

Energia Elétrica e Sustentabilidade 2

Jaqueline Oliveira Rezende
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2018

JAQUELINE OLIVEIRA REZENDE

(Organizadora)

Energia Elétrica e Sustentabilidade

2

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E56	Energia elétrica e sustentabilidade 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Jaqueline Oliveira Rezende. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Energia Elétrica e Sustentabilidade; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-46-8 DOI 10.22533/at.ed.468180110 1. Desenvolvimento energético – Aspectos ambientais. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Energia elétrica. I. Rezende, Jaqueline Oliveira. CDD 338.4
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A sustentabilidade pode ser entendida como a capacidade de o ser humano utilizar os recursos naturais para satisfazer as suas necessidades sem comprometer esses recursos para atender as gerações futuras. Nesse contexto, a sustentabilidade está inter-relacionadas em diversos setores, sendo os principais o social, o ambiental e o econômico. Dessa forma, constitui um dos desafios da sociedade moderna o desenvolvimento sustentável que objetiva preservar o meio ambiente durante a realização de outras atividades.

A energia elétrica representa um dos principais pilares para o progresso econômico de uma nação e, conseqüentemente, para o atendimento de inúmeras necessidades da humanidade. Portanto, esse setor também tem se preocupado com a geração, a transmissão, a distribuição de energia elétrica e a construção de novos empreendimentos, como as usinas hidrelétricas, de maneira a preservar o meio ambiente. Logo, a Engenharia Elétrica tem apresentado significativas pesquisas e resultados de ações pautadas na sustentabilidade.

Neste ebook é possível notar que a relação da Engenharia Elétrica e a Sustentabilidade é de preocupação de diversos profissionais envolvidos nesse setor, sendo esses advindos da academia, das concessionárias de energia elétrica e do governo. Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação da preservação do meio ambiente na engenharia elétrica.

Inicialmente são apresentados artigos que discorrem sobre o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade ambiental, custos ambientais em empreendimentos de geração de energia elétrica, recuperação ambiental, conservação da fauna, políticas administrativas e direcionamento de resíduos eletrônicos.

Em seguida, são descritos estudos sobre formas de geração de energia elétrica renováveis não convencionais, sendo apresentadas a energia eólica e a energia solar fotovoltaica. Essas formas de geração contribuem para o desenvolvimento sustentável, uma vez que geram energia elétrica utilizando recursos naturais não finitos, o vento na geração eólica e o sol na geração fotovoltaica.

Além disso, neste exemplar são expostos artigos que contemplam diversas áreas da engenharia elétrica, como redes smart grids, sistema de proteção, operação remota de usinas hidrelétricas, inteligência computacional aplicada a usina termelétrica, transformadores de potência, linhas de transmissão, tarifa horária, lâmpadas led, prevenção de acidentes em redes de média tensão e eficiência energética.

Jaqueline Oliveira Rezende

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PROSPECÇÃO DE PARQUES HIDROKINÉTICOS ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROJETOS NOS RIOS IGUAÇU E PARANÁ	
<i>Marcos Aurélio de Araujo</i>	
CAPÍTULO 2	10
TROCADOR DE CALOR – INOVAÇÃO NO AQUECIMENTO DE ÁGUA, FUNCIONAMENTO, RESULTADOS E COMPARAÇÃO COM TECNOLOGIAS SEMELHANTES	
<i>Odair Deters</i>	
<i>Paulo Valdocci Pereira</i>	
<i>Valério Monteiro</i>	
CAPÍTULO 3	23
SISTEMA ÓPTICO CWDM COMO PLATAFORMA DE MONITORAÇÃO DE ATIVOS E DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA REDES SMART GRIDS	
<i>João Batista Rosolem</i>	
<i>Danilo César Dini</i>	
<i>Claudio Antonio Hortêncio</i>	
<i>Eduardo Ferreira da Costa</i>	
<i>Rivael Strobel Penze</i>	
<i>João Paulo Vicentini Fracarolli</i>	
<i>Carlos Alexandre Meireles Nascimento</i>	
<i>Vítor Faria Coelho</i>	
CAPÍTULO 4	37
PORTAL OPERACIONAL DE EQUIPAMENTOS ESPECIAIS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO - UMA FERRAMENTA PARA GESTÃO DA CONFORMIDADE E DA CONTINUIDADE NO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	
<i>Rafael Cassiolato de Freitas</i>	
<i>Sadi Roberto Schiavon</i>	
CAPÍTULO 5	46
MODERNIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE SAMUEL	
<i>Davi Carvalho Moreira</i>	
<i>Daniel Simões Pires</i>	
<i>Danilo Gomes Matias</i>	
<i>Heleno Fülber</i>	
<i>Bruno Merlin</i>	
CAPÍTULO 6	62
OPERAÇÃO REMOTA DE USINAS PELO CENTRO DE OPERAÇÃO DA GERAÇÃO DA ELETROBRAS ELETRONORTE	
<i>Davi Carvalho Moreira</i>	
<i>Daniel Simões Pires</i>	
<i>Danilo Gomes Matias</i>	
<i>Juliano Cortes de Souza</i>	
<i>Leonardo Siqueira Rodrigues</i>	
<i>Heleno Fülber</i>	
<i>Bruno Merlin</i>	
CAPÍTULO 7	70
ABORDAGEM DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL APLICADA PARA MODELAGEM PREDITIVA DE EMISSÕES DE NOX E CO DE UMA TURBINA A GÁS DE UMA USINA TERMELÉTRICA DE CICLO COMBINADO	
<i>Eduardo Massashi Yamao</i>	
<i>Juliano Pierezan</i>	

João Paulo Silva Gonçalves
Marcos Cesar Gritti
Luís Gustavo Tomal Ribas
Flávio Chiesa
Victor Manuel Lopes dos Santos
Marcos de Freitas
André da Silva Orlandi
Leandro dos Santos Coelho

CAPÍTULO 8 82

CONFIRMAÇÃO DA EFICÁCIA DO ENSAIO DE RESPOSTA DO DIELÉTRICO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E BUCHAS CAPACITIVAS COMO TÉCNICA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

Hugo Rafael Freitas Negrão
Fernando de Souza Brasil
Bárbara Medeiros Campos
Maria Emília de Lima Tostes
Jorge Augusto Siqueira Tostes
Paulo Roberto Moutinho de Vilhena

