:

a) Sistemas de óleo lubrificante:

A maioria dos incêndios em turbinas envolve óleo, caso o ponto de fulgor seja baixo. O vazamento de óleo no sistema de lubrificação da turbina / gerador pode inflamar quando próximo a superfícies quentes desses equipamentos e envolvem a região abaixo do piso de operação da turbina. Um fogo descontrolado nos rolamentos, geralmente de um selo rompido, pode resultar em perdas de até 25 por cento da unidade de gerador da turbina. A proteção adequada para os tanques de óleo lubrificante são os chuveiros automáticos. Note que a intenção é conter e controlar o fogo, portanto, a proteção por aspersão deve ser prestada através de todas as áreas que são objeto de fluxo de óleo, acumulação ou *spray*. Sempre que o confinamento é impraticável, um sistema de aspersão de água com espuma deve ser considerado. A cobertura de espuma vai abafar o líquido em chamas e ajudar a prevenir a propagação do fogo.



Figura 2 – Vista de um sistema de óleo lubrificante para as turbinas.
Fonte: Arquivo pessoal

b) Bandeira de Cabos:

Bandejas de cabos apresentam um risco único em que os danos do fogo até para uma pequena área do cabo pode causar o rompimento extensivo às operações. As bandejas de cabos devem ser instaladas longe das locais onde o perigo de fogo seja maior e das fontes de ignição. Se a exposição não puder ser evitada, o revestimento com retardantes de fogo, especificamente projetado pode ser aplicado para os cabos e da bandeja.



Figura 3— Vista de um típico bandejamento metálico para cabos de comunicação, controle e de força.
Fonte: Arquivo pessoal

c) Sala de Controle, Salas de Informática e Galerias Elétricas

Uma das preocupações mais comuns de proteção contra incêndios é a aplicação de água em equipamentos elétricos / eletrônicos. Muitos estudos realizados por seguradores, resseguradores e agências do governo têm mostrado que os danos causados por aspersores de água é insignificante quando comparado com os danos causados pelo fogo.

Essa preocupação não é verdadeira, pois a maioria dos incêndios em salas de controle, salas de informática e galeria de cabos, é controlada somente por alguns aspersores de água, os quais afetam

somente uma área relativamente pequena e os equipamentos podem ser limpos.



Figura 4 – Vista de uma típica sala de Comando.

Fonte: Arquivo Pessoal

d) Passagens de cabos

As passagens de cabos através das paredes horizontais ou pavimentos devem ser projetados para serem facilmente selados com material retardantes de fogo, devidamente testados e aprovados por órgão certificador.

Se a proteção a uma adequada exposição a esse tipo de risco não é existente, um incêndio envolvendo um transformador pode facilmente danificar os transformadores adjacentes ou estruturas importantes da casa de força. Pela experiência, não se justifica a reparação de transformadores danificados pelo fogo, devido a grande extensão de danos.

seguido por um incêndio.

aproximadamente um em cada dez falhas em transformador será Estudos realizados pela *FM - Factory Mutual* indicam que corta fogo e sistemas automáticos de água pulverizada "*Deluge*": litros de óleo devem ser protegida por distância de separação, parede encontram-se cheios de óleo mineral isolante que contém mais de 1.800 Os transformadores instalados na parte externa da casa de força

e) Transformadores

Fonte: Arquivo pessoal

Figura 5 – Vista de uma passagem de cabos vertical.



Estes equipamentos são de fácil manuseio, podendo ser utilizados por homens e mulheres, desde que recebam um treinamento básico.

A instalação destes equipamentos nas edificações decorre da necessidade de se efetuar o combate ao incêndio de imediato, após a sua detecção, em sua origem, enquanto são pequenos focos.

O extintor sobre rodas (carreta) também é constituído em um único recipiente com agente extintor para extinção do fogo, porém com capacidade de agente extintor em maior quantidade.

O extintor portátil é um aparelho manual, constituído de recipiente e acessório, contendo o agente extintor específico, destinado a combater princípios de incêndio.

2.6 Sistema Preventivo por Extintores

Figura 6 – Vista de um transformador elevador com proteção por sistema automático de água e por parede corta fogo.
Fonte: Arquivo pessoal



Além disso, os preparativos necessários para o seu manuseio não consomem um tempo significativo, e consequentemente, não inviabilizam sua eficácia em função do crescimento do incêndio.

Os extintores portáteis e sobre rodas podem ser divididos em cinco tipos, de acordo com o agente extintor que utilizam: água (H_2O); espuma mecânica; pó químico seco (PQS); dióxido de carbono (CO_2); Halon.

Esses agentes extintores se destinam a extinção de incêndios de diferentes naturezas.

A quantidade e o tipo de extintores portáteis e sobre rodas devem ser dimensionados para cada ocupação em função: da área a ser protegida, das distâncias a serem percorridas para alcançar o extintor, os riscos a proteger (decorrente de variável "natureza da atividade desenvolvida ou equipamento a proteger").

Os riscos especiais como casa de medidores, cabinas de força, depósitos de gases inflamáveis devem ser protegidos por extintores, independentemente de outros que cubram a área onde se encontram os demais riscos.

Os extintores portáteis devem ser instalados, de tal forma que sua parte superior não ultrapasse a 1,60 m de altura em relação ao piso acabado, e a parte inferior fique acima de 0,20 m (podem ficar apoiados em suportes apropriados sobre o piso);

Deverão ser previstas no mínimo, independente da área, risco a proteger e distância a percorrer, duas unidades extintoras, sendo destinadas para proteção de incêndio em sólidos e equipamentos elétricos energizados.

Os parâmetros acima descritos são definidos de acordo com o risco de incêndio do local.

Quanto aos extintores sobre rodas, estes podem substituir até a metade da capacidade dos extintores em um pavimento, não podendo, porém, ser previstos como proteção única para uma edificação ou pavimento.

Tanto os extintores portáteis como os extintores sobre rodas devem possuir selo ou marca de conformidade de órgão competente ou credenciado e ser submetidos a inspeções e manutenções frequentes.



