

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE**

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO DE UM PROCESSO
DE LANÇAMENTO DE CABOS COM O AUXÍLIO DA FMEA.**

Adriana Regina Tozzi

Porto Alegre, 2004

Adriana Regina Tozzi

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO DE UM PROCESSO
DE LANÇAMENTO DE CABOS COM O AUXILIO DA FMEA.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado
Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade
Profissionalizante – Ênfase em Qualidade

Orientador: Professor José Luiz Duarte Ribeiro

Porto Alegre, 2004

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pelo Coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. José Luiz Duarte Ribeiro, Dr.

Orientador Escola de Engenharia/UFRGS

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.

Coordenadora MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Marcia Elisa Echeveste
DEST/UFRGS

Prof. Dr. Tarcísio Saurin
EE/UFRGS

Prof. Dr. Bruno Henrique Rocha Fernandes
Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo – FEA/USP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus irmãos e ao meu marido, pessoas que sempre me ajudaram e apoiaram, mesmo nos momentos mais difíceis. Amo todos vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor e orientador José Luis Duarte Ribeiro, pelo acompanhamento e revisão do estudo, assim como pelas críticas que propiciaram grandes melhorias neste trabalho.

Agradeço a empresa ELCO Engenharia de Obras Elétricas Ltda., por permitir e colaborar com a realização deste trabalho.

Agradeço aos engenheiros Gilberto S. Yamao, Sandro Esperança e Nilson Teixeira aos técnicos João Akira Kubota, Marcelo Ribeiro e Benedito Carneiro, e ao supervisor de obra Juarez Josefi, por compartilharem suas experiências de trabalho e auxiliarem no estudo realizado.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo a criação de um Programa de Verificação referente ao processo de lançamento de cabos de baixa tensão aplicado em uma obra de instalações elétricas industriais. Este programa foi desenvolvido a partir do aprendizado obtido com o uso da ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), utilizada para identificar os modos potenciais de falha do processo, suas causas e seus efeitos, de forma a contribuir para a garantia da qualidade do produto final. A aplicação da FMEA permitiu à equipe de coordenação deste estudo uma visão geral do processo e o estabelecimento de ações preventivas no processo que possam eliminar ou reduzir a chance de ocorrência de falhas.

O programa de verificação, principal resultado da pesquisa, foi desenvolvido e dividido em três etapas: a primeira denominada de **Montagem da infra-estrutura**, a segunda referente à **Execução de rede elétrica enterrada e a terceira sobre Teste de Isolamento de Cabos**. A partir da implantação deste programa, acredita-se que os resultados obtidos serão de grande ajuda para garantir a conformidade nas instalações de infra-estrutura e lançamentos de cabos de baixa tensão, além do aumento de produtividade das equipes de trabalho.

Palavras-chave: Qualidade, Programa de Verificação, FMEA.

ABSTRACT

This study has the objective of creation of a verification program for the launching process of low tension cables applied in industrial electrical installations. This program was developed through the learning obtained with the use of the FMEA tool (Failure Mode and Effects Analysis), that was used to identify the potentials process failure, their causes and their effects, in order to contribute to the quality assurance of the final product. The application of the FMEA tool allowed to the coordination team of this study a general vision of the process and the establishment of preventive actions to eliminate or reduce the chance of the failure occurrence.

The verification program, main result of this research, was developed and divided in three phases: the first, denominated by **Infrastructure Assembly**, the second, **Execution of the Buried Electrical Net** and the third, **Cables Isolation Test**. The implantation of this program will help to guarantee the conformity of the infrastructure installations and low tension cables launching. It will as to help the increase of teamworks productivity.

Key words: Quality, Verification Program, FMEA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema da fábrica da CISA	p 35
Figura 2: Esquema da Linha CGL	p 37
Figura 3: Cabo elétrico de potência em baixa tensão típico	p 38
Figura 4: Tipos de cabos elétricos de potência em baixa tensão	p 38
Figura 5: Leito	p 41
Figura 6: Leito instalado no CGL	p 42
Figura 7: Cabos lançados em leito (CGL)	p 42
Figura 8: Eletrocalha perfurada com virola	p 43
Figura 9: Eletrocalhas lisas instaladas	p 44
Figura 10: Eletrocalhas perfuradas instaladas	p 44
Figura 11: Eletrocalha lisa instalada na linha CGL	p 45
Figura 12: Tubo corrugado (Kanalex)	p 45
Figura 13: Eletroduto corrugado enterrado	p 46
Figura 14: Eletroduto de ferro fundido ligando um painel	p 46
Figura 15: Cabos tagueados	p 49
Figura 16: Modelo de Diagrama de Cabos	p 49
Figura 17 – Cabos lançados e amarrados em um leito	p 50
Figura 18 - Caixa de passagem de cabos	p 51
Figura 19 – Formulário de Planejamento de Ações	p 56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Severidade do Efeito -----	p 23
Tabela 2: Probabilidade de Ocorrência -----	p 24
Tabela 3: Probabilidade de Detecção do Modo de Falha -----	p 25
Tabela 4: Valores mínimos de resistência de isolamento -----	p 52
Tabela 05: Tabela de FMEA -----	p 63

SUMÁRIO

RESUMO-----	p 05
ABSTRACT-----	p 06
LISTA DE FIGURAS-----	p 07
LISTA DE TABELAS-----	p 08
SUMÁRIO-----	p 09
1 INTRODUÇÃO-----	p 12
1.1 Comentários Iniciais-----	p 12
1.2 Apresentação do Tema e Objetivos-----	p 13
1.2.1 Tema-----	p 13
1.2.2 Objetivo específico-----	p 14
1.2.3 Objetivo geral-----	p 14
1.3 Justificativa-----	p 14
1.4 Delimitação do Tema-----	p 14
1.5 Método de Pesquisa-----	p 15
1.6 Hipótese de Trabalho-----	p 16
1.7 Estrutura do Trabalho-----	p 17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA-----	p 18
2.1 Qualidade e Confiabilidade-----	p 18
2.1.1 FMEA-----	p 20
2.1.1.1 Relação Causa-Modo-Efeito-----	p 20
2.1.1.2 FMEA de Processo-----	p 21
2.1.1.3 A tabela da FMEA-----	p 22

2.1.1.4 Acompanhamento-----	p 26
2.2 Implantação de Programas de Verificação-----	p 26
2.2.1 Cultura organizacional e treinamento-----	p 29
2.3 Conformidade nas Instalações Elétricas-----	p 30
3 DESENVOLVIMENTO-----	p 34
3.1 Apresentação da empresa-----	p 34
3.2 Apresentação do produto/processo-----	p 35
3.2.1. Linha de Galvanização Contínua – CGL-----	p 36
3.2.2. Processo de Lançamento de cabos-----	p 37
3.2.2.1 Cabos-----	p 37
3.2.2.2. Infra-estrutura-----	p 39
3.2.2.3. Montagem da infra-estrutura-----	p 47
3.2.2.4. Lançamento de Cabos-----	p 48
3.2.2.5. Ligação e teste de isolamento dos cabos-----	p 51
3.2.3. Projetos de Execução-----	p 53
3.3 Situação antes da intervenção-----	p 55
3.3.1 Equipe de trabalho-----	p 55
3.3.2 Análise do Processo-----	p 56
3.4 Descrição da Intervenção-----	p 58
3.4.1 Montagem de suporte para infra-estrutura-----	p 58
3.4.2 Encaixe das eletrocalhas e leitos nos suportes-----	p 59
3.4.3 Execução de valas para rede enterrada de elétrica-----	p 60
3.4.4 Lançamento e ligamento dos cabos-----	p 61
4 RESULTADOS OBTIDOS-----	p 66
4.1 Condução do Programa de Verificação de Montagem-----	p 71
4.2 Vantagens do Programa Proposto-----	p 72
4.3 Dificuldades na Implantação do Programa Proposto-----	p 73
4.4.Generalidades do Programa Proposto -----	p 75
5 CONCLUSÃO-----	p 76
5.1 Sugestões para trabalhos futuros-----	p 77
REFERÊNCIAS-----	p 80

APÊNDICE A-----	p 83
APÊNDICE B-----	p 84

1 INTRODUÇÃO

1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

Durante a última década, o assunto “conformidade em instalações elétricas” vem sendo muito debatido por vários profissionais da área. Os debates têm sido suscitados devido à situação precária em que se encontram muitas instalações elétricas no Brasil. Assim, os profissionais e a sociedade em geral preocupam-se com questões que envolvem má qualidade dos serviços prestados, além de riscos aos usuários das instalações e aos trabalhadores.

Nos últimos anos, várias não conformidades detectadas em instalações elétricas foram levantadas. Barreto (2001) cita como principais problemas nesta área as instalações executadas em desacordo com as normas técnicas, cidadãos sendo lesados na contratação dos serviços, profissionais não habilitados realizando serviços, acidentes raramente divulgados pela mídia, má qualidade em materiais elétricos, sem falar nos laudos emitidos atestando conformidade nas instalações elétricas sem que a verificação local tenha efetivamente ocorrido.

Desta forma, vem sendo desenvolvido um trabalho por profissionais da área para que as empresas do ramo de produtos e serviços de instalações elétricas possam ser certificadas por Organismos de Certificação Credenciados – OCC – com base em regras estabelecidas pelo Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. O objetivo destes profissionais é que o Inmetro publique uma portaria tornando a certificação compulsória, e que prefeituras ou concessionárias de distribuição de energia passem a exigir a apresentação do certificado de conformidade das instalações elétricas realizadas pelas empresas.

Ainda segundo Barreto (2001), a conformidade de instalações elétricas é um direito do consumidor, pois “O Código de Defesa do Consumidor (art. 39, inciso VIII) obriga o cumprimento das normas técnicas da ABNT”. Além disso, de acordo com a norma da ABNT NBR 5410, em seu capítulo 7, fica estabelecido que “qualquer instalação ou reforma (extensão ou alteração) de instalação existente deve ser inspecionada visualmente e ensaiada, durante e/ou quando concluída a instalação, antes de ser posta em serviço pelo usuário, de forma a se verificar a conformidade com as prescrições desta norma”.

Barreto ainda enfatiza que “nada impede que um contratante de serviços de execução de instalações elétricas exija de seu fornecedor, ao final de seus trabalhos, um atestado de conformidade, com base na Norma citada”.

1.2. APRESENTAÇÃO DO TEMA E OBJETIVOS

Atualmente, as crescentes exigências quanto à qualidade dos serviços prestados por empresas do mercado de instalações elétricas industriais, o aumento da competitividade neste setor e a necessidade de reduzir custos estão contribuindo para a implantação de programas de Gestão pela Qualidade Total (GQT) e outras técnicas que auxiliam na melhoria dos processos de produção, utilizadas até o presente momento, em empresas de médio e grande porte.

Neste contexto, ferramentas como a Análise dos Modos e Efeitos de Falha – FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) podem ser utilizadas para identificar os modos de falha em um processo de lançamento de cabos de energia, por exemplo. A identificação dos modos de falha é muito importante, pois pode permitir bloquear as suas causas, contribuindo para a garantia da qualidade do produto final.

A FMEA é uma técnica analítica muito utilizada em segmentos industriais na busca das causas fundamentais de problemas, bem como na etapa de elaboração de um plano de ação correspondente para seu bloqueio.

Segundo HELMAN & ANDERY (1998), a análise dos modos e efeitos de falha permite:

- a. Reconhecer o potencial de falha de cada etapa do processo e avaliar a sua repercussão no produto final, encarado de maneira global e sistêmica;
- b. Hierarquizar as falhas, pela determinação de um índice de risco atribuído a cada uma delas. As falhas que apresentarem maiores índices de risco serão objetos de plano de ação específicos;
- c. Documentar o trabalho de garantia de qualidade.

O tema deste estudo é a garantia da qualidade e produtividade das atividades envolvidas na área de instalações elétricas industriais.

O objetivo específico deste trabalho é, através do uso da FMEA e do programa de verificação, melhorar a qualidade e produtividade da equipe que trabalha no lançamento de cabos na empresa ELCO Engenharia de Obras Elétricas Ltda.

O objetivo geral é gerar uma proposta para um Programa de Verificação do processo de lançamento de cabos de baixa tensão em uma obra de instalações elétricas industriais. Essa proposta será elaborada a partir do aprendizado obtido com o uso da FMEA.

1.3. JUSTIFICATIVA

A justificativa para a realização deste estudo está associada às exigências do mercado quanto a qualidade do produto final das instalações elétricas, à necessidade de reduzir os custos operacionais e a segurança tanto dos profissionais que realizam as instalações como dos usuários do produto final.

A aplicação de FMEA permitirá à equipe de instalações elétricas uma visão geral do processo, apontando os principais modos potenciais de falhas, suas causas e efeitos. Assim, será possível estabelecer ações preventivas no processo ao invés de ações corretivas, que normalmente geram retrabalho e custos extras de mão de obra e materiais.

Além de reconhecer e avaliar as falhas potenciais que possam surgir no processo e identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de ocorrência destas falhas, ao documentar o estudo, este servirá de referencial técnico para o desenvolvimento de um programa de verificação do processo.

Este tipo de programa é extrema importância para a empresa ELCO Engenharia, pois a mesma deseja, futuramente, se forem aprovadas as normas para “conformidades em instalações elétricas”, obter a certificação nesta área objetivando ampliar seu mercado de trabalho.

1.4. DELIMITAÇÃO DO TEMA

O estudo aplicado será desenvolvido junto ao lançamento de cabos de baixa tensão na obra da CISA, nova unidade de relaminação e revestimento da CSN - Companhia Siderúrgica Nacional, localizada em Araucária, no Paraná. O processo será realizado pela empresa ELCO Engenharia de Obras Elétricas Ltda.

A CSN é considerada o mais abrangente complexo siderúrgico integrado da América Latina, e tem capacidade de produção de cinco milhões de toneladas anuais de aço bruto. Tem como principais produtos chapas de aço laminados a quente, a frio, galvanizados e folhas metálicas. A CISA será a primeira produtora de aço galvanizado, galvalume e pré-pintado do Paraná.

Durante a construção desta nova fábrica, a ELCO foi contratada para instalar painéis de baixa tensão (de 220V até 460V), equipamentos e máquinas que serão utilizados na fábrica, e por fim, ligar todos eles através de cabos lançados em leitos, eletrocalhas e dentro de tubos de kanalex enterrados.

O processo de Lançamento de cabos foi escolhido, pois, dentro do escopo de serviço descrito acima, de 100% das horas que serão gastas, aproximadamente 50% são destinadas para lançar cabos. Sendo assim, falhas durante o lançamento podem fazer com que esta porcentagem aumente consideravelmente, gerando custos e atrasando a entrega da obra.

1.5. MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido seguindo os preceitos da pesquisa-ação, na medida em que foi concebido e realizado em estreita associação com uma ação e com a resolução de um problema coletivo. Para que isso seja possível, tanto o autor do trabalho quanto a equipe escolhida para auxiliar no estudo mantiveram grande envolvimento em todas as etapas da pesquisa, atuando em forma cooperativa. Essas ações caracterizaram as etapas da pesquisa, conforme descrito a seguir:

- Primeiramente, foi realizado um levantamento e estudadas as bibliografias existentes sobre instalações elétricas de baixa tensão, problemas e conformidade nas instalações, qualidade e confiabilidade e sobre a ferramenta analítica FMEA.
- Feito isso, foi feita uma descrição do processo de lançamento de cabos de baixa tensão, utilizado neste estudo. A descrição do processo está apresentada de forma descritiva e através de fluxograma, para um melhor entendimento do leitor.
- Foi definida a equipe de trabalho que colaborou com o estudo.
- Durante a implantação da FMEA, foram realizadas reuniões semanais com a equipe de trabalho para planejar as ações a serem tomadas durante o processo de lançamento

de cabos na obra em questão. Nestas reuniões, através da experiência da equipe, foram listados os modos potenciais de falha, assim como suas causas e seus efeitos. A idéia é que fosse possível responder as seguintes perguntas básicas, citadas por Helman e Andery (1995):

- a) De quais maneiras o processo pode falhar?
 - b) Que tipos de falha são observadas?
 - c) Que partes do processo são afetadas?
 - d) Quais são os efeitos da falha sobre o processo?
 - e) Qual a importância da falha?
 - f) Como preveni-la?
- Com base nos dados obtidos nas reuniões de planejamento, foi elaborada uma tabela de FMEA com os principais modos potenciais de falhas, suas causas e efeitos, assim como a importância de cada um deles dentro do processo e as formas existentes para detectá-los;
 - Foram identificadas ações corretivas para cada modo potencial de falha e criado um Plano de Ação para implementá-las. Estas ações foram desenvolvidas pela equipe de trabalho, tomando sempre o cuidado de verificar se elas realmente atuavam sobre as causas das falhas, e não sobre seus efeitos;
 - Os resultados obtidos durante o processo foram analisados com o objetivo de verificar se houveram melhorias de qualidade e produtividade através dos indicadores previamente estabelecidos.
 - Com base no estudo, foi gerada uma proposta para um Programa de Verificação do processo de lançamento de cabos.

1.6. HIPÓTESES DE TRABALHO

Antes da realização deste trabalho, o processo de lançamento de cabos não possuía nenhum programa de verificação para certificar a qualidade da instalação. Desta forma, o estudo foi desenvolvido partindo-se das seguintes hipóteses:

- (i) o uso da ferramenta FMEA em processos de lançamento de cabos pode ajudar na identificação dos possíveis modos de falhas e suas respectivas causas;
- (ii) a ação sobre as causas dos modos de falhas pode aumentar a qualidade e produtividade do processo de lançamento de cabos, ao mesmo tempo em que reduz as perdas (custos de produção).