CAPÍTULO 9 96

A EXPERIÊNCIA DA ELETRONORTE NA IMPLANTAÇÃO DA ANÁLISE DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA PARA DIAGNÓSTICO DE REATORES E TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Vanessa de Cássia Viana Martins Beltrão

CAPÍTULO 10 113

ANÁLISE DE DESEMPENHO DA LINHA DE TRANSMISSÃO 230 KV DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE RONDÔNIA OPERANDO COM CABOS PARA-RAIOS ISOLADOS E ENERGIZADOS EM MÉDIA TENSÃO

José Ezequiel Ramos
Alexandre Piantini
Ary D'Ajuz
Valdemir Aparecido Pires
Paulo Roberto de Oliveira Borges

CAPÍTULO 11 126

ESTUDO DE APLICAÇÃO DO DISPOSITIVO SVC NA LINHA DE TRANSMISSÃO MESQUITA VIANA II

Alcebíades Rangel Bessa
Lucas Frizera Encarnação
Paulo José Mello Menegáz

CAPÍTULO 12 143

IMPLANTAÇÃO DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA 230KV CIRCUITO DUPLO DA COPEL

Márcio Tonetti
Ilmar da Silva Moreira
João Nelson Hoffmann

CAPÍTULO 13 153

TRANSMISSÃO DE ENERGIA SEM FIO: ESTUDO POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E ACOPLAMENTO MAGNÉTICO RESSONANTE

Guilherme Hideki Shibukawa
Eric Eduardo Goveia Pandolfo
Ricardo Andreola
Emerson Charles Martins da Silva

CAPÍTULO 14 168

TARIFAS HORÁRIAS PARA SISTEMA DE TRANSMISSÃO CONSIDERANDO O SINAL LOCACIONAL

Marcio Andrey Roselli
André Meister

*Denis Perez Jannuzzi
Robson Kuhn Yatsu
André Veiga Gimenes
Miguel Edgar Morales Udaeta*

CAPÍTULO 15..... 178

AVALIAÇÃO DAS LÂMPADAS LED NO MERCADO BRASILEIRO (ARTIGO APRESENTADO NO XXIV SNPTEE)

*Alessandra da Costa Barbosa Pires de Souza
Maurício Barreto Lisboa
Willians Felipe de Oliveira Rosa*

CAPÍTULO 16..... 185

AVALIAÇÃO DO MÉTODO INDEPENDENTE DE MEDIÇÃO DE PERTURBAÇÕES RADIADAS – ANEXO B DA CISPR 15 (ARTIGO APRESENTADO NO XXIV SNPTEE)

*Alessandra da Costa Barbosa Pires de Souza
Maurício Barreto Lisboa
Willians Felipe de Oliveira Rosa*

CAPÍTULO 17 193

PADRÕES DE QUALIDADE PARA SERVIÇOS DE PINTURA ANTICORROSIVA APLICADOS AO SETOR ELÉTRICO

*Alberto Pires Ordine
Cristina da Costa Amorim
Marcos Martins de Sá
Elber Vidigal Bendinelli*

CAPÍTULO 18..... 209

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO, PRODUTIVIDADE E CUSTOS DE TECNOLOGIAS DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVA PARA ESTRUTURAS ENTERRADAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

*Cristina da Costa Amorim
Alberto Pires Ordine
Marcos Martins de Sá
Wendell Porto de Oliveira*

CAPÍTULO 19..... 221

ANÁLISE DE QUASE-ACIDENTES, OCORRIDOS NA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE MÉDIA TENSÃO, COMO MEIO EFICAZ E PROATIVO NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES

*Cristiano José Gober
Cresencio Silvio Segura Salas*

CAPÍTULO 20..... 235

PORTAL R3E COMO FERRAMENTA INDUTORA E DISSEMINADORA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

*Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues
Marcelo Bezerra de Melo Tinoco
Aldomar Pedrini
Edison Alves Portela Junior
João Queiroz Krause
Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira
Fernando Pinto Dias Perrone*

CAPÍTULO 21..... 246

HIERARQUIA DAS NECESSIDADES E RESILIÊNCIA NO PAGAMENTO DE SERVIÇOS PÚBLICOS UTILIZADOS: UM ESTUDO DE CASO VOLTADO A ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL

*Ana Lúcia Rodrigues da Silva
Fernando Amaral de Almeida Prado Jr.
Carolina Rodrigues de Almeida Prado*

CAPÍTULO 22 258

PROJETO PILOTO PARCELAMENTO PRÓ-ATIVO DE DÉBITOS DE IRREGULARIDADE

Diego Rivera Mendes

Julio Eloi Hofer

Rafael Luís de Avila

CAPÍTULO 23 267

MODELAGEM ESTRATÉGICA PARA A CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ANTECIPAÇÃO DO ATENDIMENTO AO CLIENTE PARA A MELHORIA OPERACIONAL E DE SERVIÇOS

Carlos Alberto Fróes Lima

Anderson Diego Machiaveli

Luciano E. A. Peres

Tales Neves Anarelli

SOBRE A ORGANIZADORA 287

ANÁLISE DE QUASE-ACIDENTES, OCORRIDOS NA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE MÉDIA TENSÃO, COMO MEIO EFICAZ E PROATIVO NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES

Cristiano José Gober

Institutos Lactec

Curitiba - Paraná

Cresencio Silvio Segura Salas

Institutos Lactec

Curitiba - Paraná

RESUMO :Estudos na gestão de segurança do trabalho defendem o uso de quase-acidentes como meio eficaz e proativo na prevenção de acidentes. Uma ferramenta, que pode ser utilizada para definição de ações preventivas e corretivas para o bloqueio destes eventos é identificar em quais atividades acontecem e quais são estas situações de riscos. Para isso foram analisados os registros de quase-acidentes, ocorridos entre janeiro de 2014 a dezembro de 2015, que aconteceram durante a execução de manutenção de redes de distribuição de energia elétrica aérea de média tensão ocorridos em uma empresa de distribuição de energia elétrica na região leste do estado do Paraná. Os quase-acidentes foram analisados utilizando como base as técnicas do Método de Árvore de Causas, os quais foram agrupados pelo mesmo tipo de risco. Para cada grupo foi elaborada a árvore de causa com base em técnicas de álgebra booleana, visando ilustrar os principais fatores e causas que geram este risco e como a combinação destes

fatores e causas pode gerar um acidente, sendo possível visualizar os níveis de barreiras que podem evitar um acidente relacionado ao risco analisado. Através destas etapas, foi possível identificar oportunidades de melhorias que visam aumentar o nível de segurança na execução destas atividades.