Figura 7 – Vista de extintores Manuais devidamente instalados e sinalizados.
Fonte: Arquivo pessoal.

2.7 Sistema Preventivo Por Hidrantes

Sistema de proteção ativa destinado a conduzir e distribuir tomadas de água, com determinada pressão e vazão em uma edificação, assegurando seu funcionamento por determinado tempo.

Sua finalidade é proporcionar aos ocupantes de uma edificação, um meio de combate para os princípios de incêndio no qual os extintores manuais se tornam insuficientes.

Os componentes de um sistema de hidrantes são:

- O sistema de pressurização consiste normalmente

em uma bomba de incêndio, dimensionada a propiciar um reforço de pressão e vazão, conforme o dimensionamento hidráulico de que o sistema necessitar. Quando os desníveis geométricos entre o reservatório e os hidrantes são suficientes para propiciar a pressão e vazão mínima requeridas ao sistema, as bombas hidráulicas são dispensadas. Seu volume deve permitir uma autonomia para o funcionamento do sistema, que varia conforme o risco e a área total do edifício.

- Conjunto de peças hidráulicas e acessórios: São compostos por registros (gaveta, ângulo aberto e recalque), válvula de retenção, esguichos e etc.;

- Tubulação: A tubulação é responsável pela condução da água, cujos diâmetros são determinados, por cálculo hidráulico.

- Forma de acionamento do sistema: As bombas de recalque podem ser acionadas por botoeiras do tipo liga-desliga, pressostatos, chaves de fluxo ou uma bomba auxiliar de pressurização (Jockey).

Outro sistema que pode ser adotado no lugar dos tradicionais hidrantes internos são os mangotinhos.

Os mangotinhos apresentam a grande vantagem de poder ser operado de maneira rápida por uma única pessoa. Devido a vazões baixas de consumo, seu operador pode contar com grande autonomia do sistema.

Escadas de segurança utilizadas para a evacuação de emergência, meios de acesso da edificação, que são as próprias saídas de emergência ou Estas ações devem ser rápidas e seguras, e normalmente utilizam os extensão do pavimento (edifícios térreos).

Além disso, nem sempre o incêndio pode ser combatido pelo exterior do edifício, decorrente da altura do pavimento onde o fogo se localiza ou pela do local de origem do incêndio.

Para salvar a vida humana em caso de incêndio é necessário que as edificações sejam dotadas de meios adequados de fuga, que permitam aos ocupantes se deslocarem com segurança para um local livre da ação do fogo, calor e fumaça, a partir de qualquer ponto da edificação, independentemente

2.8 Saídas de Emergência

Figura 8 – Vista de um Hidrante de saída dupla.
Fonte: Arquivo Pessoal



Para isto ser possível as rotas de fuga devem atender, entre outras, as seguintes condições básicas:

A distância máxima a percorrer consiste no caminharmento entre o ponto mais distante de um pavimento até o acesso a uma saída neste mesmo pavimento.

O número previsto de pessoas que deverão usar as escadas e rotas de fuga horizontais é baseado na lotação da edificação, calculada em função das áreas dos pavimentos e do tipo de ocupação.

As larguras das escadas de segurança e outras rotas devem permitir desocupar todos os pavimentos em um tempo aceitável como seguro.

As normas técnicas e os códigos de obras estipulam os valores das larguras mínimas (denominado de Unidade de Passagem) para todos os tipos de ocupação.

As saídas (para um local seguro) e as escadas devem ser localizadas de forma a propiciar efetivamente aos ocupantes a oportunidade de escolher a melhor rota de escape.

2.9 Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosférica (SPDA)

Sistema completo destinado a proteger uma estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas. É composto de um sistema externo e de um sistema interno de proteção.

2.10 Sistema de Detecção e Alarme

De acordo com o descrito nas Normas NBR 6135/92 (chuveiros Automáticos para Extinção de incêndios) e NBR 10897/2003 (Proteção Contra Incêndios por Chuveiros Automáticos).

Quanto mais rapidamente o fogo for descoberto, correspondendo a um estágio mais incipiente do incêndio, tanto mais fácil será controlá-

lo; além disso, tanto maiores serão as chances dos ocupantes do prédio escaparem sem sofrer qualquer injúria.

Uma vez que o fogo foi descoberto, a sequência de ações normalmente adotada é a seguinte: alertar o controle central do edifício; fazer a primeira tentativa de extinção do fogo, alertar os ocupantes do edifício para iniciar o abandono do edifício, e informar o serviço de combate a incêndios (Corpo de Bombeiros). A detecção automática é utilizada com o intuito de vencer de uma única vez esta série de ações, propiciando a possibilidade de tomar-se uma atitude imediata de controle de fogo e da evacuação do edifício.

O sistema de detecção e alarme pode ser dividido basicamente em cinco partes:

- Detetor de incêndio, que se constitui em partes do sistema de detecção que constantemente ou em intervalos para a detecção de incêndio em sua área de atuação. Os detetores podem ser divididos de acordo com o fenómeno que detetar em:

a) térmicos, que respondem a aumentos da temperatura;

b) de fumaça, sensíveis a produtos de combustíveis e/ou pirólise suspenso na atmosfera;

c) de gás, sensíveis aos produtos gasosos de combustão e/ou pirólise;

d) de chama, que respondem as radiações emitidas pelas chamas.

- Acionador manual, que se constitui em parte do sistema destinada ao acionamento do sistema de detecção;
- Central de controle do sistema, pela qual o detetor é alimentado eletricamente a ter a função de:

a) receber, indicar e registrar o sinal de perigo enviado pelo detector;

b) transmitir o sinal recebido por meio de equipamento de envio de alarme de incêndio para, por exemplo:

- Avisadores sonoros e/ou visuais, não incorporados ao painel de alarme, com função de, por decisão humana, dar o alarme para os ocupantes de determinados setores ou de todo o edifício;
- Fonte de alimentação de energia elétrica, que deve garantir em quaisquer circunstâncias o funcionamento do sistema.