1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 5 capítulos. O primeiro capítulo trata da introdução do trabalho, justificando a importância do estudo nos dias de hoje. São apresentados também os objetivos, a estrutura e delimitação do tema, assim como as hipóteses do trabalho.

O capítulo dois apresenta a revisão bibliográfica, dividida em três seções principais: (i) qualidade, confiabilidade e FMEA; (ii) implantação de programas de verificação; e (iii) produtividade e perdas em obras de instalações elétricas.

O terceiro capítulo descreve o estudo prático, realizado em um processo de lançamento de cabos de energia. Este capítulo ainda contempla o planejamento das atividades a serem realizadas, os resultados obtidos com a aplicação da FMEA e discussões sobre estes resultados.

O capítulo quatro apresenta a proposta para o programa de verificação, criado com base nos resultados obtidos pela aplicação do FMEA, e que servirá para garantir a conformidade no processo de lançamento de cabos de energia.

O quinto capítulo apresenta as conclusões finais obtidas no estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. QUALIDADE E CONFIABILIDADE

A garantia da qualidade dentro do TQC (*Total Quality Control* – Controle de Qualidade Total), segundo Campos (1992), é uma conquista que pode ser alcançada pelo gerenciamento correto e obstinado de todas as atividades de qualidade, buscando sistematicamente a eliminação total de falhas, com vistas à satisfação total das necessidades dos consumidores, mobilizando a participação de todos da empresa.

A eliminação de desperdícios também está ligada diretamente à qualidade de uma empresa. Através da redução de desperdícios, a empresa pode gerar recursos para alavancar seu Sistema de Melhoria de Qualidade.

Pode-se dizer então que, para obter qualidade dentro de uma empresa, o Sistema de Qualidade desenvolvido deve permitir que as falhas sejam identificadas, os clientes, tantos externos como internos, estejam satisfeitos e os desperdícios sejam eliminados. Para que isto aconteça, o que se deve salientar que não é tão simples quanto parece, é necessário um planejamento tático e operacional para que o objetivo final seja alcançado. Alexandre Luzzi Las Casas, em seu livro *Qualidade Total em serviços* (1997) comenta sobre o que as empresas brasileiras estão fazendo para buscar excelência em seus produtos. Ele cita um artigo da revista *Exame* que apresenta empresas como a TAM, a Localiza, a TVA, dentre outros, todas prestadoras de serviço, que investem em programas de qualidade utilizando ferramentas diversas para que a satisfação do cliente seja atingida. Para que isto seja possível, Las Casas propõe que a qualidade dos serviços prestados seja analisada de duas formas: primeiramente através da qualidade do serviço propriamente dito e em seguida pela forma como a qualidade deste serviço é percebida pelo cliente.

A qualidade do serviço propriamente dito pode ser conseguida com a padronização dos processos utilizados pela empresa. Este seria o primeiro passo para a busca da excelência, porém, o fato de que os clientes percebem serviços de forma diferenciada deve ser observado, sendo necessário um trabalho de marketing para definir qual a melhor forma de abordar diferentes tipos de “consumidores”.

Sendo assim, o termo confiabilidade dentro de uma empresa passa a ser de grande importância, uma vez que “confiabilidade” pode ser entendida como a probabilidade de sucesso de um sistema.

Alguns autores citam a confiabilidade como a quarta dimensão da qualidade por envolver diretamente o tempo, isto é, para que um sistema obtenha sucesso ele deve ser capaz de cumprir as funções especificadas, durante um período de tempo especificado. Problemas de confiabilidade podem comprometer para sempre a imagem de uma empresa.

No estudo da engenharia de confiabilidade podem ser encontradas diversas ferramentas que auxiliam na busca da excelência dentro de um processo. A FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e a FTA (*Failure Tree Analysis*) são algumas das técnicas que auxiliam na busca pelo sucesso de determinado processo.

A FMEA, que traduzindo para o português pode ser chamada de Análise dos Modos Potenciais de Falha, tem como objetivo reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem surgir em um produto ou processo, identificar ações que eliminem ou reduzam a chance de ocorrência destas falhas e por último documentar o estudo realizado de forma que seja criado um referencial técnico.

A FTA, ou Análise de Árvores de Falha, é usada para, a partir de determinado evento, identificar todas as combinações de causas que podem originá-lo. Também pode auxiliar no estudo da probabilidade de ocorrência destas causas e ainda priorizar ações que visam bloquear estas causas.

Ambas as técnicas revelam os pontos fracos de um determinado sistema e, assim, fornecem subsídios para as atividades de melhoria contínua. Podem auxiliar a detectar e eliminar falhas, assim como determinar ações para que as mesmas não voltem a acontecer. O uso de uma destas técnicas dependerá do problema que estiver sendo estudado. Por exemplo, a FMEA pode ser utilizada a partir de um item inicial, isto é, a partir de uma operação dentro de um processo que apresente modos potenciais de falha. A FTA pode ser aplicada em casos em que um efeito indesejável apresente relações que englobem diversos componentes ou operações.

2.1.1. FMEA

A FMEA – Análise dos Modos Potenciais de Falha – é um método analítico utilizado para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha de forma sistemática e completa e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho de um produto ou processo. Este método fornece pistas para a execução de melhorias no produto ou processo mediante a descoberta dos pontos problemáticos, relacionando as falhas com suas conseqüências no sistema como um todo.

Seu desenvolvimento é formalmente documentado e permite que procedimentos sejam padronizados, que todas as análises de falhas sejam registradas e que os projetos de melhoria sejam priorizados. A análise de tais falhas freqüentemente introduzirá alterações nos procedimentos operacionais.

2.1.1.1. Relação Causa-Modo-Efeito

Nas análises de FMEA, o ponto problemático é focado a partir da causa, passando pelos modos de falha e raciocinando na direção do efeito.

Os modos de falha são os mais fáceis de serem identificados, pois são os eventos que levam um processo ou produto a não desempenhar o esperado. Como exemplo de modo de falha, pode-se citar um televisor que, ao ser ligado, não funciona. As causas que originaram esta falha podem ser inúmeras, e devem ser listadas em um relatório, analisadas e utilizadas durante a fabricação de outros televisores, para que o mesmo problema não torne a ocorrer. Sendo assim, podemos definir “causa” como o evento que gera o aparecimento de uma falha

Utilizando o exemplo anterior, pode-se dizer que o efeito causado pelo não funcionamento do televisor afeta exclusivamente o cliente, que ao comprar um produto que não atende suas necessidades, sente-se lesado e, dependendo do tipo de falha, pode ter sua segurança comprometida. Desta forma, o efeito de uma falha nada mais é do que a forma como um modo de falha pode afetar o desempenho de um sistema do ponto de vista do cliente.

Segundo Helman e Andery (1995), na FMEA raciocina-se de “baixo para cima”, isto é, procura-se determinar os modos de falha de um produto ou processo, suas causas e a maneira pela qual estas afetam todo o sistema estudado. Para auxiliar na busca destas falhas, os

autores apresentam um roteiro de perguntas básicas sobre quais maneiras um componente pode falhar. São elas:

- i. Que tipos de falhas são observadas?
- ii. Que partes do sistema são afetadas?
- iii. Quais são os efeitos da falha sobre o sistema?
- iv. Qual a importância da falha?
- v. Como preveni-la?

2.1.1.2. FMEA de Processo

Existem, basicamente, dois tipos de FMEA. O primeiro deles diz respeito à identificação e análise dos modos potenciais de falha e seus efeitos durante o desenvolvimento de um projeto de determinado produto. O outro tipo de FMEA, utilizado neste estudo, diz respeito à identificação e análise dos modos potenciais de falha e seus efeitos durante o processo de fabricação do produto. A preocupação em ambos os tipos de FMEA é única: o impacto dos efeitos provenientes das falhas de projeto ou processo no produto final.

A distinção entre a FMEA de produto e a de processo é extremamente importante para nortear a análise que será conduzida. Em uma FMEA de produto, por exemplo, as falhas encontradas serão aquelas pertinentes à problemas de projeto, já na FMEA de processo, a análise tem como foco as falhas durante a fabricação do produto final ou execução de um serviço.

Para utilizar a FMEA de processo, recomenda-se, sempre que possível, realizar o estudo antes do processo ser realizado, e não após a ocorrência de falha. Sendo assim, o correto a se fazer seria elaborar um “esquema” do processo. Este esquema possibilitaria uma visão geral de como este processo é afetado pelas diversas áreas da empresa facilitando, ao estudas os modos de falha, buscar a causa do problema. Com o desenho do processo em mãos, torna-se menos complicada análise de todo o sistema. Hellman (1995, citado por Silva, Tin e Oliveira, 1997) sugere que as seguintes etapas para elaboração da análise da FMEA:

- Definir a equipe responsável pela execução
- Definir os itens do sistema que serão considerados
- Preparação prévia: coleta de dados
- Análise Preliminar

- Identificação dos tipos de falha e seus efeitos
- Identificação das causas das falhas
- Identificação dos controles atuais
- Análise das falhas para determinação de índices
- Análise das recomendações
- Revisão dos procedimentos
- Preenchimento dos formulários da FMEA
- Reflexão sobre o processo

2.1.1.3. A tabela da FMEA

Durante a aplicação da FMEA em um processo, este deve ser registrado em uma tabela padrão apresentada na figura XX. Basicamente pode-se dizer que esta tabela é uma espécie de roteiro que reúne os possíveis modos potenciais de falha associados com suas causas, efeitos, ações corretivas, dentre outros.

Os campos utilizados na tabela são os seguintes:

- i. Número do FMEA: Este campo representa o número da tabela analisada. Cada processo deve possuir um número de forma a facilitar a rastreabilidade da documentação futuramente;
- ii. Identificação do item: Identifica o processo a ser estudado;
- iii. Modelo/Ano: Este campo deve ser preenchido com o nome e o ano do produto final, resultado do processo em estudo;
- iv. Departamento: Identifica o departamento responsável pelo estudo;
- v. Preparado por: Apresenta o nome e o telefone do engenheiro responsável pela coordenação do estudo;
- vi. Data Limite: Este campo apresenta a data limite para que o estudo seja finalizado;
- vii. Data do FMEA: Data de início do estudo e data da última revisão;
- viii. Equipe de estudo: Listar o nome de todos os integrantes da equipe associados aos seus departamentos;

- ix. Operação/propósito: Esta coluna deve ser preenchida com uma descrição simples de cada operação a ser analisada;
- x. Modo Potencial de falha: Maneira pela qual a operação pode falhar. Trata-se de uma possível não conformidade que possa ser detectada durante o processo. Podem existir mais de um modo potencial de falha para cada operação;
- xi. Efeito Potencial de falha: Os efeitos são as conseqüências dos modos potenciais de falha.
- xii. Severidade (S): A severidade é definida, em termos de impacto que o efeito do modo potencial de falha tem sobre a operação do sistema, e, por conseguinte, sobre a satisfação do cliente. A severidade é estimada em uma escala de 1 à 10, e sugere-se o uso do critério apresentado na tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Severidade do Efeito (Ribeiro & Fogliatto, 1999)

SEVERIDADE DO EFEITO	ESCALA
MUITO ALTA - Quando compromete a segurança da operação ou envolve infração a regulamentos governamentais.	10 9
ALTA - Quando provoca alta insatisfação do cliente.	8 7
MODERADA - Quando provoca alguma insatisfação devido à queda do desempenho ou mal funcionamento do sistema.	6 5
BAIXA - Quando provoca uma leve insatisfação, o cliente observa apenas uma leve deteriorização ou queda no desempenho.	4 3
MÍNIMA - Falha que afeta minimamente o desempenho do sistema, e a maioria dos clientes talvez nem mesmo note sua ocorrência.	2 1

- xiii. Classificação: Esta coluna é utilizada para classificar qualquer operação como crítica para a segurança ou para a qualidade. Nestes casos, podem ser necessários controles especiais sobre a operação;
- xiv. Causa / Mecanismos potenciais de falha: Nesta coluna devem ser identificadas as origens de cada modo potencial de falha. É considerada uma das etapas mais importantes do FMEA;

- xv. Ocorrência: Está relacionada com a frequência em que ocorrem as causas/mecanismos de falha listadas na coluna anterior. A avaliação da ocorrência é feita utilizando-se uma escala de 1 a 10 com base nos critérios apresentados na tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Probabilidade de Ocorrência (Ribeiro & Fogliatto, 1999)

Probabilidade de Ocorrência	Cpk	Taxa de Falha	Escala
Muito Alta – Falha quase inevitável	0,3	1/2	10
	0,4	1/3	9
Alta – Falhas ocorrem com frequência	0,6	1/8	8
	0,7	1/20	7
Moderada – Falhas ocasionais	0,9	1/80	6
	1,0	1/400	5
Baixa – Falhas raramente ocorrem	1,2	1/2000	4
	1,3	1/15000	3
Mínima – Falha muito improvável	1,6	1/150000	2
	2,0	1/1500000	1

- xvi. Controles atuais no projeto: Forma com a qual é detectada uma falha em determinada etapa do processo;
- xvii. Detecção (D): Nesta coluna busca-se fazer uma estimativa da eficiência de cada controle atual em detectar um modo potencial de falha. Assim como na coluna de severidade e ocorrência, é utilizada uma escala de 1 a 10 para avaliar a habilidade de cada controle (ver tabela 3).

Tabela 3: Probabilidade de Detecção do Modo de Falha (Ribeiro & Fogliatto, 1999)

Probabilidade de Detecção do Modo de Falha	Escala
Quase impossível de detectar – os controles não irão detectar este defeito, ou não existe controle	10
Muito baixa – o defeito provavelmente não será detectado	9 8
Baixa – Há uma baixa probabilidade dos controles detectarem o defeito	7 6
Moderada – Os controles podem detectar o defeito	5 4
Alta – Há uma boa probabilidade dos controles detectarem o defeito	3
Muito Alta – É quase certo que os controles irão detectar este defeito	2 1

- xviii. Risco (R): O risco é calculado para priorizar ações de correção/melhoria e cresce na medida que cresce a severidade, a probabilidade de ocorrência e a probabilidade de não detecção. Seu valor pode variar de 1 a 1000, e equipe deve concentrar seus esforços nos itens onde o risco é maior. A fórmula utilizada para o cálculo do risco é a seguinte:
- $$R = S \times O \times D$$
- xix. Ações Recomendadas: Devem ser recomendadas ações para os itens de maior risco dentro do processo estudado. Estas ações devem reduzir a severidade do efeito, a probabilidade de ocorrência ou a probabilidade de não detecção;
- xx. Responsável e Data (para ação): Deve ser identificado o grupo ou indivíduo responsável por cada ação recomendada e as datas para a conclusão de cada tarefa;
- xxi. Ações efetuadas: Esta coluna deve conter uma breve descrição das ações implantadas assim como as datas correspondentes à implantação;
- xxii. Risco Resultante (R): Identificadas as ações corretivas, deve ser feita uma estimativa da situação futura para a severidade, ocorrência e detecção. Caso nenhuma ação seja prevista, esta coluna deve ficar em branco. Ao final, os riscos resultantes devem ser novamente analisados e, caso ações adicionais forem consideradas necessárias, deve-se repetir os passos de 19 a 22.

2.1.1.4. Acompanhamento

Terminada a análise do processo e tendo em mãos os registros da tabela de FMEA, o engenheiro responsável pela coordenação do estudo deve assegurar que todas as ações recomendadas tenham sido implementadas de forma efetiva.

O FMEA tem um desenvolvimento dinâmico e deve ser atualizado sempre que necessário de forma a registrar todas as modificações efetuadas e manter a avaliação dos riscos associados ao processo em questão em dia.

2.2. IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS DE VERIFICAÇÃO

Existem várias maneiras de se criar e implantar programas de verificação, porém todos necessitam de muita pesquisa, pois com o resultado das mesmas, um empresário pode visualizar de forma mais clara qual o ponto de partida para corrigir problemas que possam estar associados à qualidade de seu serviço. Existem várias ferramentas que possibilitam esta identificação, como ferramentas de análise, diagramas de causa e efeito, gráfico de pareto dentre outros.

Saber utilizar as técnicas de pesquisa e o que fazer com os resultados é apenas uma parte do problema. Há necessidade de se aplicar os resultados na prática e corrigir os problemas identificados através da participação de todos os funcionários da empresa. É comum que este processo de melhoria, muitas vezes, seja interrompido exatamente neste ponto, devido às barreiras para o envolvimento de todos. Se os funcionários e a gerência não estiverem envolvidos na aplicação da qualidade, pouco será possível de se fazer. Por isso, falam-se muito hoje em dia nos aspectos culturais como as maiores barreiras para as transformações, isto é, a criação de procedimentos para padronização de processos dentro de uma organização é uma etapa muito importante, porém, para que estes procedimentos sejam implantados, a alta administração deve considerar o indivíduo, suas necessidades e seus temores, além de proporcionar treinamentos para que o desempenho humano seja aperfeiçoado.