PALAVRAS-CHAVE: Quase-acidente; Segurança do Trabalho; Árvore de causas.

ABSTRACT: Several studies in the management of workplace safety advocate the use of near misses as effective and proactive in preventing accidents through. A tool that can be used to define preventive and corrective actions to block these events is to identify what activities these problems happen and what are these risk situations. For this the records of near misses, a company that occurred between January 2014 to December 2015, which occurred during the execution of maintenance of distribution networks air electricity, medium voltage was analyzed. The almosts accidents were analyzed using techniques based on the Method of Tree Causes, which were grouped by the same type of risk. For each group was drawn tree concerned based on boolean algebra techniques, aiming at illustrating the main factors and causes behind this risk and how the combination of these factors and causes can generate an accident, being able to view the levels of barriers that

can related to avoid an accident risk analysis. Through these steps, it was possible to identify improvement opportunities to improve the level of security in the execution of these activities.

KEYWORDS: Near misses. Safety. Tree causes.

1 | INTRODUÇÃO

Uma das diretrizes da NR 10 determina o dever de informar, garantir o direito de informação e do saber do trabalhador, sobre os riscos e possíveis perigos a segurança e à saúde, elétricos e não elétricos, que serão expostos no desenvolvimento das atividades contratadas ou designadas. A identificação do risco permite eliminar ou reduzir, mantendo sobre controle, as incertezas e eventos indesejáveis.

O risco de acidentes associado a serviços com distribuição de energia elétrica e o elevado número de acidentes ocorridos na atividade, tem levado as empresas distribuidoras de energia elétrica a buscar ações para reduzir estes números. A segurança no trabalho torna-se fator preponderante nas empresas, sendo uma das principais funções dos gestores e líderes a de preservar a integridade e saúde dos seus subordinados.

Um quase acidente (QA) é um evento imprevisto que não resultou em lesão, doença ou dano para pessoas, equipamentos ou ambiente, mas que tinha o potencial para o fazer. Somente uma afortunada ruptura na cadeia de eventos impediu uma lesão, fatalidade ou dano. Alguns Quase-acidentes, ocorridos em atividades de execução de Manutenção de Redes de Distribuição Aérea (MANRD), ocorrem e retornam a acontecer em função dos mesmos fatores e causas. Em alguns casos tiveram consequências mais graves e passaram de uma situação de “quase” para acidente. Partindo da premissa que os quase-acidentes são mais frequentes que os acidentes e indicam a probabilidade da ocorrência de um acidente, aqueles podem ser utilizados como ferramenta para avaliar os riscos envolvidos em atividades de MANRD, podendo prevenir a ocorrência de acidentes.

Conforme o conceito de quase-acidente, utilizado neste trabalho, são todos os eventos que causaram uma perda de tempo, porém alguns geraram um risco de acidente muito elevado, ao passo que outros a equipe não chegou a se expor ao risco, pois o identificou previamente. Desta forma os quase-acidentes analisados podem ser divididos em duas categorias:

- Quase-acidente proativo: Quando a equipe através da realização da APR conseguiu identificar o perigo antecipadamente, não se expondo a este risco;
- Quase-acidente passivo: Quando a equipe não identificou o perigo na realização da APR, e acabou se expondo ao risco existente, gerando uma situa-

ção de risco muito crítica.

Na empresa objeto de estudo, existem padrões para execução de cada atividade de MANRD, porém uma mesma atividade possui situações de riscos distintas, algumas destas são peculiares para uma mesma tarefa em função de variáveis tais como: ambiente; condição climática; idade dos componentes da estrutura; tipo de materiais da estrutura; dentre outros fatores. Estas situações em muitos casos não estão explícitas no padrão da atividade. Para estes casos, se o risco pré-existente não for observado na execução da Análise Preliminar de Risco (APR), pode vir a causar um QA ou até mesmo um acidente. Esta falha pode estar atrelada a fatores tais como:

- a. Negligência;
- b. Falta de conhecimento;
- c. Falta de treinamento;
- d. Inexperiência;
- e. Desconhecimento da equipe de manutenção sobre o risco pré-existente relacionado a uma determinada atividade de manutenção, em função de característica do ambiente e tipo da estrutura.

O ponto de partida para bloqueio destes eventos é identificar em quais atividades acontecem estes problemas e quais são estas situações de riscos, utilizando como ferramenta a análise de dados dos quase-acidentes. O fator negligência pode ser bloqueado com ações de conscientização, já os fatores de conhecimento e treinamento podem ser bloqueados através da inclusão de informações e instruções no procedimento de trabalhos destas atividades, para bloqueio destes riscos pré-existentes. Para comprovar a efetividade dos programas de conscientização e treinamento, bem como o cumprimento dos procedimentos de trabalho, faz-se necessário também uma prática de fiscalização sistemática das atividades executadas. Através deste levantamento, possibilitar-se-á identificar quais são os principais riscos das atividades de MANRD caracterizando-os de acordo com os seguintes critérios:

- a. Tipo da atividade;
- b. Tipo de rede;
- c. Linha desligada ou ligada;
- d. Característica do local;
- e. Característica do risco.

A prática adotada na empresa em estudo mostra que os acidentes ocorridos são analisados através do Método de Árvore de Causas por um grupo de trabalho que faz parte da Comissão Interna de Prevenção de Acidente (CIPA), onde são identificados os fatores, causas e recomendações de bloqueios. Já os quase-acidentes são analisados em reuniões setoriais de segurança, porém sem nenhuma metodologia

definida. Para possibilitar a consolidação de critérios referente à identificação de fatores causais e recomendações de bloqueios, os quase-acidentes elencados, de acordo com os riscos envolvidos, serão analisados utilizando como base as técnicas do Método de Árvore de Causas. Para cada grupo formado pelo mesmo tipo de risco, será elaborada a árvore de causa com base em técnicas de álgebra booleana, visando ilustrar os principais fatores e causas que geram este risco e como a combinação destes fatores e causas pode gerar um acidente, sendo possível visualizar os níveis de barreiras que podem evitar um acidente relacionado ao risco analisado. As execuções destas etapas propiciam o mapeamento das atividades de manutenção que possuem riscos pré-existentes, que em alguns casos não são percebidos quando da execução da APR e quais são estes riscos. Possibilitando a formulação de proposição de ações de bloqueios de acordo com estes riscos.