O tipo de detector a ser utilizado depende das características dos materiais do local e do risco de incêndio ali existente. A posição dos detectores também é um fator importante e a localização escolhida (normalmente junto à superfície inferior do forro) deve ser apropriada à concentração de fumaça e dos gases quentes.

Para a definição dos aspectos acima e dos outros necessários ao projeto do sistema de detecção automática devem ser utilizadas as normas técnicas vigentes.

O sistema de detecção automática deve ser instalado em edifícios quando as seguintes condições sejam simultaneamente preenchidas:

- Início do incêndio não pode ser prontamente percebido de qualquer parte do edifício pelos seus ocupantes;
- Grande número de pessoas para evacuar o edifício;
- Tempo de evacuação excessivo;
- Risco acentuado de início e propagação do incêndio;
- Estado de inconsciência dos ocupantes (sono em hotel, hospitais, etc);
- Incapacitação dos ocupantes por motivos de saúde (hospitais, clínicas com internação).

Os acionadores manuais devem ser instalados nas rotas de fuga, de preferência nas proximidades das saídas (nas proximidades das escadas de segurança, no caso de edifícios de múltiplos pavimentos). Tais dispositivos devem transmitir um sinal de uma estação de controle, que faz parte integrante do sistema, a partir do qual as necessárias providências devem ser tomadas.



Figura 9 – Vista de um detector de fumaça.
Fonte: Arquivo pessoal

O sistema de chuveiros automáticos para extinção a incêndios possui grande confiabilidade, e se destina a proteger diversos tipos de edifícios.

De acordo com o descrito nas Normas NBR 6135/92 (chuveiros Automáticos para Extinção de incêndios) e NBR 10897/2003 (Proteção Contra Incêndios por Chuveiros Automáticos). O "Sprinkler" é um meio de extinção automática com água. O sistema de chuveiros automáticos é composto por um suprimento d'água em uma rede hidráulica sob pressão, onde são instalados em diversos pontos estratégicos, dispositivos de aspersão d'água (chuveiros automáticos), que contém um elemento termo-sensível, que se rompe por ação do calor proveniente do foco de incêndio, permitindo a descarga d'água sobre os materiais em chamas.

2.11 Sistema de Chuveiros Automáticos

Figura 10 – Vista de uma botoeira do tipo "Quebre o Vidro".
(Fonte: Arquivo pessoal)



Deve ser utilizado em situações:

a) quando a evacuação rápida e total do edifício é impraticável e o combate ao incêndio é difícil;

b) quando se deseja projetar edifícios com pavimentos com grandes áreas sem compartimentação.

Pode-se dizer que, via de regra, o sistema de chuveiros automáticos é a medida de proteção contra incêndio mais eficaz quanto à água for o agente extintor mais adequado.

De seu desempenho, espera-se que: atue com rapidez; extinga o incêndio em seu início e controle o incêndio no seu ambiente de origem, permitindo aos bombeiros a extinção do incêndio com relativa facilidade.

O dimensionamento do sistema é feito:

a) de acordo com a severidade do incêndio que se espera;

b) de forma a garantir em toda a rede níveis de pressão e vazão em todos os chuveiros automáticos, a fim de atender a um valor mínimo estipulado;

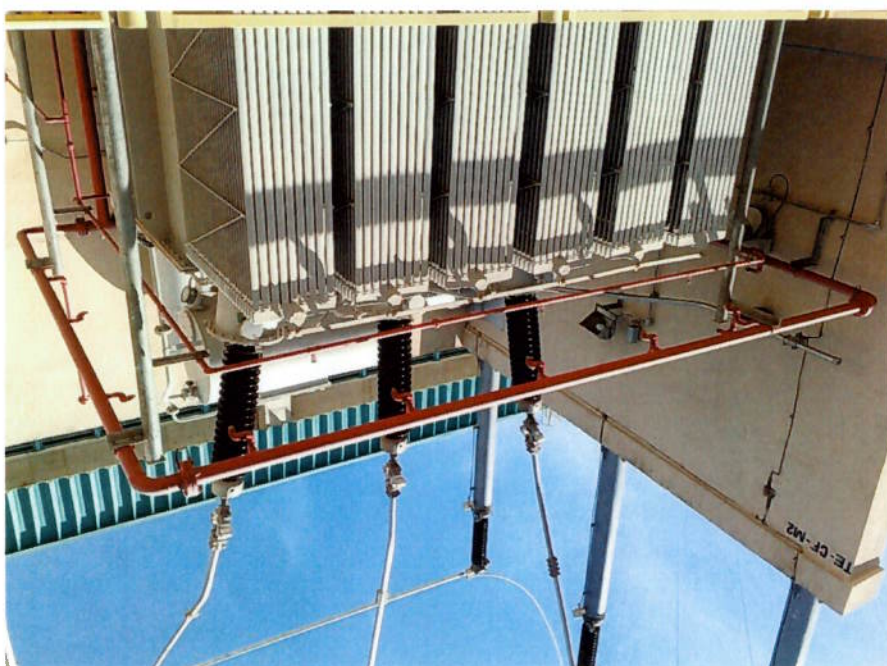
c) para que a distribuição de água seja suficientemente homogênea, dentro de uma área de influência predeterminada.

Esse sistema é ideal para as subestações, casa de máquinas, depósitos de materiais inflamáveis e equipamentos de processo químico.

O Sistema fixo de extinção por CO_2 tem como objetivo detectar e extinguir o fogo através de inundação total do gás na área efetiva de risco. Isto ocorre, pois o CO_2 diminui a concentração de oxigênio do ambiente fazendo com que o fogo não possa mais realizar o trabalho de combustão. É composto por cilindros de armazenamento, válvula de abertura rápida, tubos coletores, acionador automático, bicos nebulizadores e detectores automáticos.