Philip B. Crosby, juntamente com Deming e Juran, é considerado um dos “papas” do movimento da Qualidade. Crosby fixou vários pontos a serem observados na implantação de programas de qualidade. Ao total, são quatorze pontos, que ele denominou de etapas. São elas:

1. Comprometimento da Gerência;
2. A equipe de melhoria da qualidade;
3. Cálculo da qualidade;
4. Avaliação do custo da qualidade;
5. Conscientização;
6. Ação Corretiva;
7. Estabelecimento de um Comitê Especial para o programa Zero Defeito;
8. Treinamento de supervisores;
9. Dia Zero Defeito;
10. Estabelecimento de meta;
11. Remoção das causas de erros;
12. Reconhecimento;
13. Conselhos da Qualidade;
14. Fazer tudo de novo.

Estas etapas demonstram resumidamente o que é necessário para obter qualidade dentro de uma empresa. Segundo Las Casas (1997), *“uma organização é feita por pessoas, portanto nada mais óbvio do que fazer a implantação do processo através da comunicação. A primeira cabeça a ser feita é a da Alta Administração”*.

A partir do comprometimento da gerência, pode-se dizer que, com uma boa equipe de qualidade, com as ferramentas adequadas e com metas estabelecidas, o primeiro passo para a busca da excelência está dado.

A criação de programas de verificação e a utilização de ferramentas para análise de modos potenciais de falha são práticas comuns em empresas que atuam no setor industrial. Atualmente, muitas empresas prestadoras de serviços já possuem seus sistemas de controle de qualidade implantados e utilizam ferramentas de análises na busca da satisfação de seus clientes.

Grande parte das empresas que atuam no mercado de construção e instalações também já iniciou sua busca pela excelência na prestação de seus serviços, porém, o conceito de qualidade ainda não está bem definido para muita delas. Em um primeiro momento estas empresas concentraram seus esforços em atividades básicas de Gestão de Qualidade Total.

Agora, parte dessas empresas volta sua atenção à melhoria dos processos de gestão de produção com a utilização de ferramentas e métodos até então pouco utilizados no âmbito da construção, mas já amplamente empregados por outros segmentos industriais.

Carvalho e Andery (1999) realizaram um estudo de análise de falhas em processos executivos de instalações prediais para detectar e prevenir patologias no processo de revestimento de fachadas de edificações utilizando rochas ornamentais. Um dos principais problemas encontrados para realizar este tipo de pesquisa foi a falta de registros de não conformidades em diferentes processos da construção, dificultando a análise das causas e do nível de ocorrência das falhas. A falta de procedimentos padronizados também dificulta a análise de falhas, tanto pela falta de informação quanto pelo fato de que, se os processos não são estáveis e repetitivos, qualquer atividade de melhoria pode ser temporária.

Melhado (1999) mostra, através de um estudo realizado sobre qualidade em processo de construção, que a adoção de programas de verificação, os quais ele chama de Planos de Qualidade, podem ser fundamentais para a convergência das ações voltadas à gestão de qualidade presentes no setor. Estes planos abrangem os procedimentos das atividades aplicadas usualmente na obra, desde a fase do canteiro de obra até a conclusão do empreendimento e tem colaborado com a evolução da qualidade na construção.

A importância em desenvolver programas de verificação que auxiliem na busca pela qualidade nos serviços de instalações e construção vem sendo cada vez maior. Algumas secretarias de obras públicas de Estados do Brasil vêm criando programas de qualidade e fazendo com que as empresas do ramo se certifiquem nestes programas para que possam participar dos processos de licitações. Estes programas, como o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade Habitacional) e o QUALIHAB (Programa de Qualidade da Construção Habitacional do Estado de São Paulo), vêm sendo criados pela administração pública com o objetivo de se transformarem em instrumentos capazes de permitir que o governo possa cobrar das construtoras, qualidade nos materiais, componentes e sistemas construtivos utilizados em seus projetos e obras.

O QUALIHAB, oficializado em novembro de 1996, é um programa baseado na ISO 9002 e no similar francês Qualibat. Ele estabelece a obrigatoriedade de certificação de qualidade evolutiva nos processos de licitação da Companhia Habitacional Urbana (CDHU). Este programa não pode ser classificado como um “Programa de Verificação”, mas estabelece diretrizes que as

empresas construtoras devem seguir através de níveis de evolução. Para cada nível exigido pelo QUALIHAB, existe um prazo de entrega desta documentação comprovando que o programa foi implantado.

Ao contrário do QUALIHAB, que é um programa estadual, o PBQP-H é um programa nacional que teve início com o trabalho “Critério Mínimo de desempenho para Habitações Têrreas de Interesse Social”, desenvolvido pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). Este programa prioriza como condições mínimas desempenho estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade a água, conforto térmico e acústico e durabilidade, visando focar as características da habitação na sua totalidade.

Embora o número de empresas que possuem Programas de Verificação e Sistemas de Qualidade implantados ainda seja pequeno, e ainda não esteja consolidada uma metodologia de aplicação para se alcançar níveis elevados de qualidade, acredita-se que quanto mais empresas adotarem estes procedimentos de trabalho e quanto mais programas forem criados, estará se dando um grande passo nesta direção.

2.2.1. Cultura organizacional e treinamento

Segundo Fleury (1991) cultura organizacional é *“o conjunto de concepções, normas e valores submersos à vida de uma organização e que devem ser comunicados a seus membros através de formas simbólicas tangíveis”*. Isto é, dentro de uma empresa existem diferentes tipos de comportamentos, porém existe um processo de socialização em que os valores e crenças são transmitidos aos demais membros ou novos componentes de uma organização.

Como a idéia de qualidade pode ser algo completamente novo para algumas empresas, o correto seria realizar um trabalho gradual para obter resultados. A melhor forma de fazer isto é através de palestras e treinamentos elaborados pela própria empresa.

Para que isto seja feito, os processos de produção devem estar bem padronizados e procedimentados, fazendo com que seja possível desenvolver treinamentos iniciais, dirigidos aos novos funcionários da empresa, e treinamento de reciclagem, com o objetivo de reeducar os antigos funcionários aos novos padrões estabelecidos.

Segundo Las Casas (1997), *“todo o treinamento deve partir de uma base concreta para sua efetivação. Os instrutores devem saber exatamente que resultados esperam com o*

investimento nas atividades. Para isto há necessidade de fazer inicialmente uma determinação das reais necessidades de treinamento”.

É possível verificar que implantar programas de qualidade em uma empresa não se trata apenas de conhecer o processo, realizar pesquisas e padronizar atividades. Não podemos esquecer que sem as pessoas que atuam na empresa, nada disso se faz sentido. Segundo Mintzberg (1995), quando um corpo de conhecimentos e um conjunto de habilidades para o trabalho são altamente racionalizados, a organização se torna em serviços simples e facilmente aprendidos, entretanto, se os conhecimentos e as habilidades são ambos complexos e não racionais, o trabalhador deve gastar grande parte de tempo para aprender.

Prada e Miguel (1999), em uma pesquisa realizada sobre práticas de gestão de recursos humanos no contexto da qualidade, citam a reportagem “Avaliação das Melhores Empresas”, publicada em 1997 pela revista EXAME, que afirma que o investimento contínuo no desenvolvimento profissional dos funcionários através de treinamento é um importante diferencial para as empresas. A carga média apontada se situa entre 50 a 100 horas de treinamento ao ano por funcionário.

2.3. CONFORMIDADE NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Define-se instalação elétrica como um conjunto de componentes elétricos, associados e com características coordenadas entre si, constituído para uma finalidade análoga. No uso do termo, esta finalidade é via de regra associada a utilização de energia elétrica.

As instalações elétricas podem ser classificadas quanto a sua tensão nominal, U_N , utilizada para designar a instalação como:

- De baixa tensão (BT), com $U_N \leq 1000$ V em corrente alternada (CA), ou com $U_N \leq 1500$ V em corrente contínua (CC);
- De alta tensão (AT), com $U_N > 1000$ V em CA, ou com $U_N > 1500$ V em CC;
- De extrabaixa tensão (EBT ou ELV), com $U_N \leq 50$ V em CA, ou com $U_N \leq 120$ V em CC.

Em sua maioria, as instalações de baixa tensão situam-se, total ou parcialmente, no interior das edificações, sejam de uso comercial, industrial ou residencial. Uma instalação de

baixa tensão pode ser alimentada diretamente em baixa tensão, em alta tensão, através de subestação de transformação do usuário, caso típico de edificações de uso industrial de médio e grande porte, e por fonte própria em baixa tensão, como é o caso dos chamados “sistemas de alimentação elétrica para serviços de segurança”, ou mesmo de instalações em locais não servidos por concessionária.

As instalações elétricas de baixa tensão, em qualquer tipo de edificação (residencial, comercial e/ou industrial), são regidas pela Norma NBR 5410 – Norma Brasileira de Instalações Elétricas de Baixa Tensão, que prescreve a inspeção visual e diversos ensaios elétricos para verificar se a instalação está em conformidade com suas exigências, isto é, para garantir a qualidade e a segurança de uma instalação elétrica, esta deve ser submetida a uma Verificação Final, antes da entrega dos serviços ao cliente final.

A NBR 5410 tem sua primeira edição publicada em 1941. Os textos preliminares que deram origem a esse documento foram uma versão revisada do Código de Instalações Elétricas da antiga Inspetoria Geral de Iluminação, datada de 1914, e um anteprojeto elaborado por uma comissão de especialistas. A norma, como consta em seu preâmbulo, foi “adotada em caráter obrigatório para todo o país pelo DNIG”, o extinto Departamento Nacional de Iluminação e Gás. Todas as versões desta norma, desde 1941, foram elaboradas no âmbito da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, a única oficialmente reconhecida no Brasil no campo de normalização.

A última edição da NBR 5410, publicada em dezembro de 1997, fixa condições de que as instalações de baixa tensão devem atender a segurança de pessoas e animais domésticos e a conservação de bens. A norma cobre praticamente todas as instalações de baixa tensão, a saber:

- Edificações residenciais e comerciais;
- Estabelecimentos institucionais e de uso público;
- Estabelecimentos industriais;
- Estabelecimentos agropecuários e hortigranjeiros;
- Edificações pré - fabricadas;
- Canteiros de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias; e
- Reboques de acampamentos (*trailers*), locais de acampamento (*campings*), marinas e instalações análogas.

Seguir as prescrições estabelecidas na NBR 5410 seja na fase de projeto, execução, verificação final, operação ou manutenção garante segurança por parte dos usuários e a proteção do patrimônio, porém, não é o que acontece. Os acidentes provocados por problemas nas instalações elétricas executadas em não-conformidade com as normas técnicas representam uma parcela significativa das estatísticas registradas, por exemplo, pelo Corpo de Bombeiros. Estes problemas ocorrem, pois não existem fiscalizações ou avaliações de conformidade durante os processos de instalações elétricas que assegurem que estas estejam de acordo com a norma NBR 5410.

As avaliações de conformidade visam assegurar que um produto, serviço, processo ou profissional atenda aos requisitos estipulados nas normas existentes.

Atualmente, alguns clientes exigem de empresas do ramo de instalações elétricas as verificações finais de garantia de qualidade, mas os organismos certificadores não. O problema reside exatamente neste fato. A empresa, ao fornecer os documentos de verificação, podem simplesmente “forjar” laudos atestando que as instalações estão em conformidade com a norma NBR 5410, mesmo que isso não seja verdade.

Outra norma de grande importância em instalações elétricas é a norma Regulamentadora n.º 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade – que estabelece diretrizes básicas que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança e saúde, de forma a garantir a segurança dos trabalhadores que direta ou indiretamente interagem em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Esta norma se aplica a todas as fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas, e quaisquer serviços realizados nas suas proximidades.

Entre as exigências da Norma Regulamentadora n.º 10, estão as medidas preventivas de controle do risco elétricos, de forma a garantir a segurança dos trabalhadores, dos usuários e de terceiros e ser acompanhadas e supervisionadas por profissional autorizado.

A norma ainda ressalta que “Deve ser fornecido um laudo técnico ao final de trabalho de execução, reforma ou ampliação de instalações elétricas, elaborado por profissional devidamente qualificado e que deverá ser apresentado pela empresa, sempre que solicitado pelas autoridades competentes”.

Embora seja uma exigência, a NR-10 não esclarece o conteúdo desse laudo. Já existem vários trabalhos publicados apresentando roteiros para elaboração de Laudos Técnicos de Instalações Elétricas. Grande parte deles tem como base as normas NBR 5410 e a NR 10, porém, como já dito anteriormente, o que falta são organismos certificadores que exijam que tais normas sejam cumpridas.

Ricardo Pereira de Mattos (2001), enfatiza que a exigência do Laudo Técnico, explicitamente apresentado pela NR 10, é um passo importante para a certificação de instalações elétricas, instrumento de grande valor na prevenção de acidentes com instalações elétricas no trabalho, na rua, em casa e na escola. A proposta de revisão da NR-10 já está em consulta pública (Portaria 006/2002, publicada no DOU de 01/04/2002) e modifica essa exigência, denominando Prontuário de Instalações Elétricas e detalhando o seu conteúdo.

Em breve, as concessionárias brasileiras passarão a exigir o Certificado de Inspeção, antes de efetivar a ligação, assegurando que o projeto, a execução e a operação da instalação elétrica estão de acordo com as prescrições das Normas NBR 5410 e NR 10.

Tendo em vista estes fatos, a busca por excelência nos serviços prestados por empresas de instalações elétricas se torna necessário para que estas atuem num mercado de trabalho não muito distante, onde laudos de qualidade e segurança deverão ser exigidos. Sendo assim, as empresas que atuam nesta área vem buscando novas ferramentas para que seu “produto final” se encaixe dentro dos padrões estabelecidos.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A ELCO Engenharia de Obras Elétrica Ltda. foi fundada em junho de 1977 com denominação inicial de ELCO – Engenharia de Projetos e Comércio de Materiais Elétricos Ltda. Nesta época, o Mercado Brasileiro de Engenharia na área de Elétrica vinha passando por grandes transformações em todos os setores. A procura por serviços como execução de obras, projetos e comércio de materiais elétricos era crescente.

Os primeiros trabalhos da empresa foram no segmento de projetos elétricos, sendo seu primeiro trabalho um projeto de reforma de um pavilhão do Quartel General do Exército na cidade de Porto União, no Estado de Santa Catarina. A primeira obra executada pela empresa foi a montagem de um posto de transformação com potência instalada de 150 kVA, no Edifício Galáxia, localizado na Rua XV de novembro na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná.

No final da década de 70 e durante a década de 80, a ELCO teve a oportunidade de realizar obras em importantes empresas que se implantavam na Cidade Industrial de Curitiba (CIC).

Em 1984, iniciou-se no Estado do Paraná um grande programa de eletrificação na área rural. Com isso, a ELCO começou a construir redes de energia rural para a Companhia Paranaense de Energia - COPEL, iniciando suas atividades na Superintendência Regional de Ponta Grossa – PR, com os primeiros trabalhos na cidade de Palmeira – PR. Na sequência, a empresa executou obras elétricas em redes de distribuição urbana e linhas de transmissão (iniciando com LT's de 69.000 Volts e culminando com habilitação para LT's até 500.000 Volts).

Durante a década de 90, com o crescente número de empresas de diversos setores que se instalaram na cidade de Curitiba e região metropolitana, no estado do Paraná, a ELCO se especializou na área de instalações elétricas e hidráulicas industriais. Atualmente, a empresa está se especializando em um novo mercado: o de instalações elétricas em siderúrgicas.

Dentre os processos que constam em seu escopo de serviços, podem ser citados: Entrada e medição de energia; Subestação; Distribuição de força de baixa tensão; Distribuição de

Iluminação; SPDA – Sistema de Proteção e descargas atmosféricas; Sistemas de Aterramento; Distribuição de baixa e média tensão; e Iluminação Externa.

A Distribuição de força de baixa tensão, objeto deste trabalho, envolve: Instalação da infra-estrutura, Lançamento dos Cabos e ligação dos mesmos.

3.2 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO/PROCESSO

Conforme mencionado no primeiro capítulo, o processo estudado nesta dissertação é o de lançamento de cabos de baixa tensão na linha de galvanização contínua (CGL) na fábrica CISA, localizada em Araucária, Paraná.

A fábrica da CISA é composta de 5 linhas distintas, denominadas de PPPL (Push Pull Picking Line – Linha de Decapagem), RCM (Reversing Cold Line – Laminado reversível à frio), CGL (Continuors Galvanizing Line – Linha de galvanização contínua), CCL (Colour Coating Line - Linha de Pintura) e um Centro de Serviço, conforme apresentado na figura 1.