2 | DESENVOLVIMENTO

Os quase-acidentes foram selecionados de acordo com critérios e delimitações conforme objetivos deste trabalho. Esta análise apresenta os principais riscos envolvendo as atividades de MANRD, as atividades com maior número de quase-acidentes, os principais fatores e causas, principais falhas que causaram os quase-acidentes e proposições de bloqueios para estas falhas. A partir destas análises foram elaboradas as árvores de causas, para os quase-acidentes que tiveram em comum os mesmos riscos, as quais possibilitaram entender de que maneira as diferentes causas produzem as condições necessárias para a ocorrência de acidente e como a combinação destas podem resultar em um acidente.

Os relatos de quase-acidentes são transcritos em uma ficha pelo empregado que sofreu o QA ou relatado nas reuniões setoriais de segurança, que posteriormente são cadastrados no sistema. Todos os quase-acidentes são discutidos nas reuniões setoriais de forma a divulgar os riscos e ações preventivas daquele evento para os demais empregados. No período entre janeiro de 2014 a dezembro 2015, foram registrados 647 quase-acidentes em quatro setores do Departamento de manutenção desta empresa, que neste trabalho são chamados de setores A, B, C e D.

Através da consulta em um banco de dados da empresa objeto de estudo, foram selecionados 172 quase-acidentes ocorridos em atividades de MANRD entre janeiro de 2014 e dezembro de 2015. Foram desconsiderados eventos envolvendo terceiros, comunidade, trajeto e trânsito.

2.1 Questionamentos realizados

Na primeira etapa da análise foram realizados dois questionamentos, cujas respostas foram baseadas somente nas informações contidas no registro dos quase-

acidentes. O objetivo destes questionamentos é identificar qual é o tipo do QA, e o nível de dificuldade de identificação da situação de risco que gerou o QA.

A classificação entre um quase-acidente proativo e passivo foi definida com base nas informações contidas no registro do QA, se o risco foi identificado na realização da APR. Nos casos de resposta positiva, trata-se de um quase-acidente proativo e resposta negativa, de quase-acidente passivo. Do total dos registros analisados 65,12% dos quase-acidentes são passivos, onde a equipe ficou exposta a um risco muito crítico. O setor C apresenta o pior resultado entre os setores, onde 71,43% são passivos, e o setor B apresenta o melhor resultado com 48,39% dos riscos identificados durante a execução da APR. No geral o resultado foi muito próximo entre os setores que revela uma oportunidade de melhoria na execução da APR.

2.2 Conjectura da identificação do risco previamente

Uma das análises realizadas, com objetivo de mensurar o grau de dificuldade de identificação do risco pelo trabalhador, que no contexto deste trabalho é qualquer fator que o coloque em situação vulnerável e possa afetar sua integridade, seu bem estar físico e psíquico, considerando apenas as informações contidas nos registros do QA, foi à conjectura de identificar antecipadamente o risco na situação em que ocorreu o QA. No geral, em 81% dos quase-acidentes, o risco poderia ser identificado na APR, sendo que em 17% seria difícil identificar o risco e apenas 2% dos quase-acidentes ocorreram em situação que não seria possível identificar o risco previamente. O setor A, foi o único que teve a ocorrência de QA onde não havia a hipótese de identificar o risco antecipadamente, com 7% dos casos ocorridos neste setor. O setor D é o que apresenta os riscos com maior dificuldade de identificação na realização da APR.

2.3 Estatísticas - Localidade, área elétrica, equipes e empregados envolvidos

Os registros dos quase-acidentes têm como prerrogativa a tomada de ações corretivas e a divulgação destes fatos aos demais empregados do setor. Visando obter informações sobre em quais atividades ocorrem o maior número de QA, quais empregados e equipes, quais são os riscos, quais são os fatores e causas e outras informações, foi realizada a análise estatística destas informações as quais possibilitam priorizar o direcionamento de ações corretivas e preventivas para os maiores problemas. No total 64% dos quase-acidentes ocorreram em redes de distribuição urbana e 36% em redes rurais. A maioria dos quase-acidentes ocorreram em redes de distribuição convencional de 13,8 kV, representando 83% dos quase-acidentes registrados. Este fato está relacionado à maior quilometragem de redes de distribuição ser deste tipo, requerendo uma maior quantidade de manutenção, conseqüentemente maior exposição ao risco. No total 70% dos quase-acidentes ocorreram com equipes de linha morta. Na execução das atividades com linha viva, quando acontece uma falha, as conseqüências geralmente são graves. As equipes de linha viva possuem

o hábito e cultura de planejar de forma detalhada suas atividades, pois este é um bloqueio para ocorrência de eventos não planejados e indesejáveis. No total 67 % dos quase-acidentes ocorrem com empregados próprios que representa 55% da força de trabalho. Um dos fatores para esta discrepância pode estar relacionado com a maior facilidade que os empregados próprios possuem em registrar o QA, devido ao acesso direto ao sistema informatizado de registro, ao passo que os empregados contratados não possuem esse acesso. Outro fator pode estar relacionado ao medo de algum tipo de sanção contratual, por parte dos empregados contratados bem como comportamental ou cultural da empresa contratada.

2.4 Atividades Manutenção de Redes de Distribuição de Energia – MANRD

As atividades de substituição de postes, emenda de condutores, poda de árvores, e operação de equipamentos, representam 70 % do total dos QA analisados, e são comuns entre os quatro setores de manutenção. A atividade de substituição de poste apresenta a maior quantidade de QA. Este fato pode estar relacionado às características deste serviço, pois na maioria dos casos trata-se de abalroamento por veículos, alterando totalmente as características do sistema, ensejando maiores números de riscos. O abalroamento de postes, ocorre em função de acidentes, no qual o poste é atingido por veículo em movimento, que acaba danificando a estrutura do poste. Na atividade de substituição de poste, o principal risco está associado ao choque elétrico que esteve presente em 39% dos QA ocorridos nesta atividade. A principal causa esta associada a falha no procedimento, que ocorreu em 38 % dos quase-acidentes desta atividade.