2.12 Sistema fixo de Gás Carbônico

Figura 11– Vista de um Sistema automático de água por aspersores. (Fonte: Arquivo pessoal)



2.13 Proteção Passiva nas Passagens de cabos

Ao contrário da proteção ativa que visa extinguir o incêndio, os objetivos básicos da proteção passiva são a compartimentação e o confinamento do sinistro, evitando sua propagação e mantendo a estabilidade estrutural do edifício por um tempo determinado.

De uma forma genérica, os elementos estruturais em aço perdem cerca de 50% de sua resistência mecânica quando aquecidos a uma temperatura em torno de 550°C. Este valor é conhecido como temperatura crítica do elemento estrutural, e pode ser calculado com maior precisão seguindo os procedimentos da NBR 14323 – Dimensionamento de Estruturas de Aço de Edifícios em Situações de Incêndio.



Figura 12– Vista de cilindros de gás carbônico. (Fonte: Arquivo pessoal)

Sua aplicação destina-se ao combate de fogos de grandes dimensões que envolvam locais que armazenem líquido combustível e inflamável. adjacentes.

Sua atuação se baseia na criação de uma capa de cobertura sobre a superfície livre dos líquidos, com a finalidade de: Separar combustível e comburentes; Impedir a liberação de vapores inflamáveis; Separar as chamas da superfície dos combustíveis e Estriar o combustível e superfícies

A espuma destinada à extinção dos incêndios é um agregado estável de bolhas, que tem a propriedade de cobrir e aderir aos líquidos combustíveis e inflamáveis, formando uma camada resistente e contínua que isola do ar, e impede a saída para a atmosfera dos vapores voláteis desses líquidos.

Esse tipo de proteção é amplamente aplicado para combate em incêndio em líquidos combustíveis e inflamáveis.

2.14 Sistema de Espuma

Figura 13– Vista da passagem de cabos com proteção passiva (pintura intumescente).
(Fonte: Arquivo pessoal)



2.15 Normas relativas à prevenção de incêndios

No Brasil através da NR 23 – Proteção Contra Incêndio, do Ministério do Trabalho, a qual estabelece os procedimentos que todas as empresas devam possuir, no tocante à proteção contra incêndio, saídas de emergência para os trabalhadores, equipamentos suficiente para combater o fogo e pessoal treinado no uso correto

Segundo o mesmo padrão a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, é reconhecida pelo Estado brasileiro como o Fórum Nacional de Normalização, o que significa que as normas elaboradas pela ABNT - as NBR - são reconhecidas formalmente como as normas brasileiras.

As Normas Brasileiras são elaboradas nos Comitês Brasileiros da ABNT (ABNT/CB) ou em Organismos de Normalização Setorial (ONS) por ela credenciados. Os ABNT/CB e os ONS são organizados numa base setorial ou por temas de normalização que afetem diversos setores, como é o caso da qualidade ou da gestão ambiental.

As principais normas aplicadas a Segurança contra incêndio são:

- NBR 10897 - Proteção contra Incêndio por Chuveiro Automático;
- NBR 10898 - Sistemas de Iluminação de Emergência;
- NBR 11742 - Porta Corta-fogo para Saída de Emergência;
- NBR 12615 - Sistema de Combate a Incêndio por Espuma.
- NBR 12692 - Inspeção, Manutenção e Recarga em Extintores de Incêndio;
- NBR 12693 - Sistemas de Proteção por Extintores de Incêndio;
- NBR 13434: Sinalização de Segurança contra Incêndio e Pânico - Formas, Dimensões e cores;
- NBR 13435: Sinalização de Segurança contra Incêndio e Pânico;
- NBR 13437: Símbolos Gráficos para Sinalização contra Incêndio e Pânico;
- NBR 13523 - Instalações Prediais de Gás Liquefeito de Petróleo;
- NBR 13714 - Instalação Hidráulica Contra Incêndio, sob comando.

- NBR 13714: Instalações Hidráulicas contra Incêndio, sob comando, por Hidrantes e Mangotinhos;
- NBR 13932- Instalações Internas de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) - Projeto e Execução;
- NBR 14039 - Instalações Elétricas de Alta Tensão
- NBR 14276: Programa de brigada de incêndio;
- NBR 14349: União para mangueira de incêndio - Requisitos e métodos de ensaio
- NBR 5410 - Sistema Elétrico.
- NBR 5419 - Proteção Contra Descargas Elétricas Atmosféricas;
- NBR 5419 - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (Para-raios.)
- NBR 9077 - Saídas de Emergência em Edificações;
- NBR 9441 - Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio;
- NR 23, da Portaria 3214 do Ministério do Trabalho: Proteção Contra Incêndio para Locais de Trabalho;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCAL DA ANÁLISE DE RISCOS

Essa análise de riscos foi realizada em uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), localizada no Estado do Mato Grosso/MT (Figura 14).

A análise de riscos nas instalações da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) foi realizada em dezembro de 2010, onde foram levantadas todas as medidas de prevenção existentes no local, além das operações e de manutenção.



Figura 14– Vista da casa de Força da Pequena Central hidrelétrica analisada. (Fonte: Arquivo pessoal).

3.2 DESCRIÇÃO DA PCH (Pequena Central Hidrelétrica)

A PCH e respectiva subestação blindada foram concebidas para serem operadas na própria usina através de um console de operação localizada na sala de comando de forma automática, com pouca interferência do operador.

O Sistema de Supervisão e Controle (SSC) utilizado na PCH é ELIPSE da Ellipse Software que foi desenvolvido para ser executado sobre os sistemas operacionais Windows 2000 e Windows XP.

A operação automática através do sistema SSC é feita utilizando-se de cinco Controladores Lógicos Programáveis (CLP), que fazem a interface entre os diversos equipamentos e o console de operação da Sala de Comando da Pequena Central Hidrelétrica (PCH).

CLP - UG1 - CLP da unidade geradora 01.

CLP - UG2 - CLP da unidade geradora 02.