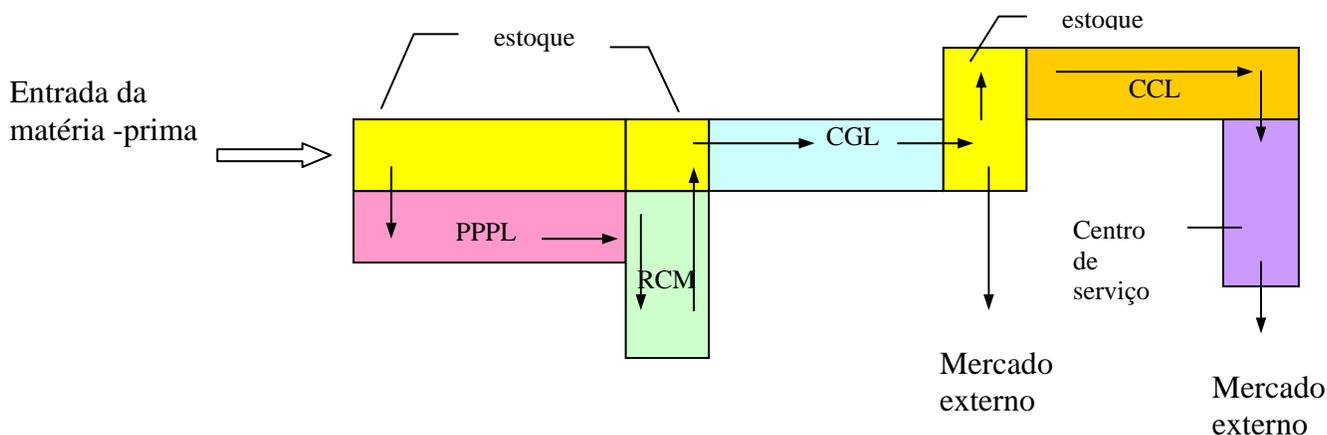


Figura 1: Esquema da fábrica da CISA

A matéria-prima, o aço, chega na fábrica da CISA em forma de bobinas e é estocado. Do estoque, a produção começa na linha PPPL onde será realizada a decapagem. A linha RCM é responsável pela laminação a frio das bobinas de aço, para adaptar sua espessura às necessidades de cada cliente. Definida a espessura, as folhas de aço são desbobinadas na linha CGL, onde serão soldadas, passarão por um processo de limpeza, pelo forno de aquecimento e por um banho

de imersão para proteção da lâmina. Neste banho, o aço é revestido com uma camada metálica, resistente à oxidação. Essa camada pode ser de zinco puro ou de uma liga de alumínio e zinco, que reúne a beleza do alumínio, a resistência do aço e a elevada proteção contra a corrosão. Ainda no CGL, as folhas de aço são inspecionadas e, por fim, armazenadas em bobinas novamente.

A penúltima linha de produção é o CCL, ou linha de pintura. Caso seja necessário, e de acordo com o pedido de cada cliente, as lâminas de aço passarão por um processo de pintura. Em muitos casos, o processo de fabricação das lâminas termina no GCL, isto é, os produtos saem da linha CGL direto para o mercado, como pode ser observado na figura 1.

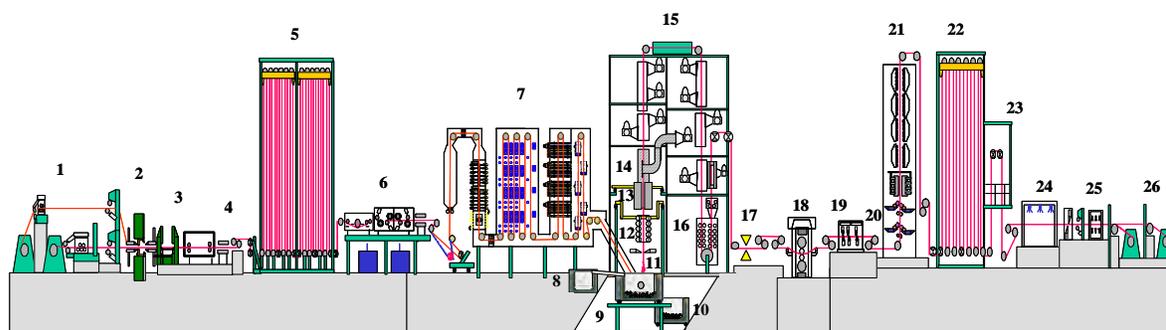
Caso seja necessário, as lâminas passarão pelo processo de pintura e então pelo Centro de Serviços, que cortará o aço em chapas, *blanks*, fitas e perfis.

3.2.1. Linha de Galvanização Contínua – CGL

A linha de galvanização contínua, a terceira etapa de fabricação das lâminas de aços, é responsável por limpar e proteger as folhas contra a corrosão. Este processo se inicia em uma máquina denominada de desenroladeira e termina em outra máquina denominada enroladeira. A desenroladeira tem como objetivo remover as folhas de aço das bobinas advindas da linha RCM, isto é, as bobinas são encaixadas na máquina e lentamente desenroladas em direção ao processo de soldagem seguinte. Este processo se faz necessário uma vez que, quando acaba uma bobina, a única forma de “colar” uma folha em outra é através da máquina de solda.

Além destes dois processos iniciais, as bobinas ainda passam por um processo de limpeza, por um banho de galvalume e zinco, por um medidor de espessura, por mais um processo de limpeza e tratamento químico, por uma inspeção vertical e horizontal, pela oleadeira até chegar na máquina enroladeira que fará com que as bobinas sejam enroladas novamente.

A Figura 2 apresenta um modelo esquemático da linha CGL.



- | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1- Desenroladeiras | 11- Navalha de Ar | 21- Torre de Cura/secagem do TQ |
| 2- Máquina de Solda | 12- Pré-Resfriador | 22- Acumulador de Saída |
| 3- Entalhador | 13- Minimizador de Cristais | 23- Inspeção Vertical |
| 4- Pré-Limpeza | 14- Resfriador Nº 1 | 24- Inspeção Horizontal |
| 5- Acumulador de Entrada | 15- Torre de Resfriamento | 25- Oleadeira |
| 6- Limpeza Eletrolítica | 16- Tanque de Resfriamento | 26- Enroladeiras |
| 7- Forno de Recozimento | 17- Medidor de Espessura | |
| 8- Pote de Pré-Fusão | 18- Laminador de Encruamento | |
| 9- Pote de Galvalume | 19- Estiradeira | |
| 10- Pote de Zinco | 20- Tratamento Químico | |

Figura 2: Esquema da Linha CGL

3.2.2. Processo de Lançamento de cabos

3.2.2.1. Cabos

A instalação de cabos de potência em baixa tensão no Brasil é normalizada pela NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Ela prevê que os cabos devem ser instalados em função do seu tipo construtivo, ou seja, considerando-se se eles são condutores nus, condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares.

Os cabos elétricos de potência em baixa tensão são os responsáveis pela transmissão de energia em circuitos de até 1000 volts. Os principais componentes de um cabo de potência em baixa tensão são o condutor, a isolação e a cobertura, conforme indicado na figura 3.

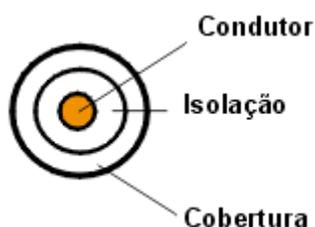


Figura 3: Cabo elétrico de potência em baixa tensão típico

Alguns cabos elétricos podem ser dotados apenas de condutor e isolação, sendo chamados então de condutores isolados, enquanto que outros podem possuir adicionalmente a cobertura (aplicada sobre a isolação), sendo chamados de cabos unipolares ou multipolares, dependendo do número de condutores (veias) que possuem. A figura 4 mostra exemplos desses três tipos de condutores elétricos.

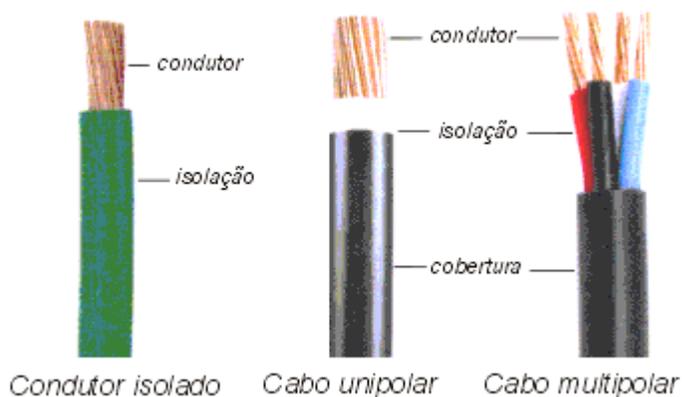


Figura 4: Tipos de cabos elétricos de potência em baixa tensão

Um condutor elétrico pode ser constituído por uma quantidade variável de fios, desde um único fio até centenas deles. Essa quantidade de fios determina a flexibilidade do cabo. Quanto mais fios, mais flexível o condutor e vice-versa.

Para identificar corretamente o grau de flexibilidade de um condutor, a ABNT criou normas técnicas para definir a classe de encordoamento dos cabos. A NBR 6880 estabelece

valores de resistência elétrica *máxima*, número *mínimo* e diâmetro *máximo* dos fios que compõem um dado condutor e uma classificação de encordoamento dividida em 6 classes de acordo com o tipo de condutor e sua resistência elétrica máxima. Isso, na prática, resulta que diferentes fabricantes possuam diferentes construções de condutores para uma mesma seção nominal (por exemplo, 10 mm²). A garantia de que o valor da resistência elétrica máxima não seja ultrapassado está diretamente relacionada à qualidade e à pureza do cobre utilizado na confecção do condutor.

A capacidade de condução de uma corrente por um condutor é a corrente máxima que pode ser conduzida por ele continuamente. A corrente de projeto é a corrente prevista para ser transportada pelo circuito durante seu funcionamento normal. A corrente de fuga é a corrente que, devido à imperfeição no isolamento, percorre um caminho diferente do previsto.

Os condutores fazem parte de um circuito elétrico que compreende, no caso mais geral, todo o dispositivo neles gerados, como os de proteção, comando e manobra e, se for o caso, as tomadas de corrente, não incluindo os equipamentos de utilização alimentados.

Em uma instalação de baixa tensão podemos distinguir dois tipos de circuitos: os de distribuição e os terminais. Os circuitos de distribuição alimentam um ou mais quadros que irão distribuir a energia necessária. Os circuitos terminais são ligados diretamente aos equipamentos a serem utilizados em uma fábrica, por exemplo.

Para que os painéis e equipamentos possam ser ligados por estes circuitos, é necessário que os condutores cheguem até eles. Neste caso, chamamos o processo de montagem e lançamento dos condutores de Lançamento de cabos, e este pode ser dividido em três etapas:

Infra-estrutura (Rota de cabos);

Lançamento dos cabos;

Ligação dos cabos.

3.2.2.2. Infra-estrutura

A infra-estrutura é a primeira etapa para o lançamento de cabos, e pode ser considerada como o suporte por onde o cabo irá passar, isto é, a rota de cabos. A NBR 5410 trata da rota de cabos como *linha elétrica*, sendo esta o conjunto de condutores com seus elementos de fixação e suporte destinado a transportar energia ou transmitir sinais elétricos.

Para que a infra-estrutura seja montada, todos os transformadores, painéis, equipamentos e demais máquinas previstos em projetos não precisam estar, necessariamente, instalados, mas a localização da instalação dos mesmos deve estar definida previamente em projetos, assim como a definição da rota de cabos, a fim de evitar futuras interferências com tubulações de água, esgoto, incêndio e dutos de ar condicionado.

Isto se faz necessário uma vez que os circuitos terminais são individualizados por função de cada equipamento, dividindo assim a instalação em várias categorias de circuitos, como por exemplo, circuito de iluminação, circuito de tomadas de corrente, de uso geral ou de uso específico, circuitos para equipamentos de ar condicionado, circuitos para equipamentos fixos a motor e circuitos auxiliares de comando e sinalização.

Todos os circuitos devem estar especificados em projeto, assim como a rota dos cabos, que podem ser constituídas apenas por condutores e elementos de fixação, como é o caso de condutores diretamente fixados em paredes ou em tetos, por condutores em condutos, por condutores sob suportes, ou do tipo pré-fabricada como os barramentos blindados.

O tipo de montagem escolhida para a rota de cabos pode favorecer ou prejudicar a dissipação de calor. Sendo assim, existe uma tabela em anexo à NBR 5410 que identifica cada linha elétrica por seu tipo de condutor, tipo de conduto e tipo de montagem. São estas referências que o projetista utiliza para encontrar a seção de um condutor que atenda às necessidades de seu circuito.

No caso da obra da CISA, a rota de cabos do CGL foi realizada utilizando três tipos de material: leitos, eletrocalhas e eletrodutos (corrugados e de ferro zincado e galvanizado a fogo).

- a) Leito - É considerado leito todo suporte para encaminhamento de cabos tipo leve, semipesado ou pesado, construído em chapa de aço carbono, conforme as normas SAE 1008-1010 - NBR 11888-2 - NBR 7013. O leito é constituído de duas longarinas com as variadas dimensões (60x20 mm, 75x19 mm, 100x19 mm ou 100x45 mm) paralelas, com virolas voltadas para a parte externa ou interna e comprimento padrão de 3000 mm.

Dobradas em “U”, as longarinas são unidas por travessas soldadas de perfilado liso ou perfurado, nas dimensões de 30x12, 19x38 ou 38 x 38 mm,

alternadas ou não, espaçadas entre si a cada 200, 250 ou 500 mm, conforme modelo escolhido, resultando numa estrutura rígida.

A grande vantagem do sistema de leito é a capacidade de refrigeração dos cabos. Fatores como flexão ou torção, se bem dimensionado, dificilmente afetam o sistema, devido a sua grande resistência mecânica. As curvas e acessórios seguem as mesmas características construtivas do trecho reto, porém, suas características geométricas são próprias, atendendo as mais diversas situações de montagens e distribuição.

A Figura 5 apresenta um modelo esquemático de leito.

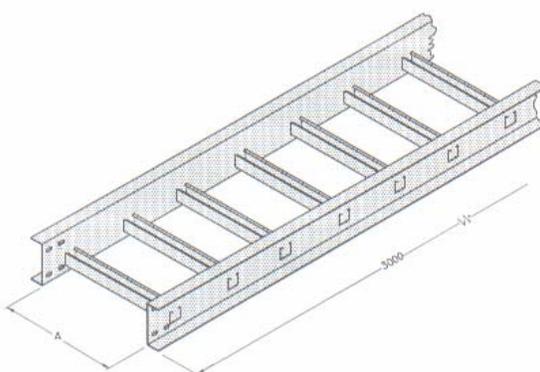


Figura 5: Leito

A figura 6 apresenta uma foto tirada durante a instalação de leitos na linha CGL na obra da CISA.



Figura 6: Leito instalado no CGL

A figura 7 apresenta cabos lançados em um leito instalado na linha CGL na obra da CISA.



Figura 7: Cabos lançados em leito (CGL)

- b) Eletrocalhas - Eletrocalhas são outro tipo de bandejamento para encaminhamento de cabos, também construídos em chapa de aço carbono, conforme as Normas SAE 1008-1010/NBR 11888-2/NBR7013 e com dimensões internas, largura e altura sempre com múltiplos de 25 mm, e comprimento padrão de 3000 mm.

Podem ser encontradas dobradas em forma de “U”, com ou sem virola. As virolas quando aplicáveis serão voltadas para parte interna da eletrocalha, de maneira a oferecer maior resistência a flexão-torção.

As eletrocalhas podem ser perfuradas, providas de furos oblongos para união entre as mesmas com as dimensões de 7x25 mm, sendo espaçados entre si, no sentido transversal 25 mm, e no sentido longitudinal 38 mm, ou então lisas, com furos somente nas extremidades com as dimensões de 10 x 13 mm.

As curvas e acessórios seguirão as mesmas características construtivas do trecho reto, porém, suas características geométricas são próprias, atendendo as mais diversas situações de montagem e distribuição. Para as curvas o raio padrão é de 150 mm.

A figura 8 representa um desenho esquemático de eletrocalha perfurada com virola.

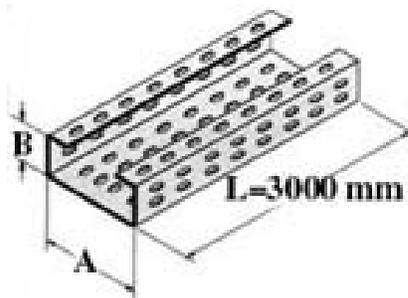


Figura 8: Eletrocalha perfurada com virola

Em eletrocalhas, podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou multipolares. A figura 9 representa um modelo esquemático de eletrocalha lisa instalada.

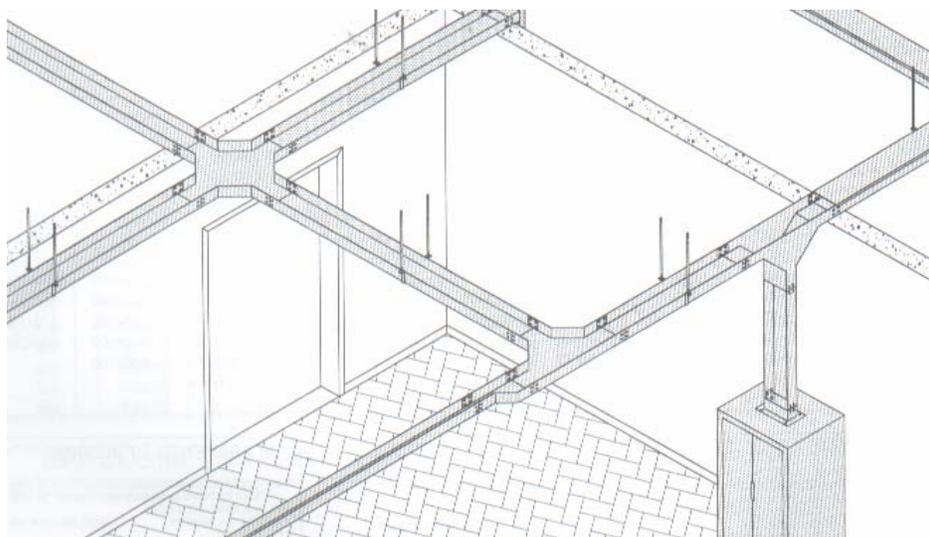


Figura 9: Eletrocalhas lisas instaladas

A figura 10 representa um modelo esquemático de eletrocalha perfurada instalada.