A atividade de emenda de condutores possui diversos riscos envolvidos. O choque elétrico também é o principal risco que esteve presente em 74% dos QA ocorridos nesta atividade. A principal causa esta associada à falha no primeiro atendimento, que ocorreu em 42 % dos QA desta atividade. A arborização urbana tem interferência direta com rede de distribuição aérea e isso requer manutenção constante, sendo a poda de árvores a atividade mais executada na MANRD. Os riscos relacionados ao meio ambiente de trabalho também são diversos, tais como animais e insetos, que esteve presente em 40% dos quase-acidentes ocorridos nesta atividade. O planejamento para esta atividade é fator preponderante para execução de forma segura. A principal causa esta associada à falha no procedimento, que ocorreu em 43% dos quase-acidentes analisados. O maior risco na atividade de operação de equipamentos está relacionado à abertura de arco elétrico, que esteve presente em 47% dos quase-acidentes ocorridos nesta atividade. O principal bloqueio para este risco é seguir os procedimentos de trabalho, que possuem medidas preventivas para a execução da atividade, a principal causa está associada ao defeito no material ou equipamento, que ocorreu em 33,3 % dos quase-acidentes ocorridos nesta atividade.

2.5 Riscos identificados nos quase-acidentes

Considerando todos os quase-acidentes analisados o choque elétrico, arco elétrico, animais e insetos e queda de objeto, foram fontes de risco em 77%, dos casos. O choque elétrico é o principal agente de risco de atividades de MANRD, sendo que 63 QA ocorreram com este risco, representando 37% do total dos QA analisados. Em 64% dos quase-acidentes com choque elétrico, o risco foi identificado previamente e caracterizado como quase-acidente proativo, e em 37% o risco não foi identificado previamente e a equipe ficou exposta a um risco muito elevado de acidente. O arco elétrico, também é um risco inerente à atividade, e esteve presente em 15% dos quase-acidentes analisados, porém para este risco o percentual de quase-acidentes passivos foi de 77%. Para os casos de quase-acidentes envolvendo animais e insetos, foram 14% do total analisado, onde 83% foram quase-acidente passivos. Como as atividades são executadas em altura, o risco envolvendo queda de objetos está presente nas atividades e 12% dos casos ocorreram em função de queda de objetos. Para estes casos, 90% dos eventos foram quase-acidentes passivos.

2.6 Fatores e causas

A definição dos fatores e causas serviu como base para proposições de ações corretivas ou medidas preventivas para o QA analisado 28,5% dos quase-acidentes tiveram como principal fator e causa a falha no procedimento. Considerando que os procedimentos de trabalho, já contemplam possíveis situações de riscos existentes, estes são definidos para bloquear os possíveis riscos. Quando a equipe não observa no procedimento de trabalho uma nota alertando sobre determinada situação de risco ou deixa de executar determinada etapa prevista no procedimento e vem a ocorrer um QA, a causa principal está associada à falha no procedimento. Em alguns casos, o QA ocorreu em função de mais de um fator ou causa, nesta análise foi identificada apenas uma causa principal.

2.7 Álgebra booleana

A álgebra booleana classifica as informações em dois tipos: verdadeiras e falsas. Atribui-se às informações o símbolo matemático “1” para informações verdadeiras e as falsas o símbolo “0”. Tem como base três operações básicas: *NOT*, *AND* e *OR*, das quais derivam várias outras. A figura 1 apresenta o símbolo utilizado para representar cada função a sua expressão booleana e a tabela verdade. (Lourenço *et al*, 2013).

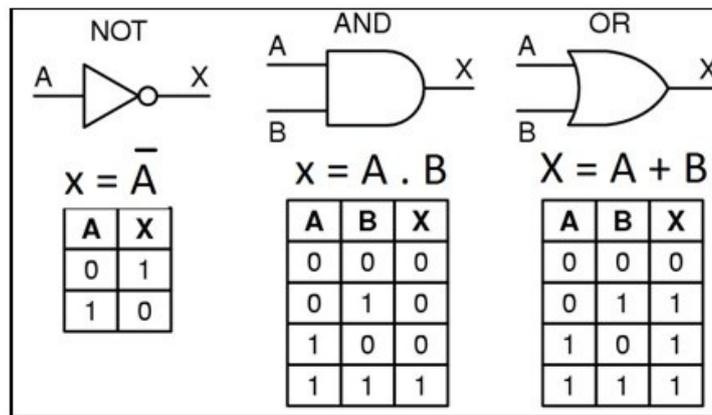


Figura 1 – Símbolo funções lógicas, expressão booleana e tabela verdade

Na utilização da álgebra booleana, para elaborar a árvore de causas, as variáveis de entrada representam as causas que propiciam as condições necessárias para a ocorrência do acidente. Um circuito combinacional é aquele que executa uma expressão booleana através da interligação das várias portas lógicas existentes (Lourenço *et al*, 2013), sendo que a saída, neste caso o acidente, depende única e exclusivamente das entradas, neste caso representado pelas causas.

Para elaboração da árvore de causa, serão utilizadas duas funções, *AND* e *OR*, cujas características são:

- A função *AND*, assume o valor 1 se, e somente se, todas as variáveis lógicas de entrada assumirem o valor 1, ou seja, ela é verdadeira somente se todas as variáveis de entrada forem verdadeiras;
- A função *OR*, assume o valor 1 se pelo menos uma das variáveis de entrada assumir o valor 1, ou seja, ela é verdadeira se pelo uma das variáveis de entrada for verdadeira.

2.8 Árvore de causas

Identificado todos os riscos, fatores e causas dos quase-acidentes, pode-se perceber que os riscos são comuns entre as atividades mesmo que estas sejam distintas. A variação encontra-se nas causas que originaram o risco. O evento não evoluiu se tornando um acidente, pois não houve mais conjunções de variações que propiciariam as condições necessárias para a ocorrência do acidente. Considerando a técnica de análise pelo método de árvores de causas, associada à álgebra booleana, foram elaboradas as árvores de causas que representam os quase-acidentes que tiveram em comum os mesmos riscos. Nas árvores de causas são representadas todas as causas agrupadas por componente juntamente com a informação da percentagem deste componente no quase-acidentes envolvendo o risco analisado. Apresentaremos a Árvore de causa, dos três principais riscos identificados nas análises dos quase acidentes, choque elétrico, arco elétrico e animais e insetos.