CLP – SE/SA - CLP da subestação e do serviço auxiliar

CLP - Tomada D'água / Vertedouro - Tipo remota

Coleta de Dados do CLP da Subestação (SE).

A operação comercial das Unidades foi nas seguintes datas:

Unidade Geradora 1..... 20/11/2010;

Unidade Geradora 2..... 01/12/2010;

Na PCH existem trabalhando 05 operadores, 02 mantenedores e 01 auxiliar de serviços gerais que permanecem no local em turnos de 8 horas, todos os funcionários são da empresa que possui o contrato de Operação e Manutenção (O&M) com a proprietária da Pequena Central Hidrelétrica (PCH).

A Pequena Central Hidrelétrica (PCH) é constituída basicamente de uma barragem de concreto compactado a rolo (CCR) com vertedouro de superfície (soleira livre) com perfil *creager*, posicionado no centro do barramento em concreto.

Quanto aos dados hidrometeorológicos principais, temos a vazão extrema (VAZÃO MÁXIMA DE PROJETO) utilizando-se a Tempo de Recorrência (TR) de 10.000 anos de 747 m³/s.

O circuito hidráulico de geração tem início na margem direita à montante do barramento, sendo constituído pelas estruturas da tomada d'água e condutos forçados e casa de força.

O circuito de adução é composto de trechos distintos: um canal de adução escavado em rocha com 201 m e seção de 13,75 m; uma tomada d'água do tipo convencional com altura de 15,2 m e comprimento de 13,3 m, comportas do tipo deslizante com vedação a montante com altura e largura de 2,7 m; e dois condutos forçados metálicos ancorados sobre bases de concreto, com 187 m de comprimento para alimentar as 02 (duas) unidades geradoras.

Contempla 02 (duas) unidades geradoras. Cada uma composta por um gerador síncrono com potência nominal de 8 KVA, fator de potência de 0,875 e por uma turbina tipo Francis, com potência nominal unitária de 7,2 MW, com vazão de engolimento de 11,8 m³/s e queda nominal de 68 m.c.a..

A tensão de geração é de 6,9 kV, sendo elevada para 34,5 kV por meio de um transformador elevador da marca Toshiba com potência de 12.5 / 16 MVA.

A interligação da PCH ao sistema elétrico da concessionária é feita da seguinte forma; uma linha de interligação em circuito simples conecta a PCH com a Subestação da Concessionária localizada a 16 km de distância.

A Pequena Central Hidrelétrica (PCH) possui as seguintes características:

Barragem: A barragem (Figura 17 – Barragem de CCR e Vertedouro) é de concreto compactado a rolo que se desenvolve transversalmente ao rio, em eixo reto, com 167,05 m de comprimento, altura de 20,5 m, com a superfície vertente em degraus, e os paramentos de montante e de jusante em concreto convencional.

Tipo: Concreto compactado a rolo (CCR);

Altura: 20,5 m;

Comprimento da crista: 7,50 m;

Largura da crista:..... 6,00 m;

Cota da crista: 399,10 m;

Vertedouro: O vertedouro (Figura 17 – Barragem de CCR e Vertedouro) da PCH São Francisco é incorporado à barragem de CCR, com vazão de 592 m³/min (calculada para Tempo de Recorrência (TR) = 10.000 anos), que representa 75% da vazão máxima de projeto.



Figura 15– Vista aérea da PCH durante a fase de construção.
(Fonte: Arquivo Pessoal)



Figura 17– Vista da barragem de CCR com o vertedouro incorporado da PCH.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 16– Vista das unidades geradoras instaladas na casa de Força.
Fonte: Arquivo pessoal

Tomada D'água: A tomada d'água (Figura 18 – Vista do canal de adução escavado em rocha) é do tipo estrutural e está localizado ao final de canal de adução na margem direita do rio São Francisco Verdadeiro.

Figura 19 – Vista dos condutos forçados.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 18– Vista do canal de adução de água escavado em rocha.
Fonte: Arquivo pessoal



A tomada d'água é constituída de dois vãos de adução independentes, que alimentam a casa de força, através de dois condutos forçados metálicos (Figura 19 – Vista dos condutos forçados).

O controle de fluxo das aduções é feito por duas comportas do tipo deslizante a montante acionadas por talha elétrica.

Na tomada d'água se encontram os seguintes equipamentos eletromecânicos principais: Grades; Comporta deslizante; Unidade hidráulica; Comportas ensecadeiras; talha elétrica; Serviços auxiliares em CA e Unidade terminal remota.

Conduto Forçado: Os condutos forçados (Figura 19 – Vista dos condutos forçados) são individuais para cada unidade. O diâmetro interno dominante é de 2,70 m com uma extensão de 187 m, seguido de uma redução concêntrica ligando-se com a entrada de cada turbina Francis.

Os condutos são providos de uma captação para esgotamento, uma captação para suprimento de água de refrigeração e serviço da usina e uma captação para o sistema de combate a incêndio.

Existe ainda uma boca de visita (janela de inspeção) na parte exposta do conduto, entre a tomada d'água e a casa de força.

Canal de Fuga - O canal de fuga é a estrutura responsável pelo escoamento de toda a água turbinada pelas unidades geradoras da usina. Possui um trecho com declividade acentuada, possibilitando o escoamento em regime hidráulicamente rápido para qualquer valor de vazão.

A jusante encontra-se um jogo de comportas ensecadeiras para fechar os tubos de sucção das unidades. Elas são operadas por uma talha elétrica em monovia.

Casa de Força - A casa de força é do tipo abrigado, possui um bom projeto de *layout*, típico de Pequenas Centrais Hidrelétricas, ou seja, as unidades geradoras (Figura 16 – Vista das unidades geradoras instaladas na casa de força) se encontram a uma distância de 7 metros de separação, no

mezanino ficam instalados os painéis elétricos de proteção e no piso térreo se localiza a área de montagem e a sala de operação.