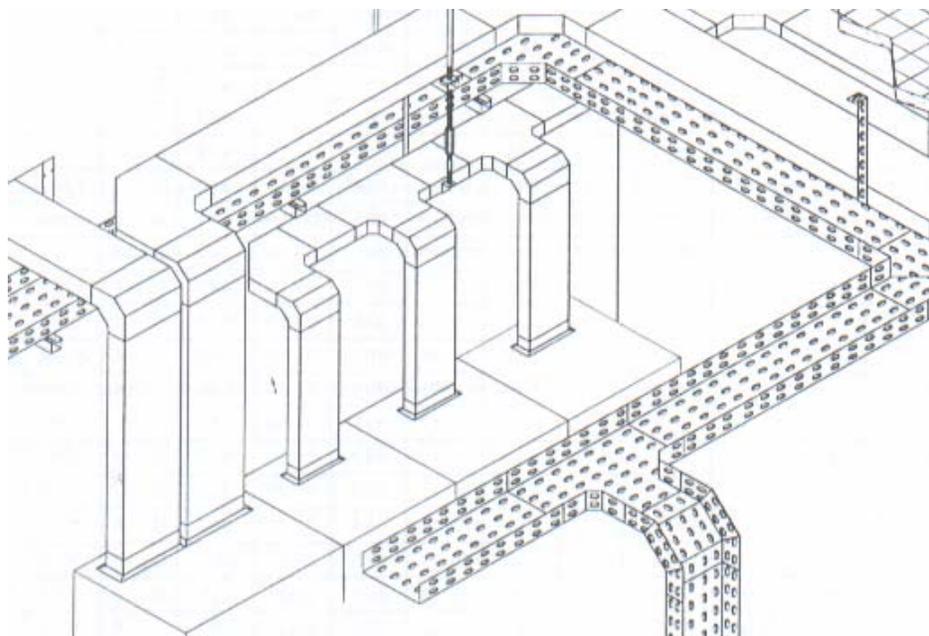


Figura 10: Eletrocalhas perfuradas instaladas

A figura 11 apresenta uma foto tirada durante o processo de lançamento de cabos na linha CGL na obra da CISA.



Figura 11: Eletrocalha lisa instalada na linha CGL

- c) Eletrodutos - Em eletrodutos podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou multipolares. Somente é admitido o uso de condutor nu em eletrodutos quando o eletroduto isolante for exclusivo e com finalidade de aterramento.

A figura 12 apresenta um esquema de eletroduto corrugado. Este tipo de eletroduto é utilizado para instalação de redes de elétrica enterradas.

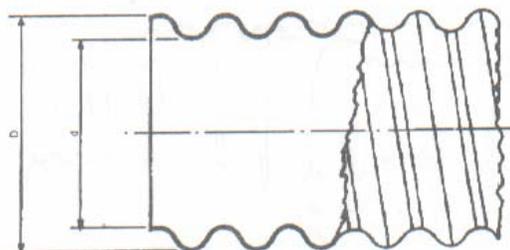


Figura 12: Tubo corrugado (Kanalex)

A figura 13 apresenta a foto de um eletroduto corrugado enterrado na linha do CGL da obra da CISA.



Figura 13: Eletroduto corrugado enterrado

A figura 14 apresenta eletrodutos de ferro fundido utilizado para ligar um painel na linha CGL. Nestes casos, a tubulação fica aparente, pois não interfere na estética da fábrica.



Figura 14: Eletroduto de ferro fundido ligando um painel

3.2.2.3. Montagem da infra-estrutura

Antes de iniciar as atividades de montagem da infra-estrutura, deve ser consultado o projeto, visitado o lugar da obra e isolar o local através de medidas preventivas de acidente de trabalho, isto é, isolamento do local com fitas zebradas e placas e cones indicativos.

A montagem é realizada em 3 etapas:

Etapa 1 – Montagem do suporte onde serão apoiadas as eletrocalhas, leitos, etc;

Etapa 2 – Encaixe do suporte no teto (laje superior);

Etapa 3 – Encaixe das eletrocalhas e leitos nos suportes.

Em casos de rede enterrada de tubos de kanalex, as atividades são divididas em:

Etapa 1 – Abrir a vala;

Etapa 2 – Nivelar com areia o fundo da valeta;

Etapa 3 – Lançar os tubos na vala;

Etapa 4 – Travar os tubos;

Etapa 5 – Fechar a vala.

A montagem dos suportes para eletrocalhas e leitos é bem simples. Os suportes são fabricados na obra e encaixados no teto sem problema algum. Durante a montagem, o principal cuidado a ser tomado é a verificação dos alinhamentos vertical e horizontal da suportação. Caso a suportação não esteja alinhada, a eletrocalha ou leito não ficarão na posição horizontal, trazendo problemas futuros com a colocação do forro, dutos de ar condicionado e instalações hidráulicas.

Deve-se tomar cuidado em retocar a pintura (fundo e acabamento) onde foram realizadas soldas e ocorreram danos na instalação da suportação. Na Etapa 3, isto é, durante o encaixe das eletrocalhas e leitos nos suportes, o alinhamento deve ser verificado novamente, pois durante o encaixe da eletrocalha ou leito nos suportes, os mesmos podem ser desalinhados.

A execução de linhas elétricas enterradas, constituídas de eletrodutos enterrados no solo, exige certas precauções, pois está exposta a solicitações diversas da natureza, como por exemplo movimentação de terra, contato com corpos duros, choque, umidade e ações químicas causadas por elementos do solo.

Durante a execução da rede enterrada, deve-se ter o cuidado de abrir valas de 0,70 m de profundidade em terrenos normais e 1,00 m em travessias de vias acessíveis a veículos. Após

abrir as valas, deve-se fazer o nivelamento correto com areia e compactá-la, de forma que todos os tubos, ao serem assentados, fiquem no mesmo nível. Ao instalar os dutos na vala, devem-se observar os espaçamentos necessários de acordo com o projeto e travá-los com suportes, de forma que estes não se movam. Para finalizar, a vala deve ser fechada com uma camada de no mínimo 30 cm acima dos tubos de areia e aplicar uma proteção complementar de placa de concreto. Feito isso, deve ser jogada uma camada de terra e esta compactada. Além disso, acima da linha elétrica, aproximadamente 10 cm, deve ser disposto um elemento de advertência não sujeito à corrosão.

É importante observar que, durante a execução de rede enterrada de elétrica, devem ser deixados dentro dos tubos corrugados “arames guias”, normalmente um arame de especificação 16AWG liso, para auxiliar no lançamento dos cabos.

3.2.2.4. Lançamento de Cabos

Os cabos são comprados de acordo com especificações de projetos e diagramas. Ao chegarem na obra na forma de bobinas, estes são armazenados no almoxarifado aguardando sua utilização. Antes das bobinas serem removidas até o local de lançamento, este deve ser preparado através de medidas preventivas de acidentes de trabalho, assim como na instalação da suportaçoão.

Cada cabo possui um TAG de identificação. No projeto ou nos diagramas de cabos, podem ser encontrados os TAGs dos cabos que irão ligar uma máquina ou um painel, por exemplo. Nos diagramas, através do TAG, pode-se rastrear da onde este cabo está vindo e pra onde deve ir.

Além dos projetos e diagramas, muitas vezes é elaborada uma Planilha para Plano de Corte, que mostra de onde o cabo vem, para onde vai e qual o tamanho de cabo que deve ser cortado e lançado.

A figura 15 a seguir apresenta cabos conectados em um painel identificados de acordo com seu número de TAG.



Figura 15: Cabosagueados

A Figura 16 apresenta um modelo de Plano de Corte utilizado na obra para cortar a quantidade de cabo que será lançada de determinado ponto até outro.

Planilha de Plano de Corte - modelo						
Tageamento		Ramal Alimentador	Distância (m)	Distância real (m)	Classe de tensão (kV)	Isolamento
Origem	Destino					
QGBT - S.E - A	QD-LIGHTING-CUC	3#25(25)t16mm ²	35		0,6/1 kV	EPR

Figura 16: Modelo de Diagrama de Cabos

As bobinas devem ser posicionadas e os cabos desenrolados de acordo com indicações na bobina (sentido horário ou anti-horário). Todos os cabos devem ser lançados de maneira que não hajam esforços exagerados que danifiquem os condutores internos ou o isolamento.

Nas eletrocalhas e leitos, deve-se tomar cuidados com o lançamento dos cabos principalmente nas curvas, pois ao ser lançado, o cabo é puxado, e nas curvas o esforço despendido é maior, podendo danificar os condutores, isto é, devido ao esforço, a isolamento do cabo perde sua capacidade de isolar, ocorrendo uma falha de isolamento.

Uma vez lançados, os cabos devem ser identificados por circuitos e amarrados nos leitos e nas eletrocalhas. A figura 17 mostra os cabos lançados em um leito e amarrados.



Figura 17 – Cabos lançados e amarrados em um leito

Nos tubos de kanalex, os cabos devem ser lançados com a ajuda de uma corda e dos “arames guias” previamente instalados, durante a execução da rede enterrada. São usadas as caixas de passagem para este serviço.

As caixas de passagem são caixas de concreto montadas em uma média de 40m a 50m umas das outras e, além de facilitar o lançamento dos cabos, servem como pontos de chegadas dos cabos. A figura 18 apresenta uma foto de uma caixa de passagem.

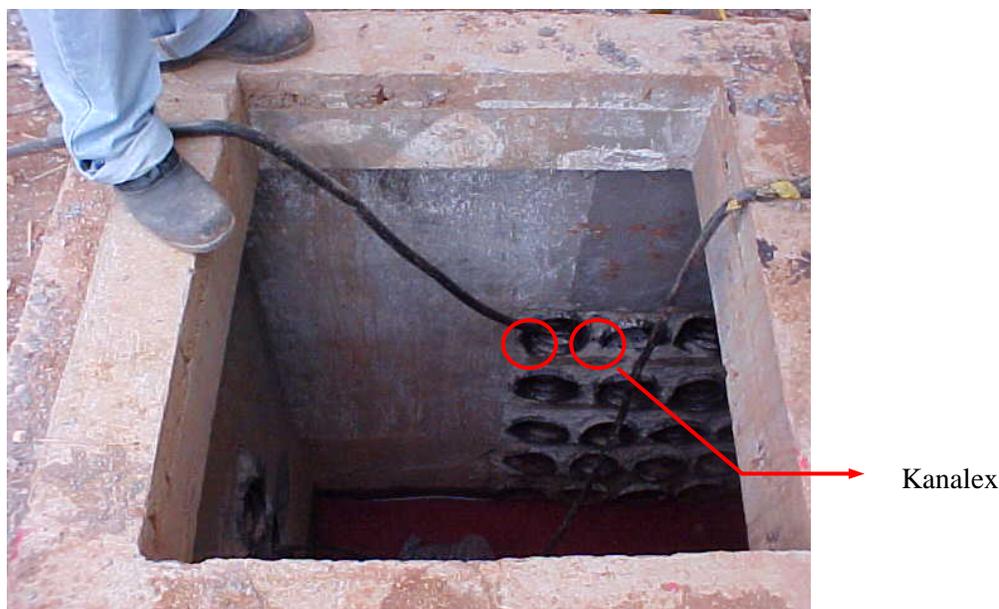


Figura 18 - Caixa de passagem de cabos

Terminado o processo de lançamento de cabos, deve-se proceder com a limpeza e liberação do local. Os projetos devem ser reunidos, e em caso de alterações, enviados ao Departamento de Projetos para atualização.

3.2.2.5. Ligação e teste de isolamento dos cabos

Lançados os cabos, os mesmo devem ser ligados de acordo com os circuitos previamente desenhados em projeto. Para finalizar o lançamento dos cabos, são realizados ensaios regidos por normas técnicas específicas. Os ensaios a serem realizados dependerão do tipo de instalação ou serviço contratado. Caso o serviço implique a alteração das características originais de um equipamento, ensaios específicos deverão ser realizados para verificar se o equipamento permanece em conformidade. É o caso, por exemplo, do enrolamento de um motor, da substituição do óleo de um transformador, de um reparo em um disjuntor de alta tensão.

Para uma instalação elétrica em baixa tensão, a título de exemplo, são exigidos pela NBR 5410, os seguintes ensaios:

- a) Continuidade dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principal e suplementares;

- b) Resistência de isolamento da instalação;
- c) Seccionamento automático da alimentação;
- d) Ensaio de tensão aplicada;
- e) Ensaio de funcionamento;
- f) Separação elétrica dos circuitos;
- g) Resistência elétrica do piso e das paredes.

Cada um desses ensaios tem seus métodos descritos e valores estabelecidos na própria Norma.

O processo de lançamento de cabos termina após todos os condutores serem ligados nos painéis e equipamentos e depois de ser realizado o teste de Resistência de isolamento da instalação. O objetivo deste ensaio é de verificar se a resistência de cada circuito atende aos valores mínimos estipulados em projeto.

Para realizar o ensaio, a instalação elétrica deve estar desenergizada e devem ser realizadas medições entre os condutores vivos (fase e neutro) tomados aos pares, entre cada condutor vivo e a terra e entre todos os condutores de fase e neutro, interligados, e a terra.

A resistência de isolamento medida é considerada satisfatória se nenhum valor obtido for inferior aos valores mínimos estipulados na norma NBR 5410, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4: Valores mínimos de resistência de isolamento (fonte: NBR5410)

Tensão Nominal do circuito	Tensão Continua de ensaio (V)	Resistência de isolamento mínima (M/Ω)
Extrabaixa tensão, para circuitos alimentados por fonte de segurança (ver item 5.1.1.1.2 da norma) e que atendam as condições de instalação prescritas para circuitos SELV e PELV (item 5.1.1.1.3).	250	0,25
Até 500V, exceto os casos acima.	500	0,5
Acima de 500V.	1000	1,0

A medição é feita na origem da instalação. Caso o valor medido seja inferior ao mínimo estipulado, a instalação deverá ser subdividida em diversos grupos de circuitos, medindo-se a resistência em cada grupo, e assim por diante, até chegar na medição da resistência para cada um dos circuitos.

3.2.3. Projetos de Execução

Normalmente, durante o processo de lançamento de cabos, várias dificuldades são encontradas desde a fase de concepção do projeto até a ligação dos cabos.

Os problemas encontrados durante a elaboração do projeto são ocasionados pela falta de informações técnicas sobre as áreas de construção civil, mecânica e serviços gerais.

Para entender melhor o que acontece, vale listar os projetos envolvidos:

1. Desenvolvimento do projeto arquitetônico
2. Com base no arquitetônico, são desenvolvidos os projetos:
 - a) Projeto Executivo – construção civil;
 - b) Projeto Mecânico – localização dos equipamentos;
 - c) Projeto Elétrico – Instalações elétricas;
 - d) Projeto Hidráulico – Rede externa de esgoto, água potável e águas pluviais;
 - e) Projeto Hidráulico – Instalações Hidráulicas;
 - f) Projeto de Ar condicionado;
 - g) Projeto de Sistema de Proteção contra Incêndio;
 - h) Projeto de Sistema de Lógica e Dados.

Cada projeto é desenvolvido por uma empresa diferente e normalmente não existe uma compatibilização entre eles. Então, quando chega à etapa de instalações elétricas, muitas dificuldade ocorrem. Por exemplo, no lugar onde seria montado um leito, pode existir um instrumento mecânico instalado, bem na metade do caminho. Isto ocorre por dois motivos: primeiramente porque a gerenciadora responsável pela execução da obra inicia os trabalhos antes que todos os projetos estejam aprovados, uma vez que esta tem que cumprir prazos pré-estabelecidos, ou então porque os mesmos são desenvolvidos independentemente, sem a necessária compatibilização.

O problema é a falta de materiais nos almoxarifados de material elétrico, devido a falhas de especificações nas Listas de materiais utilizadas para orçamento que foram desenvolvidas com base em esboços de projetos. Estas listas não são verificadas pela

gerenciadora e, muitas vezes, são incompletas, gerando ociosidade na obra enquanto os trabalhadores esperam a chegada dos materiais.

Estes problemas poderiam ser solucionados se houvesse um melhor planejamento das atividades a serem executadas, programações de compras, e se as interferências entre equipes de trabalho de áreas diferentes fossem eliminadas.

As atividades deveriam ser planejadas de forma que a obra se desenvolva de acordo com o cronograma físico pré-estabelecido. Este cronograma é, normalmente, desenvolvido pelo engenheiro responsável e pela equipe de coordenação da obra antes do início dos serviços no canteiro. Para que isto aconteça, devem existir dados históricos de obras passadas que mostrem a duração média de cada atividade e os recursos, tanto humanos quanto materiais, necessários para o andamento dos serviços. A ELCO não possui dados históricos de produtividade, logo não tem índices seguros de desempenho de cada atividade. Sendo assim, o desenvolvimento do cronograma é feito com base na experiência do engenheiro responsável, que nem sempre são confiáveis.

Além das atividades, deve existir um planejamento de compras consistente, de forma a evitar estoque de materiais no almoxarifado de obra, que na maioria das vezes é muito pequeno e tem como objetivo apenas receber materiais que serão aplicados na obra e guardar ferramentas de uso diário. Porém, sem o planejamento de compras e de atividades, muitas vezes um serviço que deveria ser realizado, por exemplo, em uma quinta-feira, só é planejado na quarta-feira. O material necessário é pedido na quarta-feira e quase nunca chega na obra na quinta-feira, pois os fornecedores precisam de alguns dias úteis para providenciar estes recursos.