2.8.1 Árvore de causa – choque elétrico

Este risco representa 36,5% dos casos analisados. Com base nas informações contidas nos registros que tiveram em comum este risco, foi elaborada a árvore de causas conforme apresenta a Figura 2. O meio de trabalho representa 47,6% das causas. A falha no primeiro atendimento, falha na manobra de desligar e energização acidental, se caracterizam como ambiente, pois são ações de terceiros que alteram as condições do ambiente de trabalho.

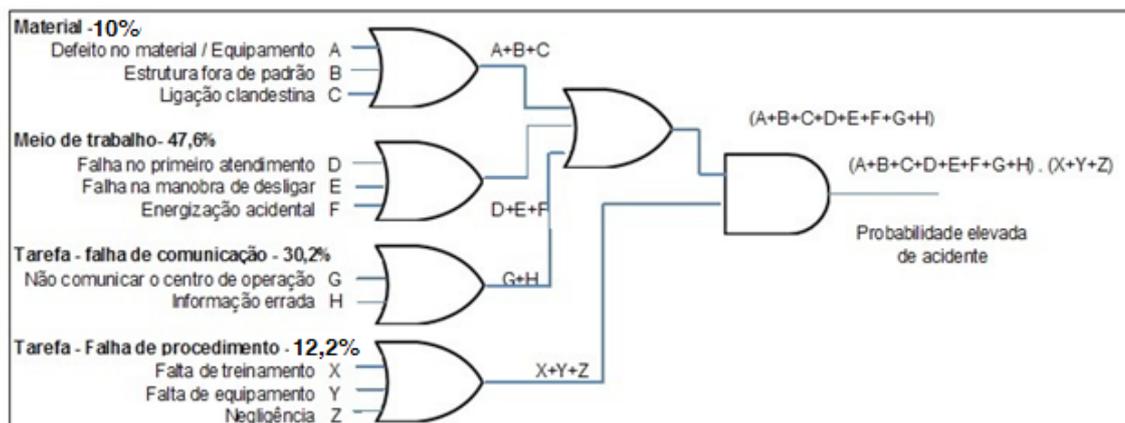


Figura 2 – Árvore de causas: risco choque elétrico

A componente tarefa, diretamente ligadas as ações da equipe, representa 52,4% das causas. A principal barreira para o acidente envolvendo este risco é a realização dos procedimentos de maneira correta por parte da equipe. Mesmo havendo falhas em qualquer um dos outros componentes, primeira variável, a lógica associada a este risco é uma operação *AND*, onde a segunda variável é a realização do procedimento correto por parte da equipe de manutenção, sendo este o principal bloqueio, no qual a equipe tem ação direta.

2.8.2 Árvore de causa – arco elétrico

Este risco representa 15,1% dos QA analisados. Com base nas informações contidas no QA que tiveram em comum este risco, foi elaborada a árvore de causas conforme apresenta a Figura 3. A lógica combinacional deste risco é semelhante à do choque elétrico. Mesmo havendo falhas em qualquer um dos outros componentes, primeira variável, a lógica associada a este risco é uma operação *AND*, onde a segunda variável é a realização do procedimento correto por parte da equipe de manutenção.

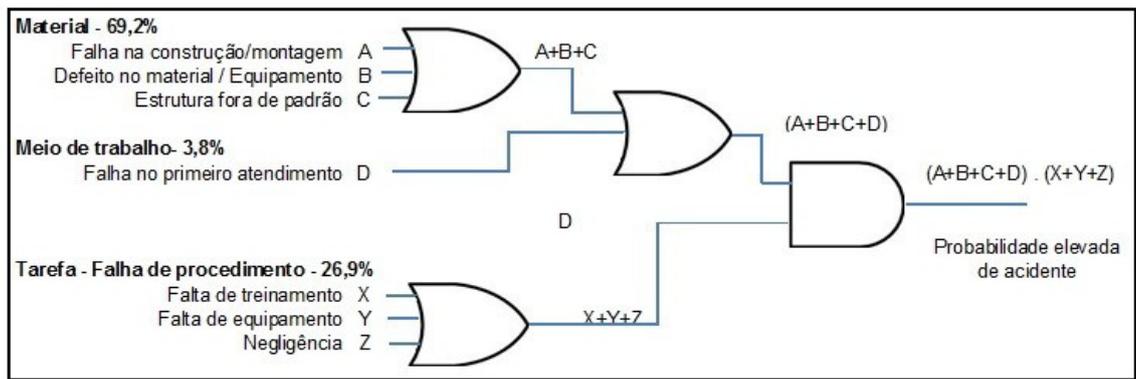


Figura 3 – Árvore de causas: risco arco elétrico

Para este risco, 69,2% das causas esta associada ao material. Nos quase-acidentes analisados houve um problema em um determinado tipo de chave de operação que apresentou problema logo em sua instalação. Este problema foi resolvido através de uma ação desencadeada após a ocorrência e registro destes quase-acidentes.

2.8.3 Árvore de causa – animais e insetos

Este risco representa 13,4% dos QA analisados. Com base nas informações contidas no QA que tiveram em comum este risco, foram elaboradas duas árvores de causas conforme apresentam as Figuras 4 e 5. Do total de QA analisados envolvendo este risco, 50% ocorreram envolvendo cobras e 50% abelha ou vespa.

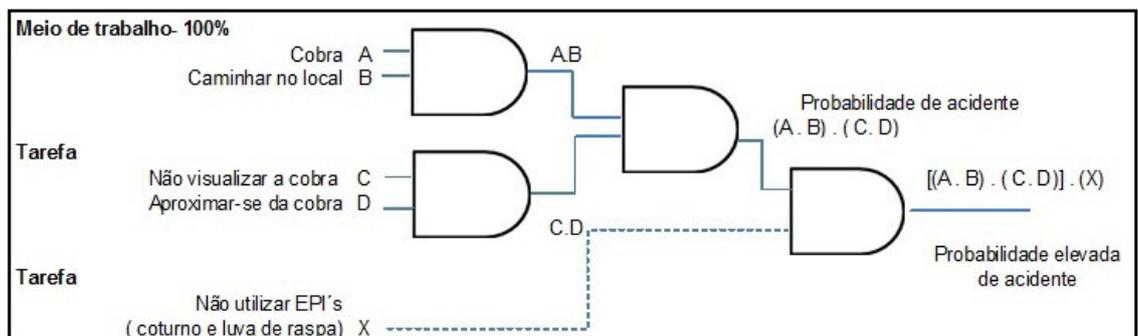


Figura 4 – Árvore de causas: cobra

Em 100% dos QA envolvendo cobra tiveram como causa o meio de trabalho. A lógica combinacional para elevada probabilidade da ocorrência do acidente apresenta funções do tipo AND. O principal bloqueio é visualizar a cobra, componente tarefa. A não utilização de coturno e luvas de raspa aumentará a probabilidade do acidente.