3.2. MATERIAIS UTILIZADOS

Para a execução da análise de riscos da Pequena Central Hidrelétrica foram utilizados os seguintes materiais de apoio:

- a) Plantas "as built" da casa de força com a localização dos principais equipamentos e dos meios de prevenção e extinção de incêndios;
- b) Lei estadual, Normas Brasileiras e Internacional

- Lei nº 8.399/2005 – Lei de Segurança e Pânico de Mato Grosso;
- NBR 9077(2001) - Saídas de Emergência em Edifícios
- NBR 10898 (1999) - Sistema de iluminação de emergência
- NBR 9050 (2004) - Acessibilidade a edificação, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.
- NBR 13714 (2000) - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio
- NBR 14276 (2006) - Brigada de incêndio
- A NBR 14432 (2000) – "Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos das Edificações
- NBR 15219 (2005) - Plano de emergência contra incêndio – Requisitos.

- NBR 9441 (1998) - Execução de Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio
- NBR 10.898 (1998) – Sistema de Iluminação de Emergência
- NBR 10637 (2002) - Bloco Autônomo de Iluminação de Segurança para Balizamento e Aclaramento
- NBR 12693 (1993) - Sistemas de proteção por extintores de incêndio
- NFPA 851- , *Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants,*

- c) Câmera fotográfica digital marca SONY Cyber-shot, 14.1 MEGA PIXELS;

d) Equipamentos de proteção individual: capacete de segurança; Bota de segurança marca Fujiwara, luvas e óculos de segurança e protetor auricular;

3.3 MÉTODO

As condições físicas da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) foram avaliadas através de uma inspeção física das instalações, realizada no dia 10 de dezembro de 2010, cuja duração foi de 06 horas, como também a revisão de documentação, dos projetos e registros de operação da planta disponíveis, além de entrevistar os mantenedores.

As constatações são avaliadas à luz dos requisitos normativos e legais vigentes para o estabelecimento dos pontos positivos, oportunidades de melhoria e as respectivas recomendações.

De acordo com a metodologia proposta por Seito et al. (2008) que diz que incêndios, explosões e a poluição ao meio ambiente são uns dos mais sérios e, na maioria das vezes, imprevisíveis eventos que afetam a vida, missão e objetivos da indústria de processamento, desde meados do século XIX. Ainda hoje, eles continuam a ocorrer, sendo o seu impacto econômico crescente. Apesar de profissionais acreditarem que alguns desses acidentes não possam ser prevenidos, é nossa opinião que todos os acidentes podem ser evitados.

Os aspectos considerados no processo de avaliação dos riscos consideram:

• Instalações:

– Detalhes construtivos;

– Estado físico global das edificações, máquinas e equipamentos;

– Acessibilidade;

– Sistemas auxiliares (elétrico, geradores, malha de aterramento, etc.); e

– Sistemas de proteção: adequação dos sistemas existentes,

manutenção dos sistemas e dispositivos de proteção.

• Operações:

- Condições operacionais e de segurança;
- Programas de manutenção existentes; e
- Elementos humanos: adequação da capacitação e dos procedimentos de trabalho dos operadores.
- Incêndios e explosões:
 - Sistemas de Proteção Contra Incêndios (SPCI): revisão da documentação de inspeções e ensaios e avaliação dos equipamentos e níveis de proteção;
 - Elementos Humanos: treinamento e capacitação para a atuação na resposta a incêndios nas instalações e avaliação dos planos de emergência; e
 - Programas de manutenção existentes no SPCI.
- Patrimoniais:
 - Intrusão de terceiros (roubos, tumulto, greve e *lockout*);
 - Procedimentos de controle e acesso de veículos;
 - Procedimentos de controle e acesso de equipamentos eletrônicos; e
 - Danos da natureza.
- Ambientais:
 - Política de meio ambiente;
 - Programas ambientais (emissões atmosféricas, efluentes, resíduos, etc.); e
 - Gerenciamento de áreas contaminadas.
- Segurança industrial:
 - Programas de gerenciamento de riscos;
 - Plano de emergência;
 - Plano de contingência; e
 - Comunicação de riscos.
- Diversos:
 - Organização humana; e
 - Organização e limpeza.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nesse capítulo, obtidos na avaliação dos riscos realizados na Pequena Central Hidrelétrica (PCH) possuem a seguinte estrutura básica dos resultados contemplados nos seguintes itens:

- Sistemas de Proteção e Auxiliares;
- Aspectos de Risco.

4.1. SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E AUXILIARES

Após levantamento *in loco* realizado no dia 10 de dezembro de 2010 foram encontrados os seguintes meios de prevenção contra incêndio:

4.2.1 – Proteção por extintores

Para a proteção contra incêndios (Figura 20 – Vista das unidades extintoras manuais instaladas na PCH), a casa da unidade geradora conta com 01 carreta extintora de CO₂, com capacidade para 50 Kg (Figura 21 - Vista da Carreta de Pó Químico – 50 kg instalada na Subestação), na subestação uma carreta extintora de CO₂ com capacidade para 10 Kg e no almoxarifado 01 carreta de CO₂ de 10 Kg internos e 02 extintores portáteis externos de água pressurizada AP de 10 litros e 01 de CO₂ de 06 Kg.



Figura 20– Vista das unidades extintoras manuais instaladas na PCH.
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 21– Vista da Carreta de Pó Químico – 50 kg instalada na Subestação.
Fonte: Arquivo pessoal

4.2.2 – Proteção por rede de hidrantes:

Encontra-se instalada 01 (um) ponto de hidrante de saída dupla (Figura 22 – Ponto de hidrante de saída dupla) localizado no piso de montagem para o atendimento de toda a edificação. A distribuição para o sistema de hidrantes é feita através de tubulações de aço galvanizado, com diâmetro nominal (DN) de 100 (4") e 65mm (2 ½"). (Figura 17)



Figura 22 – Ponto de hidrante de saída dupla.
Fonte: arquivo pessoal

4.2.3 – Sistema de detecção:

Não possuem sistema de detecção de fumaça.