Sendo assim, fica claro que o planejamento inicial da obra é de extrema importância para que sejam evitados problemas futuros nos mais diferentes processos que fazem parte da obra.

Estas não conformidades, tanto de projeto como de planejamento, não serão analisadas neste estudo como causa potencial de falha das não conformidades detectadas, porém, seria necessário um estudo de FMEA do processo de elaboração do projeto e do planejamento para entender melhor as causas que geram um mau planejamento e um projeto insuficiente.

3.3 SITUAÇÃO ANTES DA INTERVENÇÃO

Nesta etapa do estudo, serão apresentados os principais modos potenciais de falha no processo de lançamento de cabos da linha CGL da obra da Cisa, detectados pela equipe de trabalho que participou do estudo.

3.3.1. Equipe de trabalho

A equipe de trabalho formada para participar deste estudo foi composta, em sua grande parte, pela equipe de coordenação da obra por parte da empresa ELCO. Esta equipe recebeu orientações sobre FMEA e foi apresentada à tabela utilizada para analisar os modos potenciais de falha.

Os profissionais integrantes da equipe foram escolhidos por sua experiência profissional e função. São eles: engenheiro residente da obra, com aproximadamente 15 anos de experiência na área de campo de instalações elétricas, engenheiro de planejamento, responsável pela elaboração e controle do cronograma físico-financeiro, técnico de planejamento, responsável por coletar dados em campo sobre o andamento da obra, engenheiro de segurança, responsável por planejar Planos de Segurança, semanas de segurança e treinamento, técnico de segurança, responsável pelas rondas diárias de segurança dentro do canteiro e supervisores de obra, cuja responsabilidade é de controlar as equipes de trabalho nas suas atividades diárias.

Foram realizadas reuniões para análise do processo, de quinze em quinze dias, inicialmente, a fim de esclarecer quais seriam os principais pontos estudados. Foi utilizado um formulário (figura 19), elaborado com base no 5W1H, para organizar e relacionar tarefas aos integrantes da equipe e estipular prazos para obter os resultados esperados. Os modos potenciais de falha identificados pela equipe tiveram a colaboração, na sua maior parte, do engenheiro e dos supervisores de campo, já a análise feita com base nestes modos de falha teve a colaboração de toda a equipe.

- Etapa de montagem de suporte para infra-estrutura
Modos potenciais de falha detectados:
 - Instalações feitas em locais incorretos;
 - Erro no alinhamento dos suportes.

- Etapa de encaixe das eletrocalhas e leitos nos suportes
Modos potenciais de falha detectados:
 - Encaixe incorreto da infra-estrutura nos suportes;
 - Erro no alinhamento da infra-estrutura.

- Etapa de execução de valas para rede enterrada de elétrica
Modos potenciais de falha detectados:
 - Não travamento dos eletrodutos na vala;
 - Não deixar o arame-guia na vala;
 - Execução de emendas mal feitas nos dutos de kanalex;
 - Não fechamento da “boca” do duto;
 - Má compactação dos dutos;
 - Não instalação de acessórios de advertência.

- Etapa de lançamento e ligamento dos cabos
Modos potenciais de falha detectados:
 - Rompimento do isolamento do condutor;
 - Inversão de condutores.

Cada etapa do processo associada com seus modos potenciais de falha é descrita a seguir, na seção 4.4, com o objetivo de apresentar efeitos potenciais de falha, causa e ações recomendadas pela equipe de trabalho. O resumo da análise de todos os modos potenciais de falha encontra-se na Tabela de FMEA elaborada para este estudo, apresentada ao final da seção 4.4.

3.4 DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO

Para cada etapa do processo de lançamento de cabos, os modos potenciais de falha, assim como as causas potenciais de falhas, foram analisados cuidadosamente, e para cada um deles, foram determinadas ações necessárias para que estas falhas não ocorram, ou caso ocorram, possam ser detectadas mais facilmente.

3.4.1. Montagem de suporte para infra-estrutura

A montagem de suporte para infra-estrutura é uma das primeiras etapas do processo de lançamento de cabos. Os suportes devem ser montados nas paredes e/ou teto de forma que, posteriormente, a eletrocalha ou leito possam ser encaixados conforme projeto.

Foram apontados como modos potenciais de falha, **instalações feitas em locais incorretos e erro no alinhamento destes suportes**. Estes tipos de falhas foram apontadas pelos supervisores de obra e são muito importantes de serem analisados, uma vez que erros de localização, encaixe ou alinhamento podem causar problemas de interferências entre as eletrocalhas e leitões e redes de sprinkler, luminárias, dutos de ar condicionado, entre outros.

A nota atribuída para a severidade do efeito nestes casos foi com base na observação do cliente e dos engenheiros durante a montagem. Como a instalação dos suportes é a primeira etapa de todo o processo, quaisquer tipos de não conformidade detectada neste ponto devem ser corrigidos imediatamente, caso contrário é praticamente impossível dar andamento à obra. Apesar de não ter grande influência no produto final, pois até a última etapa o problema invariavelmente será corrigido, estas não conformidades geram para a empresa retrabalhos que tomam tempo precioso da obra, além de custo, é claro.

O pessoal de campo apontou como causa principal da ocorrência de instalações em locais incorretos os erros de projeto, isto é, os projetos de instalações elétricas vão para a obra sem serem compatibilizados com os projetos de outras áreas, tornando-se inúteis uma vez que não “batem” com a realidade da obra. A ação recomendada para este modo potencial de falha foi a compatibilização de projetos das diversas áreas. Para isso, a equipe definiu um responsável na obra, no caso o técnico de planejamento, que deveria fazer a leitura e análise de cada projeto da linha CGL da fábrica e verificar possíveis interferências e erros de localização da linha elétrica. Durante o decorrer de 2003, a compatibilização de projetos não foi realizada conforme estipulado

na tabela de FMEA. Em uma das reuniões realizadas para definir o porque do não cumprimento desta ação, o técnico de planejamento apontou como principal dificuldade o número de tarefas à ele atribuídas. Ficou definido, então, que para cada obra deverá existir um responsável por compatibilizar os projetos, não necessariamente alocado na obra.

Para a não conformidade relativa ao erro de alinhamento dos suportes, foi apontada como causa a falta de supervisão do serviço por parte dos encarregados e falha humana por parte dos montadores. Foi recomendada como ação corretiva a elaboração de um check list relativo à montagem da suportação. Este check list teria como objetivo principal auxiliar a equipe de campo durante a montagem de forma que o alinhamento seja sempre verificado ao final dos trabalhos pelos encarregados.

3.4.2. Encaixe das eletrocalhas e leitos nos suportes

Durante esta etapa de montagem, os principais modos de falha detectados foram o **encaixe incorreto da infra-estrutura nos suportes** e o **não alinhamento da infra-estrutura**. Estes tipos de não conformidade são bem comuns em instalações elétricas. Isto se deve ao fato de que, durante a montagem, os suportes sofrem ação da força dos trabalhadores para a realização do encaixe correto. Esta força, muitas vezes, faz com que a infra-estrutura não encaixe no suporte, e, quando encaixada, fique mal alinhada.

A ação recomendada para estes casos foi similar ao da não conformidade “erro de alinhamento dos suportes”, pois a causa também é relativa à falha humana e falta de supervisão. Sendo assim, foi elaborado um check list de montagem e encaixe da infra-estrutura nos suportes.

Depois de montado o check list, ficou evidenciada a similaridade entre o check list de montagem de suportes e o check list de montagem de infra-estrutura, fazendo com que a equipe decidisse por elaborar um único relatório, desde a instalação da suportação até o encaixe e liberação da infra-estrutura. Desta forma, o encarregado pela equipe de montagem teria um documento para servir de referência no momento da conferência. O documento deverá ser assinado pelo encarregado e entregue ao engenheiro de obra.

O Check List para verificação de montagem está apresentado como figura 20, na seção 4.5.

3.4.3. Execução de valas para rede enterrada de elétrica

Para executar valas e proceder com a instalação da rede de dutos para passagem de cabo de elétrica, foram apontados como modos potenciais de falha o **não travamento dos eletrodutos na vala**, tendo como efeito o não alinhamento dos mesmos, o **esquecimento por parte dos trabalhadores em deixar o arame-guia na vala**, dificultando o posterior lançamento dos cabos, a **execução de emendas mal feitas nos dutos de kanalex** e aspectos associados ao acabamento final na hora de fechar a vala, como o **não fechamento da “boca” do duto**, a **mau compactação dos dutos** e a **não instalação de acessórios de advertência para proteção da rede enterrada**.

Para a não conformidade “não travamento dos eletrodutos na vala”, que, como já dito no parágrafo acima, tem como efeito o não alinhamento destes dutos, a causa detectada foi falha humana, tendo como ação recomendada a montagem de um check list para inspeção de instalação dos dutos em valas para rede enterrada de elétrica. Da mesma forma, a não conformidade “esquecimento de deixar o arame-guia na vala”, que apresenta como efeito demora e dificuldades durante o lançamento dos cabos, também apresenta como causa falha humana, e a ação para minimizar este tipo de problema seria incluir no check list de inspeção de instalação de dutos em valas para rede enterrada de elétrica este item de verificação.

Feita a vala e instalados os dutos, deve-se proceder com as emendas onde estas forem necessárias. Emendas mal feitas são outro modo potencial de falha, pois podem ocasionar falta de isolamento do duto. Para efetuar as emendas devem ser usados acessórios como fitas adesivas e filmes para isolamento. Para que isto aconteça, faz-se necessário incluir este item de verificação no check list para instalação de dutos em valas, além de criar um procedimento para que a equipe de trabalho possa ser treinada.

Com relação aos aspectos associados ao acabamento final na hora de fechar a vala, foram detectados como modo potencial de falha o **não fechamento da “boca” do duto**, tendo como efeito, no momento em que a vala for fechada com terra e areia, a penetração deste material dentro do duto, a **mau compactação dos dutos, fazendo** com que a rede enterrada trabalhe, mesmo estando amarrada, e a **não instalação de acessórios de advertência para proteção da rede enterrada**, podendo ocasionar futuramente problemas devido à escavações até o duto uma vez que a vala não foi sinalizada.

Para evitar a ocorrência destes modos de falha durante o acabamento da vala, a recomendação foi de treinamento dos trabalhadores com base em um procedimento a ser elaborado pela equipe de trabalho deste estudo e a montagem de um check list de verificação.

3.4.4. Lançamento e ligamento dos cabos

Para finalizar o processo, os cabos devem ser lançados cuidadosamente, caso contrário obtém-se como modo potencial de falha o **rompimento do isolamento do condutor**.

A função básica da isolação é confinar o campo elétrico gerado pela tensão aplicada ao condutor no seu interior. Com isso, é reduzido ou eliminado o risco de choques elétricos e curtos-circuitos. Podemos comparar a camada isolante de um cabo com a parede de um tubo de água. No caso do tubo, a parede impede que a água saia de seu interior e molhe a área ao seu redor. Da mesma forma, a camada isolante mantém as linhas de campo elétrico (geradas pela tensão aplicada) “presas” sob ela, impedindo que as mesmas estejam presentes no ambiente ao redor do cabo.

No caso do tubo, não pode haver nenhum dano à sua parede, tais como furos e trincas, sob pena de haver vazamento de água. Da mesma forma, não pode haver furos, trincas, rachaduras ou qualquer outro dano à isolação, uma vez que isso poderia significar um “vazamento” de linhas de campo elétrico, com subsequente aumento na corrente de fuga do cabo, o que provocaria aumento no risco de choques, curtos-circuitos e até incêndios.

A única forma de detectar esta não conformidade é através do Teste de Resistência de Isolamento. Sendo assim, a ação recomendada para lançamento de cabos é o cuidado durante a instalação e ligação dos mesmos e a realização do teste sempre que os cabos fossem lançados e ligados. Para isso, foi criado um Relatório para registrar todos os testes de resistência ao isolamento.

Outro modo potencial de falha seria a **inversão de condutores**, isto é ligar um cabo à uma máquina à qual este não se destina.

Este tipo de não conformidade pode ocasionar como efeito potencial de falha o curto circuito de uma máquina que foi ligada a um condutor de tensão inferior à estipulada, uma vez que cada circuito é dimensionado para um tipo de finalidade específica. Nestes casos, a ação

recomendada é “*taguear*” todos os cabos e proceder com a ligação de acordo com o Diagrama de Cabos.

Atualmente, os cabos já são tagueados, sendo que este tipo de não conformidade se torna raro no processo de lançamento e ligamento dos cabos, porém, a equipe achou relevante comentar este modo potencial de falha.

A Tabela 05 apresenta a Tabela de FMEA desenvolvida para este estudo.

Tabela 05 – Tabela de FMEA

FORMULÁRIO DE FMEA - ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS																
Identificação							(X) Processo () Produto				Data de confecção da FMEA:				Versão: 05	
Objeto de estudo: Processo de Lançamento de cabos							Coordenador: Adriana Regina Tozzi				Setor: Linha CGL - obra CISA					
Equipe de estudo:																
Operação Propósito	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	S	Cla	Causa Potencial de Falha	O	Controles Atuais	D	R	Ação Recomendada	Responsável e Data	Ação Efetuada	S	O	D	R
1	Montagem de suporte para infra-estrutura	Falha no alinhamento do suporte	3		Problemas no encaixe da infra-estrutura	7	Não existe	10	210	Compatibilizar os projetos de diversas áreas antes de executar uma atividade	Nilson Teixeira - 15/04/03	Não foi possível realizar a compatibilização				
					Erro de projeto	5	Inspeção visual após a montagem	5	75	Criar check list de montagem	Adriana Tozzi - 17/06/03	verificação com base no check list	3	1	2	6
	Instalação do suporte em local incorreto	3		Problemas de interferência com outras redes (Ex.: sprinkler, luminárias, ar condicionado)	5	Não existe	5	75	Compatibilizar os projetos de diversas áreas antes de executar uma atividade	Nilson Teixeira - 15/04/03	Não foi possível realizar a compatibilização					
2	Encaixe das eletrocalhas e leitos nos suportes	Encaixe incorreto nos suportes	6	crítica	Problemas de interferência com outras redes (Ex.: sprinkler, luminárias, ar condicionado)	7	Inspeção visual após a montagem	7	294	Criar check list de montagem	Adriana Tozzi - 17/06/03	verificação com base no check list	6	1	2	12
					Erro de montagem	7	Inspeção visual após a montagem	7	294	Criar check list de montagem	Adriana Tozzi - 17/06/03	verificação com base no check list	6	1	2	12
		Alinhamento incorreto da infra-estrutura	6	crítica	Problemas de interferência com outras redes (Ex.: sprinkler, luminárias, ar condicionado)	7	Inspeção visual após a montagem	7	294	Criar check list de montagem	Adriana Tozzi - 17/06/03	verificação com base no check list	6	1	2	12

FORMULÁRIO DE FMEA - ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS

Identificação	(X) Processo () Produto	Data de confecção da FMEA:	Versão: 05
Objeto de estudo: Processo de Lançamento de cabos		Coordenador: Adriana Regina Tozzi	Setor: Linha CGL - obra CISA

Equipe de estudo:

	Operação Propósito	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	S	Cla	Causa Potencial de Falha	O	Controles Atuais	D	R	Ação Recomendada	Responsável e Data	Ação Efetuada	S	O	D	R
3	Execução de vala para rede enterrada de elétrica	Não travamento dos dutos na vala	dutos mal alinhados dificultando o lançamento de cabos	7	crítica	Erro de instalação	2	Inspeção visual	3	42	Criar check List de instalação de rede enterrada de elétrica	Adriana Tozzi - 09/07/03	Verificação com base no check list	7	1	2	14
		Não deixar arames guias dentro dos dutos	Dificuldades na hora de lançar os cabos	7	crítica	Erro de instalação	3	Inspeção visual	3	63	Criar check List de instalação de rede enterrada de elétrica	Adriana Tozzi - 09/07/03	Verificação com base no check list	7	1	2	14
		Execução de emendas mal feitas	emendas mal feitas podem ocasionar fissuras nos dutos.	10	crítica	Erro humano - falta de verificação das emendas	2	Inspeção visual	9	180	Criar check List de instalação de rede enterrada de elétrica	Adriana Tozzi - 09/07/03	Verificação com base no check list	10	1	2	20
4	Fechamento da vala de rede enterrada	Não colocar acessório de advertência	Em futuras escavações pode-se chegar até o duto enterrado	3		Esquecimento por parte da equipe de montagem	3	Não existe	10	90	Criar check List de instalação de rede enterrada de elétrica	Adriana Tozzi - 09/07/03	Verificação com base no check list	3	1	2	6

FORMULÁRIO DE FMEA - ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS

(X) Processo	() Produto	Data de confecção da FMEA:	Versão:	05
Objeto de estudo: Processo de Lançamento de cabos		Coordenador: Adriana Regina Tozzi	Setor: Linha CGL - obra CISA	

Equipe de estudo:

	Operação Propósito	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	S	Cla	Causa Potencial de Falha	O	Controles Atuais	D	R	Ação Recomendada	Responsável e Data	Ação Efetuada	S	O	D	R
4	Fechamento da vala de rede enterrada	Não fechamento da boca do duto	Penetração de material utilizado para compactação dentro do duto	9	crítica	Esquecimento por parte da equipe de montagem	2	Não existe	7	126	Criar check List de instalação de rede enterrada de elétrica	Adriana Tozzi - 09/07/03	Verificação com base no check list	9	2	2	36
		Má compactação dos dutos	A rede pode exercer trabalho mesmo estando amarrada	6		Não verificação da compactação realizada sob a rede	4	Não existe	7	168	Criar check List de instalação de rede enterrada de elétrica	Adriana Tozzi - 09/07/03	Verificação com base no check list	6	2	2	24
5	Lançamento dos cabos em eletrocalhas e leitos	Rompimento do isolamento dos cabos	Danificação dos condutores	8	crítica	Erro humano - puxar o cabo com muita força nas curvas	4	Testes de isolamento	2	64	Realizar o teste sempre que ocorrer lançamento de cabos	Adriana Tozzi e Sandro esperança - 20/08/03					
			Retrabalho para lançar novos cabos	8	crítica	Erro humano - puxar o cabo com muita força nas curvas	4	Testes de isolamento	2	64	Realizar o testes sempre que ocorrer lançamento de cabos	Adriana Tozzi e Sandro esperança - 20/08/03					
6	Ligação dos cabos	Ligar cabos em máquinas erradas	curto-circuito	9	crítica	Erro no Diagrama de cabos	3	Através de análise antes do lançamento	3	81	O engenheiro deve analisar o Diagrama de Cabos imediatamente quando este chegar na obra	Nilson Teixeira - 20/08/03					
						Falha humana	7	Não existe	10	630	Treinamento	Sandro Esperança - 10/10/03					

4. RESULTADOS OBTIDOS

Uma das principais ações em resposta aos prováveis modos de falha, foi a criação de um Programa de Verificação de Montagem. Este programa foi criado com base nos principais modos potenciais de falha detectados no processo, e nas ações recomendadas para cada um deles. É importante salientar que este Programa de verificação é válido somente para o processo de lançamento de cabos de baixa tensão, objeto deste estudo aplicado.