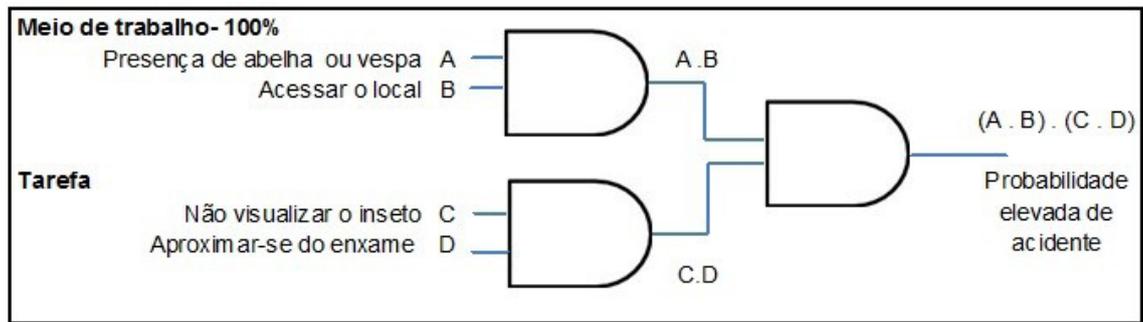


Figura 5 – Árvore de causas: abelha ou vespa

Os quase-acidentes envolvendo abelhas ou vespa são semelhantes à árvore anterior. O principal bloqueio também está relacionado à tarefa que consiste em visualizar o inseto.

2.9 Proposições de ações

Esta análise possibilita mensurar as atividades e riscos críticos, sendo uma base para o direcionamento de ações. Os quase-acidentes são um tipo de ocorrência bem mais comum que os acidentes sendo indicativo da probabilidade de ocorrência de acidentes e representa uma possibilidade de antecipação à ocorrência de eventos de maior gravidade. Através da observação, relato, análise e identificação de suas causas, passando para um estágio de tomada de ações preventivas e corretivas e controle das mesmas. Agrupando os quase-acidentes por falha de componente, pode-se observar que 46% se referem ao meio ambiente de trabalho, 28% à tarefa e 26% ao material. O acidente tem sua probabilidade elevada quando ocorre a falha na tarefa juntamente com outra falha que pode estar associada aos outros componentes (meio de trabalho, material ou indivíduo). O meio de trabalho apresenta as principais causas e o principal bloqueio para fatores relacionados ao meio de trabalho está na etapa de realização da APR. Seguem as proposições de melhorias:

- Incentivar o relato e registro dos quase-acidentes, pois estes são fontes de informação e ajudam na disseminação das informações sobre os riscos existentes nas atividades de MANRD;
- Realizar treinamento sobre a realização da APR, focando atividades práticas;
- Realizar treinamentos para equipes que prestam o primeiro atendimento, para melhorar esta atividade de maneira a evitar que fiquem “armadilhas” para equipes de manutenção;
- Fiscalizar o preenchimento da APR;
- Como a execução da atividade (tarefa) é o último estágio nesta cadeia de eventos, nesta etapa o erro pode ter consequências graves. As falhas na ta-

refa (falha de procedimento) estão relacionadas a três fatores: treinamento, falta de equipamento e negligência. Seguem as proposições de melhorias:

- Realizar reciclagem dos treinamentos sobre os padrões de trabalho;
- Intensificar a fiscalização em campo da realização da atividade conforme padrões de trabalho;
- Aplicar teste prático para equipes contratadas, referente à execução das atividades, conforme padrão de trabalho no início do contrato.

As falhas do componente material, relacionadas a defeito do material, são as mais difíceis de serem bloqueadas. Para os materiais novos, este problema já é tratado pela empresa, pois quando um determinado lote de material apresenta problema, é realizado um procedimento interno e o material deste lote é recolhido e substituído pelo fornecedor. Para os materiais já aplicados nas redes e para as estruturas fora de padrão, o bloqueio está na realização da APR e na execução das atividades conforme padrão de trabalho. Através das elaborações das árvores de causas foi possível identificar as barreiras existentes, que evitam a ocorrência do acidente, conforme apresenta o Quadro 1. Em alguns casos, as barreiras se combinam em série sendo necessária à quebra de duas barreiras para propiciar a ocorrência do acidente, porém a barreira que diz respeito à APR e ao procedimento de trabalho em grande parte dos casos analisados são barreiras que dependem somente da equipe, e estão associadas em paralelo com outras barreiras, sendo que se a equipe falhar e neste evento já tiver ocorrido uma falha em outras barreiras, a condição para a ocorrência de um acidente será ideal.

Nível	Barreiras	Componente	Ação Envolvida
6	Treinamento	Tarefa	Ação da empresa.
5	Primeiro atendimento	Material	Depende terceiros.
4	Aptidão física	Individuo	Avaliação individual do funcionário, bem como avaliação do encarregado e companheiro de equipe.
3	Comunicação (VHF e documentos)	Meio de trabalho e tarefa	Ação simples, extremamente importante evita certamente a ocorrência de acidentes.
2	Realização da APR	Meio de trabalho e tarefa	Se algumas das etapas anteriores falharem, ela pode evitar o acidente, porém a execução da APR não é simples, em função das características das atividades de MRDA.
1	Executar as atividades conforme Padrão de trabalho	Tarefa	Se algumas das etapas anteriores falharem, ela será a última barreira que irá garantir a segurança da equipe.

Quadro 1 – Barreiras identificadas nas árvores de causas

3 | CONCLUSÕES

O acidente pode ser descrito como um encadeamento de fatos, com uma relação que os une (Binder, Almeida, Monteau, 2003). Desta maneira o evento surge como um produto de fatos que se combinam de maneira lógica para a ocorrência do evento. Identificando de que maneira esta lógica se combina é possível determinar níveis de barreiras para bloquear o acidente e um dos focos deste trabalho foi identificar esta lógica para os principais riscos envolvendo as atividades de MANRD.

A análise dos quase-acidentes foi baseada somente nas informações presentes nos registros do quase-acidentes. Alguns registros apresentavam poucos detalhes nas informações, que dificultou a análise. Outro fator de grande dificuldade se refere ao banco de dados da empresa estudada, o qual não permite a exportação de arquivo. Para compilação dos dados, foi necessário imprimir todos os registros e cadastrá-los novamente em uma planilha eletrônica, gerando um trabalho considerado. A proposta de avaliar os quase-acidentes como medida proativa na gestão de segurança na execução de atividades de MANRD, foi atingida com a proposição de ações apresentadas neste trabalho, as quais foram baseadas nos possíveis bloqueios em funções dos fatores e causas identificados nos registros dos quase-acidentes analisados. Os objetivos específicos foram atendidos, através do levantamento dos quase-acidentes registrados, que foram agrupados em função dos riscos em comum. Foram identificados quais são os riscos existentes nas atividades de MANRD que mais causaram quase-acidentes, quais são as atividades e as ações de bloqueios, através das informações estatísticas apresentadas, contendo as principais atividades, equipes, riscos, fatores, causas e recomendações de bloqueios. Este trabalho procurou contribuir com os gestores das equipes de manutenção, apresentando as principais estatísticas dos quase-acidentes ocorridos na execução da atividade de MANRD, sendo uma base para implantação de medidas corretivas e preventivas visando à segurança do trabalho. Os principais resultados alcançados com o presente trabalho:

- Aplicação de conhecimentos técnicos;
- Conhecimento e aplicação de conceitos de análises de acidentes para identificar os principais fatores e causas dos quase-acidentes;
- Conhecimento sobre a organização das atividades de MANRD, envolvendo os aspectos de gestão e segurança do trabalho.

Uma leitura que se pode fazer é que se deve incentivar o registro dos quase-acidentes e as tratativas devem se limitar a ações corretivas e medidas preventivas, não sendo aconselhada a ação de punição, visto que a divulgação e registro é uma ação voluntária. O caráter punitivo pode ensejar ao não relato do fato. Mais de 65% dos quase-acidentes foram passivos e em 81% pode-se considerar a hipótese da identificação do risco de maneira antecipada. Esses argumentos reforçam a importância da APR, e a necessidade de melhorar a metodologia de sua aplicação. Mais de 27% dos

quase-acidentes tiveram como causa falha na execução do procedimento de trabalho, o que enseja uma oportunidade de melhoria no quesito treinamento e fiscalização. Mais de 70% dos quase-acidentes foram com equipes de linha morta, esse é um indicativo que estas equipes devem melhorar a execução da APR e o planejamento de suas atividades. O penúltimo bloqueio, que evita a ocorrência do acidente, está relacionado com a execução da APR. Esta ação é atribuição única e exclusiva da equipe que esta executando atividade. Isso demonstra a importância da execução desta etapa, APR. O último bloqueio, que evita a ocorrência do acidente, também está sob a responsabilidade somente da equipe, que é a realização das tarefas conforme procedimentos padronizados pela empresa. Para isso se faz necessário o prévio conhecimento destes padrões (treinamento) e a disponibilidade destas informações no momento da execução da atividade. A empresa já possui sistemáticas de treinamentos e fiscalização da execução dos procedimentos de trabalho, porém, também existe um fator relacionado à conscientização das equipes, sobre a importância da utilização destas ferramentas, APR e padrões de trabalho, as quais são as últimas barreiras para evitar a ocorrência de acidentes de trabalho. Este é um aspecto que deve ser mais bem explorado pela empresa objeto de estudo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL], (2012). **PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**. Brasília, 2012. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo1_Revisao_6.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2015.

BINDER, Maria Cecília Pereira; ALMEIDA, Ildeberto Muniz; MONTEAU Michel. *Árvore de causas: método de investigação de acidentes de trabalho*. 4º Edição. São Paulo: Editora Limiar, 2003.

BRITO, Paulo Sérgio dos Santos, **Análise Comparativa de Acidentes do Trabalho Fatais entre Funcionários Próprios e Terceirizados no Setor Elétrico Brasileiro**, dissertação de mestrado, Curitiba – PR.

BRASIL. Portaria MTE n.º 598 de 07 de dezembro de 2004. **Diário Oficial**, Brasília, 2004. Disponível em: < <http://portal.mte.gov.br/legislacao/portaria-n-598-de-07-12-2004-1.htm> >. Acesso em: 15 jul. 2014.

CAMBRAIA, Fabrício Borges, SAURIN Tarcísio Abreu, FORMOSO Carlos Torres. Diretrizes para identificação, análise e disseminação de informações sobre quase-acidentes em canteiros de obras. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v.8, n.3, p.51-62, jul./out.2008. Disponível em < http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/31664?locale=pt_BR> Acesso em 05 mai.2015.

ETGES, Bernardo Martim Beck da Silva. *Análise de quase-acidentes como medida proativa na gestão de segurança da construção civil: estudo em empresas de porto alegre/RS: Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009*. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/79816>> Acesso em 05 mai.2015.

LOURENÇO, Antônio Carlos de *et al.* **Circuitos Digitais**.9. ed. São Paulo:Érica.2013.

MICHAELIS. *Moderno Dicionário da Língua Portuguesa, 2014 Disponível em*< <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/>> Acesso em: 20 mar. 2015.

SOBRE A ORGANIZADORA

Jaqueline Oliveira Rezende Possui graduação em Engenharia Elétrica, com certificado de estudos em Engenharia de Sistemas de Energia Elétrica e mestrado em Engenharia Elétrica, ambos pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente é aluna de doutorado em Engenharia Elétrica, no Núcleo de Dinâmica de Sistemas Elétricos, pela Universidade Federal de Uberlândia. Atuou como professora nos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação. Tem realizado pesquisas em Sistemas de Energia Elétrica, dedicando-se principalmente às seguintes áreas: Energia Solar Fotovoltaica; Curvas Características de Painéis Fotovoltaicos; Dinâmica de Sistemas Elétricos; Geração Distribuída; Simulação Computacional; Algoritmo Genético.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-46-8