4.2.4 – Escadas e saídas de emergência

Possuem 02 saídas e emergência localizadas no piso térreo da casa de força, devidamente sinalizadas.

4.2.5– Sistema Fixo automático de proteção contra incêndio no transformador elevador:

O transformador elevador (Figura 23 – Vista do transformador) não é protegido por sistema fixo automático de proteção por água nebulizada.



Figura 23 – Vista do transformador elevador.
Fonte: Arquivo pessoal

4.2.6– Iluminação de emergência:

Na casa de força existe iluminação de emergência localizadas na Galeria Mecânica contando com 08 Luminária fluorescente 2x8W, intensidade 600 lux e na Galeria elétrica e sala de comando contando com 05 Luminária fluorescente 2x8W, intensidade 600 lux.

4.2.7 – Alarme de Incêndio:

Não possuem sistema de alarme de incêndio instalado na casa de força.

4.2.8 – Proteção passiva nas passagens de cabos elétricos

Não possuem proteção passiva nas passagens de cabos verticais e horizontais.

4.2.9 – Paredes Corta-fogo entre transformadores

Possui parede do tipo corta-fogo entre o transformador elevador e a casa de força.

4.2.10 – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.

A usina possui SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) do tipo gaiola de *Faraday* combinado com o do tipo *Franklin*, onde foi aproveitada a cobertura metálica como captor natural, com Laudo Técnico, medições do aterramento, desenho e ART do responsável técnico conforme determina a NBR-5419 (Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas).

4.2.11 - Certificação pela NR – 10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade)
Os operadores não possuem certificação de acordo com NR 10, o que deveria ser obtido antes do início de operação comercial da planta.

4.3. DISCUSSÕES

No dia 10 de Dezembro de 2010, foi realizado o levantamento dos aspectos de riscos relacionados aos equipamentos, operação, instalações, procedimentos e programas da Pequena Central Hidrelétrica (PCH). Conforme a lei 8.399/ 2005 - Lei de Segurança contra Incêndios e Pânico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado do Mato Grosso e, conforme as Normas Brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a edificação possui as seguintes classificações:

4.3.1: Classificação da Ocupação:

Tabela 1- Classificação das Edificações, Instalações e Locais de Risco Quanto à ocupação:

De acordo com a tabela 1 a Pequena Central Hidrelétrica é enquadrada no Grupo M – Ocupação/Uso do tipo Especial; Divisão - M-3; Descrição – Central de Comunicação e Energia.

4.3.2: Classificação quanto altura:

Tabela 2 – Classificação das Edificações quanto à altura:

A Pequena Central Hidrelétrica é enquadrada no Tipo I – Denominação - Edificação Térrea; Altura – Um pavimento.

4.3.3: Classificação das Edificações quanto à carga incêndio:

Tabela 3 - Classificação das Edificações e áreas de risco quanto à carga incêndio:

A Pequena Central Hidrelétrica é enquadrada como Risco Médio, Carga de Incêndio MJ/m^2 – entre 300 e 1.200 MJ/m^2 ;

4.3.4 Dimensões, classificações e exigências

Quanto à altura:

K – Edificação Térrea – altura contada entre o terreno circundante e o piso da entrada igual ou inferior a 1,00m (Tabela 2 – Anexa da NBR-9077/01):

Quanto as suas dimensões em planta:

(Tabela 3 – Anexa da NBR-9077/01):

Edificação de Grande Pavimento (Q): $S_p \geq 750,00 \text{ m}^2$;

Edificação Grande (V), isto é, com área total (S_t) = $1.500 \text{ m}^2 \leq S_t < 5.000 \text{ m}^2$;

Quanto as suas características construtivas:

(Tabela 4 – Anexo da NBR-9077/01): Considerou-se edificação onde a propagação do fogo é difícil, Código “Z”, pois se trata de edificação constituída de estrutura em concreto armado e aço, a qual apresenta características de resistência ao fogo.

Distância máxima a ser percorrida (Tabela 6 – Anexo da NBR-9077/01): Para a PCH, a partir do ponto mais central da edificação, e tendo a edificação 2 (duas) saídas de emergência, indicando a população em direção as saídas, atende à distância máxima a ser percorrida de 40,00 metros, o que satisfaz a Norma.

Pelo a lei 8.399/ 2005 - Lei de Segurança contra Incêndios e Pânico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado do Mato Grosso, Tabela 6M. 3 – Edificações de divisão M-3 com área superior a 750 m² ou altura superior a 12,00 metros são exigidos as seguintes Medidas de Segurança contra Incêndio:

- a) Acesso de Viatura na edificação;
- b) Segurança estrutural contra incêndio;
- c) Compartimentação horizontal;
- d) Controle de Materiais de Acabamento;
- e) Brigada de Incêndio;
- f) Iluminação de Emergência;
- g) Alarme de Incêndio;
- h) Iluminação de Emergência;
- i) Extintores;
- j) Hidrantes e Mangotinhos

Pela NFA 851- *Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants*, são recomendadas as seguintes Medidas de Segurança contra incêndio:

- a) Sistema supervisorio para alarme de incêndio;
- b) Detectores de Incêndio;
- c) Alarme manual de Incêndio;

d) Sistema de espuma;

e) Sistema de *Spray* de água nos transformadores e tanques de óleo;

f) Sistema fixo de CO₂;

g) Bombas de Incêndio elétrico e a combustão;

h) Tanques de água;

i) Hidrantes;

j) Extintores manuais e carretas;

k) Equipamentos para brigada de incêndio;

l) Portas do tipo corta fogo;

m) Sistema de exaustão de fumaça;

n) Luz de emergência;

o) Equipamentos de comunicação.

Pela NR 10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM

ELETRICIDADE. Publicação. Diário Oficial da União (D.O.U.). Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. 06/07/78. Esta Norma Regulamentadora – NR

estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Pelo o que preconiza as normas mencionadas acima, a PCH em análise não atende plenamente as mesmas, ou seja: não conta com sistema de detecção de fumaça, não possui proteção passiva nas passagens de cabos verticais e horizontais, sem sistema automático fixo de proteção contra incêndio nos transformadores e os operadores não são certificados de acordo com a NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade do Ministério do trabalho.