O programa de verificação está dividido em três etapas. A primeira etapa foi denominada de **Montagem da infra-estrutura**, e engloba toda a parte de montagem, desde os suportes até a instalação de eletrocalhas, leitos e eletrodutos. É nesta etapa que devem ser feitos ajuste de montagem, caso sejam detectadas falhas de acordo com a conferência da instalação através do Check List de Montagem apresentado na figura 20.

A segunda etapa trata da **Execução de rede elétrica enterrada**. Nesta etapa, além do Check List, foi desenvolvido um procedimento que esclarece como deve ser realizada esta atividade. O procedimento é de extrema importância, pois servirá para compor o Programa de Treinamento em Instalações Elétricas a ser desenvolvido futuramente.

Para finalizar, a terceira etapa diz respeito ao **Teste de Isolamento de Cabos**. Para este teste, foi criado um Relatório de Teste que deverá ser preenchido ao final de cada processo. A idéia da equipe de coordenação é criar um procedimento para o preenchimento e utilização deste Relatório.

Etapa 01 – Check List de montagem

O check List para montagem foi criado partindo-se do princípio que todo encarregado deve, durante a execução dos serviços de infra-estrutura, verificar se todos os tópicos considerados com de maior importância foram concluídos de acordo com o estipulado.

O primeiro ponto a ser observado é a verificação em projeto de todos os detalhes do local, isto é, verificar onde serão instalados os suportes para a rota de cabos e as especificações de montagem e de material que não estejam definidas no desenho.

Em casos onde não existe a definição da suportaç o da infra-estrutura nos projetos, deve-se desenhar um croqui e fabricar um prot tipo do suporte na obra. Em seguida, deve ser solicitada a aprovaç o do cliente. Feito isto, o pr ximo passo   enviar o croqui com a especifica o do material utilizado para desenvolvimento do Memorial de C culo do prot tipo para o Departamento de Projetos ou empresa de projetos do Cliente antes da fabrica o definitiva em s rie. Em caso de altera es de material e desenho, caber  ao Departamento de Projetos ou empresa de projetos do Cliente a altera o de desenho e material antes da fabrica o definitiva em s rie.

Tendo em m os todas as defini es,   feito o pedido de materiais, os quais devem ser retirados no almoxarifado para proceder com a montagem.

Paralelamente,   preciso verificar se os equipamentos e ferramentas especiais para execu o da atividade est o dispon veis para iniciar a montagem, caso contr rio, os mesmos devem ser solicitados ao engenheiro da obra.

Outro passo essencial   isolar o local da atividade atrav s de medidas preventivas de acidente de trabalho.

Para a montagem dos suportes, devem-se sempre seguir as especifica es em projeto. Qualquer impossibilidade de instala o deve ser informada ao engenheiro da obra, que tomar  as decis es cab veis. Todas as medidas tomadas devem ser registradas em di rio de obra e devem passar pela aprova o do Cliente.

Montados os suportes, devem ser verificados o alinhamento da suporta o (vertical e horizontal) e outros detalhes que influem na qualidade do acabamento antes da entrega. Complementarmente, deve ser retocada a pintura (fundo e acabamento) onde foram realizados soldas e danos na instala o da suporta o.

Finalizada a atividade de instala o e alinhamento da suporta o, devem ser liberados os locais para as instala es de eletrocalhas, leitos e eletrodutos, os quais dependem deste trabalho preliminar.

A montagem da infra-estrutura ir  seguir os mesmos passos da montagem da suporta o.

Ap s libera o definitiva do local, o mesmo deve ser limpo, e as ferramentas, equipamentos e sobras de material devem ser devolvidos ao almoxarifado ou para a  rea de sucata.

O Check List de montagem de infra-estrutura, desenvolvido pela equipe de coordenação, consta na seção de Apêndice A deste trabalho.

Etapa 02 - Procedimento para execução de rede enterrada de elétrica

Foi elaborado um procedimento em conjunto com a equipe de coordenação da obra com o objetivo de sistematizar as atividades relativas à instalação de Infra-estrutura em Kanalex para passagem subterrânea de cabos de energia, cabos de comunicação, sub-dutos, etc. e treinar os trabalhadores responsáveis por efetuar esta atividade no canteiro de obra.

Primeiramente, antes de iniciar os serviços, o projeto de execução, assim como a norma NBR 5410, deverão estar na obra para consulta.

Para iniciar a execução da rede enterrada, deverá ser aberta uma vala de setenta centímetros (0,70 m) de profundidade em terrenos normais e um metro (1,00 m) em travessias de vias acessíveis a veículos, onde será realizada a rede enterrada de elétrica, de acordo com a localização previamente estipulada em projeto.

O eletroduto Kanalex deverá ser retirado no almoxarifado, assim como ferramentas, equipamentos, e outros materiais necessários para realização da atividade.

O local de trabalho deverá ser preparado através de medidas preventivas de acidente de trabalho, como isolamento do local da atividade com fitas zebreadas, placas de alerta, e outras medidas julgadas necessárias pela contratante.

Aberta a vala e providenciados todos os materiais necessários, o eletroduto Kanalex deverá ser lançado na vala pré-definida. Antes de lançar o mesmo, deverá ser feito o nivelamento correto da superfície de fundo da vala com areia, e compactá-la, de forma que todos os tubos, depois de assentados, permaneçam no mesmo nível.

Feito o lançamento, todos os cabos deverão ser assentados observando o espaçamento necessário previsto em projeto, tanto na vertical quanto na horizontal. Nesta etapa, basicamente os eletrodutos deverão ser alinhados dentro das valas e o espaçamento deverá ser executado com a ajuda de “espaçadores”, que podem ser pontaletes de madeira, pré-moldados de madeira ou pedaços de concreto, de forma que estes possibilitem que os kanalex mantenham-se afastados uns dos outros.

A distância entre os espaçadores deverá variar quando estiver sendo executada em trechos retos e pontos de curva. Para as curvas, os espaçadores deverão ser colocados à uma distância de no máximo 80 cm. Já nos trechos retos, o espaçamento poderá variar até 300 cm, dependendo do tamanho da vala e do dimensionamento do número de condutores.

Durante o lançamento do kanalex, é de extrema importância que sejam lançados também, os arames-guia dentro dos eletrodutos. Podem ser utilizados quaisquer tipos de arames para que estes sirvam de guias na hora de lançar os cabos dentro dos dutos.

Em casos em que haja a necessidade da execução de emendas no Kanalex, deverão ser usados acessórios como fitas adesivas e filmes para isolamento. É importante salientar que estas emendas só podem ser executadas nos eletrodutos e, conseqüentemente, nos arames-guia que estão lançados dentro do duto, mas nunca nos cabos. Outro ponto a ser observado é a execução de emendas em curvas, onde este procedimento deverá ser evitado, porém, caso seja necessário, a emenda deverá ser executada à uma distância mínima de 200 cm do início da curva. Caso existam outras instruções em projetos ou procedimentos adotados pela contratante, estes critérios deverão ser obedecidos.

Terminado o processo de execução de emendas nos eletrodutos, as mesmas deverão ser vedadas com filme de PVC ou fitas, de forma a evitar infiltração e alagamento dentro do duto.

Todo o lançamento dos eletrodutos deverá ser feitos observando sempre o alinhamento paralelo dos mesmos dentro das valas, até chegar nas casas de passagem, facilitando assim o lançamento dos cabos. Depois de lançado e alinhado, o kanalex poderá ser “envelopado” em concreto de acordo com especificações de projeto exigidas pela contratante. Nestes casos, caso não exista detalhamento desta atividade em projeto, deverá ser utilizado o seguinte procedimento:

- Primeiramente, os espaçadores deverão estar fixados até 70 cm em pontos de curva e até 100 cm em pontos de reta;
- O alinhamento deverá estar perfeito, e os eletrodutos deverão estar fixados nas suas extremidades;
- Deverá ser tampada a “boca” dos dutos;
- O concreto deverá ser lançado em camadas, de forma a evitar o desalinhamento ou inversão do eletroduto;

- Após a concretagem, deverá existir um intervalo de três dias antes da atividade de compactação. Feito isso, os dutos poderão ser compactados com terra ou areia. A espessura mínima a ser adotada na camada de compactação será de 30 cm entre os dutos e a parte superior do conjunto;
- Deverá ser instalado um acessório de advertência para sinalizar e proteger o banco de dutos contra futuras escavações no local. Este acessório poderá ser uma placa com aviso colocada à 10 cm do solo. Após a atividade de sinalização, a vala deverá ser fechada.

Para finalizar a atividade, a área onde a mesma tiver sido executada deverá ser limpa e liberada para outros tipos de serviços que possam vir a ser realizados por outras equipes de trabalho. Todos os materiais e ferramentas utilizadas pela equipe de lançamento dos eletrodutos deverão ser recolhidos e devolvidos ao almoxarifado. Os projetos deverão ser reunidos e, em caso de alterações, as mesmas deverão estar assinaladas e enviadas ao Departamento de Projetos para atualização dos desenhos.

Etapa 03 – Teste de Resistência ao Isolamento

Foi desenvolvido um relatório para que os testes de resistência de isolamento fossem registrados criando assim, um histórico de testes para a empresa e para o cliente. Este relatório foi elaborado em conjunto com o engenheiro da obra e com o técnico de segurança.

Além do Relatório, está em desenvolvimento um procedimento que tenha como objetivo principal descrever como devem ser executados os testes de resistência ao isolamento em condutores em instalações de baixa tensão.

O relatório tem como base os circuitos definidos em projetos e nos Diagramas, isto é, o valor medido em Ohms deve ser o mesmo dimensionado no projeto. O erro aceitável está sendo estudado pela equipe de coordenação e para que este seja definido, deverá ser levado em conta o erro admissível de calibração do equipamento.

O Relatório de Teste de Resistência ao isolamento esta apresentado na seção de Apêndice B deste trabalho.

4.1. CONDUÇÃO DO PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO DE MONTAGEM

Para conduzir a implantação do Programa de Verificação de Montagem, a equipe de coordenação analisou as responsabilidades e autoridades do pessoal envolvido no processo de lançamento de cabos e chegou as conclusões que são apresentadas a seguir.

Na etapa de **Montagem da infra-estrutura**, as equipes, como de costume, serão coordenadas pelos encarregados de obra. Cada encarregado terá como responsabilidade o preenchimento e a verificação de cada item apresentado no Check List de Montagem.

Como todos os ajustes de montagem devem ser realizados nesta etapa, os Supervisores de obra, que têm como responsabilidade a supervisão das atividades realizadas pelas equipes e atuam como superiores imediatos dos encarregados de obra, deverão visitar o local onde as atividades estão sendo realizadas, comparar o trabalho executado com os itens do Check List e visitar o mesmo para certificar-se de que estão sendo preenchidos diariamente.

As equipes atuantes na etapa de **Execução de rede elétrica enterrada** seguirão o mesmo padrão estabelecido na etapa anterior. O engenheiro responsável pela obra deverá assinar o Check List utilizado na primeira etapa de montagem da infra-estrutura e conferir “in loco” as atividades realizadas na etapa de Execução de rede elétrica enterrada.

Para a etapa de **Teste de Isolamento de Cabos**, o Relatório de Teste deverá ser preenchido pelo supervisor de obra, que será responsável pelo acompanhamento desta atividade. Depois de realizados os testes, o engenheiro deverá comparecer ao local para verificar o serviço e assinar o relatório de Teste, antes de enviar o mesmo ao cliente. Feito isso, o representante, ou fiscal do cliente, deve assinar o Relatório assegurando estar ciente de que o teste de Isolamento de Cabos foi realizado.

O engenheiro de segurança deverá, diariamente, estar visitando todos os locais onde a ELCO estiver realizando atividades e, caso detectar algum problema de instalação que ofereça perigo aos trabalhadores ou que apresente problemas de qualidade, o mesmo estará autorizado a parar o serviço e autuar os responsáveis através do formulário de ocorrência já utilizado pela empresa.

Ao término das instalações e testes, o check list de Montagem da Infra-estrutura e o Relatório de Teste de Isolamento de Cabos deverão ser enviados ao Departamento de Qualidade da ELCO para serem arquivados com o restante da documentação referente a obra concluída.

4.2. VANTAGENS DO PROGRAMA PROPOSTO

A principal vantagem do programa proposto é de reduzir as falhas do processo de lançamento de cabos e reduzir custos com retrabalhos, evitando assim o desperdício de recursos dentro da obra.

Esses recursos desperdiçados vão desde material, mão-de-obra e energia perdidos, até a perda de horas de treinamento e aprendizado que a empresa e a sociedade perdem devido, por exemplo, a um acidente de trabalho (ROBLES, 1996).

Acredita-se que na primeira etapa do programa, referente à **Montagem da infraestrutura**, a vantagem de implantar o programa de Verificação será a economia, tanto de material quanto de tempo, utilizados para o desenvolvimento da rota de cabos. Antes deste estudo, esta etapa era realizada com base no projeto, mas não havia conferência da montagem. As falhas eram detectadas mais a frente no processo, fazendo com que a etapa posterior a esta fosse parada e a mão de obra concentrada em corrigir problemas da etapa anterior.

Com o Check List de montagem, toda a instalação deverá ser conferida durante a montagem. Assim, a etapa só será liberada pelo supervisor depois que o processo estiver livre de pendências. Desta forma, poderão ser eliminados os custos com retrabalhos, refugos e sucatas, tempo perdido, compras não planejadas, atrasos na montagem, horas extras, dentre outros.

Na segunda etapa do programa, que trata da **Execução de rede elétrica enterrada**, as vantagens são ainda maiores. Além de economizar material e tempo, o Check List e o procedimento desenvolvido, ao serem implantados, evitarão que futuros problema como escavações no local onde a rede foi montada, possam gerar danos ao serviço realizado. Para entender melhor, é só imaginar uma fábrica que possui uma rede enterrada realizada há alguns anos. Depois deste tempo, alguém da fábrica decide escavar determinada região. Se não existirem placas de concreto e de advertência colocadas acima da rede, esta escavação poderia chegar até a rede elétrica enterrada, causando, além de danos na instalação, possíveis acidentes de trabalho.

A terceira etapa que diz respeito ao **Teste de Isolamento de Cabos** apresenta como vantagem principal o registro formal de que o Teste foi realizado na instalação.

4.3. DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA PROPOSTO

A maior dificuldade para implantação do programa proposto é o que os autores costumam chamar de “aspectos culturais” ou “cultura organizacional”.

No ano de 2000, a ELCO começou a implantação da norma ISO 9001/1994 dentro da sede da empresa. Foi realizado um trabalho em termos organizacionais, como a padronização de documentos e processos como contratação de novos funcionários. Nesta época, a maior dificuldade encontrada para que novos procedimentos começassem a serem utilizados dentro da empresa foi a conscientização por parte dos colaboradores de que certas mudanças eram necessárias e serviriam para facilitar a realização de tarefas, e não para “engessar” a empresa como muitos acreditavam. Para algumas pessoas, que já possuíam tendências à qualidade e um nível de instrução superior, a adaptação a novos processos foi mais rápida, porém, para os trabalhadores com nível de instrução menor, a reação foi um tanto surpreendente. Grande parte destas pessoas achava, inicialmente, que seriam demitidas, que as mudanças dentro da empresa prejudicariam seu desempenho na realização de suas atividades. Isto se deve porque muitas delas não sabiam sequer ligar um computador. Com o passar do tempo, a cultura foi mudando dentro da empresa, mas até hoje existe uma certa resistência.