Diante do acima exposto, verifica-se através de uma comparação simplista entre os dados obtidos na inspeção de análise de risco, a Lei de Segurança contra Incêndios e Pânico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado do Mato Grosso, Normas Brasileiras (NBRs) da Associação Brasileira de Normas Técnicas com a *National Fire Protection Association - NFPA 851- Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants*, que cada uma das normas brasileiras possui requisitos gerais e não específicos para a atividade analisada, ou seja, para Plantas de Geração de Energia Elétrica.

5. RECOMENDAÇÕES

A partir das constatações evidenciadas durante a visita realizada na PCH – Pequena Central Hidrelétrica, podemos apresentar as seguintes recomendações para a melhoria desse tipo de risco:

- Que os projetistas sigam corretamente as normas nacionais e internacionais no que se refere a projetos de PCH – Pequena Central Hidrelétrica;
- Que as autoridades competentes analisem previamente os projetos, afirmem de que tenham a certeza que as medidas de proteção requeridas nas normas nacionais e internacionais sejam respeitadas e aplicadas corretamente;

- Que a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica não emita a Licença de Operação sem que todas as medidas de proteção e treinamentos obrigatórios por lei aos operadores da usina, sejam aplicados aos mesmos.

6. CONCLUSÕES:

Este trabalho mostra um estudo realizado em uma Pequena Central Hidrelétrica. O estudo revelou que as condições do sistema de prevenção e combate a incêndio não estão de acordo com as Normas utilizadas como referência para a análise do risco.

Foi constatado há a falta de sistema de detecção de fumaça, falta de sistema fixo automático de proteção contra incêndio no transformador elevador, as passagens de cabos verticais e horizontais não possuem proteção passiva, além do que os operadores não foram previamente certificados de acordo com a NR 10, o que é importante para a segurança do prédio e das vidas dos operadores que se encontram no local.

O estudo apontou todos os parâmetros que deverão ser observados durante uma história técnica baseada com a legislação, contudo determinou características importantes de cada equipamento de proteção e combate ao incêndio levando em consideração sua função, o seu tempo útil e, principalmente manutenção.

Verificou-se, também, que os ocupantes não têm conscientização do planejamento de prevenção de riscos de acidentes, ou seja, não tendo nenhuma visão ao assunto referido. Dentro deste contexto percebe-se como é importante a presença de um engenheiro de segurança do trabalho durante a elaboração dos projetos da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) que esteja familiarizado com as normas nacionais e internacionais, de uma fiscalização do Corpo de Bombeiros para que realize uma auditoria durante a fase de obras para verificar se seguem a Lei de Proteção contra Incêndio e dos documentos que comprovem a entrada do projeto na prefeitura com responsável cadastrado no CREA – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura.

Outra conclusão que podemos tirar desse trabalho é que o Brasil não possui uma norma específica para usinas de geração de eletricidade dar a sempre margem a interpretações singelas aos tipos adequados de proteção para esse tipo de atividade.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 14432 (2000) – “Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos das Edificações”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.898 (1998) – “*Sistema de Iluminação de Emergência*”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10637 (2002) – “Bloco Autônomo de Iluminação de Segurança para Balizamento e Aclaramento”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10898 (1999) – “Sistema de iluminação de emergência”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 12693 (1993) – “Sistemas de proteção por extintores de incêndio”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13714 (2000) – “Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 14276 (2006) – “Brigada de incêndio”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 14432 (2000) – “Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos das Edificações”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 14323 – Dimensionamento de Estruturas de Aço de Edifícios em Situações de Incêndio.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15219 (2005) – “Plano de emergência contra incêndio – Requisitos”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9050 (2004) – “Acessibilidade a edificação, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9077(2001) – “Saídas de Emergência em Edifícios”

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 9441 (1998)** – “Execução de Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio”.
- Alexandre Itiu Setto • Alfonso Antonio Gill • Fabio Domingos Pannoni • Rosaria Ono Silvio Bento da Silva • Ualfrido Del Carlo • Valdir Pignatta e Silva, **A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL**. São Paulo: Projeto Editora , 2008. p. 496. ISBN :978-85-61295-00-4.
- ALBERTON, Anete. **Uma Metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos de segurança**. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BRENTANO, T., **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios /** Telmo Brentano. Porto Alegre, EDIPUCRS, 2004
- COELHO A. L. **Fundamentos da Segurança Contra Incêndios em Edifícios**. Pag. 248, de autoria do Prof., LNEC, Lisboa, 2002
- DE CICCO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. **Financiamento de riscos**. São Paulo, n.32, Agosto de 1994.
- GOMES, Ary Gonçalves. **Sistema de prevenção contra incêndios: sistemas hidráulicos, sistemas sob comando, rede de hidrantes e sistema automáticos**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- HERNANDES, G. F. **Sistemas de combate a incêndio com hidrantes**. In: **IV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais: Sistemas de Proteção e Combate a Incêndios**. São Paulo, 1987.
- KATO, M. F.; TOMIDA, J. C.; GUARALDO, E. **Propagação superficial de chamas em materiais**. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TÉCNICAS DE SÃO PAULO.
- Tecnologia de edificações. São Paulo: Pini, 1987, p.369-372.
- IT 08 (2001) – **“Segurança Estrutural nas Edificações – Resistência ao Fogo dos Elementos de Construção”** do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.
- LUZ NETO, Manoel Altiyo da. **Condições de segurança contra incêndio**. Brasília: Ministério da Saúde, 1995.

- NFPA 850 – Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High voltage direct current converter stations.
- NFPA 851 - Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants.
- NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

PDCA - *Plan, Do, Check e Action*
PCH – Pequena Central Hidrelétrica
PQS – Pó Químico Seco.
TR – Tempo de Recorrência.