Além dos colaboradores, a alta direção deverá apoiar e participar deste processo de mudança dentro da empresa. Em um artigo publicado por Ramos, Turrioni e Souza (1999), os autores citam a importância da alta administração na implantação de novos Sistemas dentro de uma organização. Segundo eles, o processo de melhoria de qualidade é um exemplo de mudança organizacional que requer efetiva liderança, porém, nem todos os chefes executivos parecem agir como líderes de transformação, particularmente com respeito à liderança do processo de melhoria da qualidade. Eles citam como razões para isto, falta de compromisso, falta de visão e falta de compreensão por parte da alta administração.

Para este novo Programa de Verificação, acredita-se que a adaptação seja ainda mais difícil, pois o mesmo será aplicado diretamente na obra, onde grande parte dos funcionários trabalha da mesma forma há anos e possui apenas o primeiro grau completo.

A equipe de coordenação discutiu muito sobre a melhor forma de implantação do programa. Acredita-se que, se o programa for introduzido na obra aos poucos, isto é, aplicar primeiramente o programa de Verificação no processo de lançamento de cabos, objeto de estudo,

e com o tempo ir desenvolvendo novos programas para diferentes processos, a mudança não seja tão brusca e de mais fácil adaptação. Mesmo assim, a idéia inicial de implantação seguirá a mesma utilizada em 2000, isto é, o primeiro passo da equipe de coordenação será o de realizar reuniões semanais, ou melhor, “encontros” semanais de motivação aos funcionários.

Estes encontros têm como objetivo principal preparar as pessoas para as novas mudanças dentro da empresa e, ao mesmo tempo, mostrar às elas sua importância dentro da organização.

Dentro da obra, existem várias frentes de trabalho. Sendo assim, os encontros motivacionais podem ser divididos em dois: um encontro entre os encarregados das equipes de trabalho e outro encontro com as equipes propriamente ditas.

O encontro com os encarregados das equipes terá um caráter mais formal, será como uma espécie de “entrevista” realizada regularmente para analisar o desenvolvimento das equipes durante a implantação do programa. Serão coletadas informações sobre o desempenho dos funcionários e apontadas sugestões sobre o que será necessário fazer no futuro para manter o que foi alcançado ou chegar a novos objetivos. Segundo Langdon e Osborne (2001), para o crescimento de todos é importante ser construtivo no que se diz, com discussões honestas e francas. Toda crítica deve ser justificada, e por isso a equipe de coordenação do Programa deverá estar atenta em todos os acontecimentos no canteiro de obra, desde como está sendo realizada a limpeza até se os procedimentos desenvolvidos estão sendo corretamente realizados. Estes encontros devem ter como resultado novas idéias de instrução dos empregados.

Os encontros com todos os funcionários serão mais informais e, sempre na última reunião do mês, será oferecido um “benefício” ao funcionário que participar de todas as reuniões revelando maior motivação para a realização de suas tarefas.

Benefícios podem ser considerados como facilidades, conveniências, vantagens e serviços que as empresas costumam a oferecer aos funcionários e que contribuem para aumentar a motivação e, conseqüentemente, a produtividade na realização das tarefas.

O “benefício” escolhido para presentear os funcionários será uma cesta básica, acompanhada de um Certificado de Motivação, desenvolvido pelo Departamento de Qualidade da empresa e assinado pela Alta Administração. O critério utilizado para escolher o melhor funcionário ainda não foi elaborado, pois a ELCO ainda não possui um procedimento para

realizar avaliações de desempenho. Sendo assim, a idéia inicial é que a avaliação seja feita com base na opinião do engenheiro, dos supervisores da obra e dos encarregados de cada equipe.

Futuramente, espera-se desenvolver um programa de avaliação de desempenho dentro da empresa devido às vantagens que estes resultados podem trazer para um Sistema de melhoria de qualidade.

Prada e Miguel (1999), em uma pesquisa realizada em 30 empresas sobre práticas de gestão de recursos humanos no contexto da qualidade, comprovam que a maioria das empresas de grande e médio porte avaliadas (76,9% e 57% respectivamente) realizam avaliação de desempenho periodicamente. Ainda, de acordo com CHIAVENATO (1995), este tipo de avaliação pode trazer grandes contribuições para a organização, pois permite avaliar o potencial humano, definindo sua contribuição no sentido de aumentar a produtividade.

Prada e Miguel (1999) enfatizam que, além de avaliar os funcionários, é de grande importância a participação dos mesmos na solução de problemas. Aliás, os autores consideram este um aspecto primordial na implantação de programas de qualidade. O fato das pessoas serem ouvidas podem levá-las a se sentir responsáveis, comprometidas e encorajadas com as questões de qualidade.

4.4. GENERALIDADE DO PROGRAMA PROPOSTO

Os resultados obtidos até a atual fase de implementação do Sistema de verificação proposto na obra da Cisa possibilitam determinar alguns pré-requisitos para a utilização do programa proposto.

Primeiramente, como se trata de um processo de instalação elétrica industrial, o programa poderá ser utilizado apenas em obras similares à obra da Cisa, isto é, obras de grande porte, com uma previsão de mão de obra direta de aproximadamente 200 pessoas, com duração de no mínimo um ano e que apresentem em seu escopo instalações elétricas necessárias para ligar um grande número de maquinário e equipamentos. Em geral tratam-se de obras que requerem a construção de subestações com transformadores de energia e salas destinadas a painéis de controle da fábrica.

Outro ponto a ser verificado é a utilização deste Programa por outras empresas que não sejam a ELCO Engenharia de Obras Elétricas Ltda. Apesar de se tratar de um processo que

não apresente muita variação de empresa para empresa, acredita-se que diferentes tipos de corporações utilizem diferentes tipos de hierarquias ou mesmo seqüências de trabalho diferentes daquelas utilizadas pela ELCO. Assim, o trabalho apresentado neste texto certamente exigiria adaptações para a utilização em outras empresas do ramo elétrico.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou e discutiu uma proposta para um Programa de Verificação do processo de lançamento de cabos de baixa tensão em uma obra de instalações elétricas industriais a partir do aprendizado obtido com o uso da FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). Acredita-se que o Programa desenvolvido possa melhorar a qualidade e produtividade das equipes de trabalho que atuam dentro do processo.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica contemplando a literatura existente sobre instalações elétricas de baixa tensão, problemas e conformidade nas instalações, e sobre a ferramenta analítica FMEA. Esta pesquisa serviu como base para a realização do estudo.

A empresa onde o Programa foi desenvolvido, a ELCO Engenharia de Obras Elétricas Ltda, atua na área de instalações elétricas e hidráulicas no setor industrial. A idéia de desenvolver o programa de verificação foi apresentada em uma reunião com a Alta Administração da empresa. A obra escolhida para a elaboração do Programa foi a obra da Cisa, uma fábrica da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) construída em Araucária, no Paraná. De todos os processos que poderiam ser estudados, optou-se pelo lançamento de cabos de energia de baixa tensão, pois dentro do escopo de serviço, de 100% das horas que foram gastas, aproximadamente 50% foram destinadas para lançar cabos.

A fábrica da Cisa conta com cinco linhas de produção distintas, denominadas de PPPL (Push Pull Picking Line – Linha de Decapagem), RCM (Reversing Cold Line – Laminado reversível à frio), CGL (Continuors Galvanizing Line – Linha de galvanização contínua), CCL (Colour Coating Line - Linha de Pintura) e um Centro de Serviço, conforme apresentado na figura 1. O Programa de verificação foi desenvolvido durante o lançamento de cabos da linha CGL.

O processo estudado engloba desde a fase de montagem da infra-estrutura até os testes necessários para a liberação dos cabos. Cada etapa do processo foi descrita com base em informações fornecidas por engenheiros e técnicos que trabalharam na obra. Estas pessoas que colaboraram com o estudo formaram uma equipe de coordenação e sua participação foi de essencial ajuda devido à sua experiência neste tipo de obra. Foram feitos levantamentos sobre os

modos potenciais de falha no processo e quais as melhores ações a serem tomadas. Esta etapa, de análise dos modos potenciais de falha, foi a mais demorada, pois a equipe de coordenação não dispunha de muito tempo para as reuniões. Mesmo assim, a Tabela de FMEA foi concluída com êxito.

O programa de verificação, principal resultado da pesquisa, está dividido em três etapas. A primeira etapa, denominada de **Montagem da infra-estrutura**, engloba toda a parte de montagem, desde os suportes até a instalação de eletrocalhas, leitos e eletrodutos. É nesta etapa que são realizados os ajuste de montagem, caso sejam detectadas falhas. Para isso, foi criado o *Check List* de Montagem. A segunda etapa trata da **Execução de rede elétrica enterrada**. Nesta etapa foi desenvolvido um procedimento que esclarece como deve ser realizada esta atividade. O procedimento servirá de base para a elaboração de um Programa de Treinamento em Instalações Elétricas, que está sendo desenvolvido. Para finalizar, a terceira etapa diz respeito ao **Teste de Isolamento de Cabos**. Para este teste, foi criado um Relatório de Teste que deverá ser preenchido ao final de cada processo, assegurando que os cabos não apresentem nenhum tipo de defeito que possa comprometer seu completo isolamento.

A partir da implantação do Programa de Verificação, acredita-se que os resultados obtidos serão de grande ajuda para garantir a conformidade nas instalações de infra-estrutura e lançamentos de cabos de baixa tensão, além do aumento de produtividade das equipes de trabalho.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

O Programa de Verificação foi desenvolvido para o processo de lançamento de cabos da obra da Cisa, mas sua aplicação poderá ser possível em obras similares. Apesar disso, se faz necessária uma análise de outros processos utilizados pela empresa em instalações elétricas. Futuramente, se outros Programa de Verificação forem desenvolvidos, poderá se pensar em criar um Plano que englobe todos os procedimentos dos processos construtivos da ELCO, desde a fase de concepção de uma obra até a conclusão da mesma.

Outro estudo que poderá ser feito, futuramente, seria a análise modos potenciais de falha do processo de elaboração de projetos de instalações elétricas. Isto se deve ao fato de que, quando se trabalha em uma obra, pode-se observar que muitas das não conformidades são

originadas por problemas em projetos, e acabam sendo consertadas na própria obra. Executados os serviços, o que é feito ao final é um projeto “*as built*”, que se fosse traduzido para o português, poderia ser chamado de projeto “como construído”. Estes projetos têm como finalidade “consertar” o problema, e não de prevenir que o problema aconteça. Acredita-se que um estudo sobre as causas que originam determinadas falhas de projeto poderá ser bastante eficaz para a empresa e possa ajudar na redução de gastos com os projetos “*as built*”.

Outra deficiência existente nas obras da ELCO é a falta de padronização nos planejamentos e controles da produção. Os Programas de Verificação não tem valor algum se existirem deficiências nos planejamentos de obra. Estas deficiências podem ocasionar baixo desempenho de empreendimentos de construção (LIRA, 1996). As principais causas para ineficácia de planejamento, as quais mereceriam o aprofundamento das pesquisas, são:

- (i) Não encarar o processo de planejamento de forma gerencial, isto é, o planejamento não pode ser visualizado como resultado da aplicação de uma ou mais técnicas de preparação de planos utilizando informações pouco consistentes ou baseadas somente na experiência e intuição de gerentes;
- (ii) Não permitir que o controle da obra acompanhe apenas o desempenho global e o cumprimento de contratos. Deve existir uma maior preocupação com as análises específicas de cada unidade produtiva visando a identificação de problemas no sistema de produção e a definição de ações corretivas.
- (iii) Incertezas com relação ao processo de produção;
- (iv) Dificuldades na mudança das práticas profissionais dos funcionários envolvidos com o planejamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 1997.

BARRETO, P. Conformidade em Instalações: A primeira instalação certificada. **Revista Eletricidade Moderna**, São Paulo, n° 343, p. 220 – 222, outubro. 2002.

BARRETO, P. Conformidade em Instalações: Perguntas e Respostas (3). **Revista Eletricidade Moderna**, São Paulo, n° 344, p. 232 – 233, novembro. 2002.

BERNARDES, S.; MOREIRA, M. **Planejamento e Controle da Produção para empresas de Construção Civil**. Rio de Janeiro, LTC, 2003.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC**: Controle de qualidade total no estilo japonês. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1992.

CAPALDO, D.; GUERRERO, V.; ROZENFELD, H.. FMEA (Failure Model and Effect Analysis): Conceitos Básicos. Disponível em: http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEAv2.html Acesso em: junho. 2003.

CARVALHO, Antônio Neves Jr.; ANDERY, Paulo Roberto Pereira. Aplicação de Ferramentas de Análise de falhas à melhoria de processos de execução em obras prediais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, XIX ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999. Anais...Rio de janeiro // *CD-ROM*.

CHIAVENATO, J. **Recursos Humanos**. Edição compacta. São Paulo: Atlas, 1995.

FLEURY, Maria Tereza Leme. **Cultura Organizacional e estratégias de mudanças recolocando estas questões no cenário brasileiro atual**. São Paulo: ERA, 1991.

COUTINHO, Carlos Roberto; MORAES, Giovanni; BENITO, J. **Normas Regulamentadoras Comentadas**: Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho. Rio de Janeiro, 4ª edição, 2003.

JORGE, Paulo Roberto Lagoeiro; LIMA Luciana Falcão Correia. Políticas da Qualidade no Setor Público: Fator determinante para a Melhoria da Produtividade na Indústria da Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XX ENEGEP, São Paulo, 2000. Anais...São Paulo // *CD-ROM*.

LANGDON, K.; OSBORNE, C.. **Como avaliar sua Equipe**. São Paulo: Publifolha, 2001.

LAS CASAS, Alexandre Luzzi. **Qualidade Total em serviços**: conceitos, exercícios, casos práticos. São Paulo: Atlas, 2 ed, 1997.

MARINS FILHO, Luiza A. **Socorro! Preciso de Motivação**: Dicas Semanais para o seu sucesso pessoal e empresarial. São Paulo: Ed. Harbra Ltda., 1995.

MATTOS, Ricardo Pereira de. **Laudo de Instalações Elétricas**. Site: O Endereço da Prevenção: Segurança e Saúde no Trabalho. Disponível em: <<http://www.ricardomattos.com/laudo.htm>> Acesso em: maio. 2003.

MAYNARD, H. B.. **Manual do Gerente de Empresa: Coordenador – supervisão e revisão**. São Paulo: Ed. da USP, 1974.

MELHADO, Silvio. O plano da Qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XIX ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999. Anais...Rio de Janeiro // *CD-ROM*.

MINTZBERG, H.. **Criando Organizações Eficazes**: Estrutura em cinco configurações. São Paulo: Atlas, 1995.

MORENO, H. Certificação Compulsória. **Revista Eletricidade Moderna**, São Paulo, n° 344, p. 228 – 229, novembro. 2002.

PRADA, Denise Fonseca; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Práticas da Gestão de Recursos Humanos no contexto da qualidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, XIX ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999. Anais...Rio de janeiro // *CD-ROM*.

RAMOS, Hugo Giacco; TURRIONI, João Batista; SOUZA, Luiz Gonzaga Mariano. Um Instrumento para Medição dos fatores Críticos do Gerenciamento da Qualidade Total. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, XIX ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999. Anais...Rio de janeiro // *CD-ROM*.

RIBEIRO, José Luis Duarte; FOGLIATTO, Flávio S.. **Confiabilidade de Componentes de Sistemas**. Rio Grande do Sul, 1999. Material de Suporte (Disciplina de Confiabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ROBLES JR, A. **Custos da Qualidade**: Uma estratégia para a competição global. São Paulo: Atlas, 1994.

RODRIGUES, Laura Dionísia do Monte; GUIMARAES, Valeska Nahas. A questão da criatividade no contexto da Gestão de Qualidade Total. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, XX ENEGEP, São Paulo, 2000. Anais...São Paulo // *CD-ROM*.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA. Sistema de Bibliotecas. **Normas para apresentação de documentos científicos, 2: Teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA. Sistema de Bibliotecas. **Normas para apresentação de documentos científicos, 6: Referências**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000.

APÊNDICE A

Check List de Montagem de Infra-estrutura

		Check List de Montagem de Infra-estrutura	
Cliente: Obra: Engenheiro Responsável: Projeto: Linha de montagem:			
Itens a serem conferidos			
Com relação a montagem de suportes:		Sim	Não
1 - No projeto de execução estão definidos detalhes dos suportes?			
2 - O material necessário para execução da atividade já foi pedido?			
3 - As ferramentas e equipamentos necessários para execução da atividadesjá estão na obra?			
4 - O local onde será realizada a montagem dos suportes está isolado?			
5 - Foram utilizadas medidas de segurança para prevenção de acidentes?			
6 - A localização onde serão instalados os suportes está correta?			
7 - Durante a montagem dos suportes foi observado algum problema com o projeto?			
8 - O alinhamento do suporte está correto (horizontal e vertical)?			
Com relação à montagem da infra-estrutura			
9 - No projeto está definido a especificação do material utilizado para infra-estrutura?			
10 - O material já se encontra na obra?			
11 - As ferramentas e equipamentos necessários para execução da atividade já estão na obra?			
12 - Foi encontrado algum problema com relação ao encaixe da infra-estrutura nos suportes?			
13 - O alinhamento da infra-estrutura está correto (horizontal e vertical)?			
14 - Foram realizados os retoques na infra-estrutura?			
15 - O local da atividade foi limpo após a realização da mesma?			
16 - A área de trabalho foi liberada?			
17 - Os projetos foram recolhidos e enviados ao escritório?			
Observações			
VERIFICAÇÃO			
Encarregado responsável:		Ass:	Data:
Engenheiro Responsável:		Ass:	Data:

