

A auditoria tecnológica como ferramenta de diagnóstico para equipes de manutenção de subestações de energia elétrica 34,5 / 13,8 kV: um estudo de caso da fase pré-implantação de um sistema de gestão da qualidade com referência normativa ISO 9001:2000

Marcos Surian Thomaz (CEFET-PR) marcos_surian@ig.com.br

Isaura Alberton de Lima (CEFET-PR) alberton@cefetpr.br

César Augusto Romano (CEFET-PR) caromano@cefetpr.br

Antonio Carlos de Francisco (CEFET-PR) acfrancisco@pg.cefetpr.br

Daniel Gueiber (COPEL) gueiber@copel.com

Resumo

Este artigo analisa a situação atual de duas equipes de manutenção de subestações, dentro de uma empresa de energia elétrica do sul do Brasil. Nestas equipes existe o planejamento de implantar um sistema de gestão da qualidade, com referência normativa ISO 9001:2000. Este fato se traduz em um projeto de pesquisa que está em andamento. Através de uma auditoria tecnológica, é levantado o estágio tecnológico em que se encontram as equipes. Relacionando esta auditoria realizada com os objetivos e situações que a empresa enfrenta no momento, chega-se à conclusão que é necessária a implantação de um processo de atualização tecnológica para se atingir um grau de qualidade que seja fator diferencial em relação à concorrência.

Palavras chave: Gestão da qualidade, ISO 9000, Pesquisa, Auditoria, Tecnologia.

1. Introdução

Este artigo analisa a situação atual de duas equipes de manutenção de subestações em uma empresa de energia elétrica do sul do Brasil, onde existe a proposta de implantar um sistema de gestão da qualidade, com referência normativa ISO 9001:2000. Esta implantação é objeto de um projeto de pesquisa que está em andamento. Através de uma auditoria tecnológica, é levantado o estágio tecnológico em que se encontram as equipes. Segundo a COTEC (1999), relacionando a auditoria tecnológica realizada com os objetivos e situações que a empresa enfrenta no momento, chega-se à conclusão que é necessária a implantação de um processo de atualização tecnológica para se atingir um grau de qualidade que seja fator diferencial em relação à concorrência.

2. Uma empresa do setor elétrico brasileiro

O marco regulatório para o mercado de energia elétrica brasileiro está mudando. O governo brasileiro está alterando algumas regras, possibilitando a concorrência entre concessionárias e o melhor atendimento aos clientes, principalmente industriais.

Foram criados os leilões de energia, tanto de energia velha como nova. A energia gerada por

usinas antigas, que já tiveram o seu investimento totalmente remunerado, é denominada energia velha. A energia gerada por usinas mais novas (tipicamente menos de 30 anos) e que ainda não foram totalmente remuneradas no seu investimento inicial, é chamada de energia nova. A energia velha é mais barata que a nova, e, com a intenção de fazer com que a tarifa para o consumidor seja módica e também justa para as empresas, esta fórmula de leilões foi adotada. Além disto, clientes na faixa de tensão de 138 kV (clientes livres) podem escolher de qual empresa comercializadora vão comprar energia. Neste ambiente de mudanças, as empresas devem ser competitivas para poderem se manter no mercado, buscando a qualidade do serviço como fator diferencial.

O caso estudado baseia-se em uma empresa distribuidora de energia elétrica do sul do Brasil. Duas equipes de manutenção de equipamentos de subestações, equipe de manutenção eletro-eletrônica e de manutenção eletro-mecânica, subordinadas à área de operação da empresa, têm entre seus objetivos estratégicos a certificação ISO 9001:2000 até o final do ano de 2006.

Esta iniciativa segue um plano iniciado com a certificação ISO 9001:2000 ocorrido na empresa, que teve início pela área de Atendimento ao Cliente em 1999, passando, na seqüência, pelos Centros de Operação e Programação de Desligamentos em 2002 e em paralelo com os processos de Manutenção de Redes e Serviços.

Deseja-se implantar um sistema de gestão da qualidade nas duas equipes, com referência normativa na ISO 9001:2000, visando futura certificação. Tendo um sistema de gestão implantado, a certificação seria um avanço natural e muito menos traumático.

Segundo Reber (1999), em seu estudo de caso ocorrido no Laboratório Federal de Testes e Pesquisa de Materiais da Suíça (EMPA), existia inicialmente um sistema da qualidade implantado na instituição, que servia para aquisição de credenciamento para os laboratórios de testes de materiais (certificação EN 45001), e não podia ser considerado para toda a organização pois alguns processos entre a presidência e os departamentos não estavam incluídos.

Buscando uma evolução natural e lógica, foram adotados, em seguida, um Manual de Gerenciamento (ao nível da diretoria de uma das unidades laboratoriais) e vários Manuais da Qualidade (para os vários departamentos), que constituíram um novo sistema da qualidade, e foram certificados pela norma ISO 9001:1994. Esta certificação ainda não englobou toda a organização pois se tratou somente de uma das unidades existentes.

Adotar-se-á na implantação deste sistema de gestão da qualidade um processo similar ao descrito por Reber (1999), por se tratar de um sistema parcial (somente para as duas equipes) e ainda formalmente sem receber a certificação ISO 9001:2000.

Segundo Minayo *et al.* (2004) o início de qualquer processo de pesquisa se caracteriza por uma fase exploratória, cujo fundamento é a construção do projeto de investigação. A proposta deste artigo é, realizando uma investigação inicial, verificar a situação atual das duas equipes utilizando-se a ferramenta de auditoria tecnológica. A idéia é realizar esta auditoria antes da implantação do sistema de gestão da qualidade, a fim de levantar a necessidade de melhorias nas duas equipes quanto ao estágio tecnológico.

3. A auditoria tecnológica

A Fundação COTEC para a Inovação Tecnológica é uma fundação de origem empresarial, com sede em Madri, Espanha, que tem como missão contribuir para o desenvolvimento do país mediante o fomento da inovação tecnológica na empresa e na sociedade espanholas. Em 1999, esta fundação publicou o manual TEMAGUIDE (*Pautas Metodológicas en Gestión de la Tecnología y de la Innovación para Empresas*). Segundo este manual, as auditorias são

ferramentas de diagnóstico, ou seja, são estudos ou inventários dos recursos, ativos, requisitos, sistemas e procedimentos de uma empresa. Podem ser de três diferentes tipos: de capacidades, de tecnologia e de inovação.

Ainda segundo a COTEC (1999), não é necessário utilizar nenhuma técnica específica para realizar uma auditoria. Deve-se relacioná-la com os objetivos e situações que a empresa enfrenta no momento. Além disto, a auditoria tecnológica é um conceito relativamente novo, e pode ser realizada documentando em um inventário a propriedade intelectual da empresa, bem como o conhecimento ou tecnologia requeridos para a implantação de um determinado projeto.

Baseando-se nestes dados, e considerando que uma auditoria tecnológica pode ser suficiente para identificar o conhecimento, os equipamentos e os elementos específicos de tecnologia que estão sendo utilizados neste momento (COTEC, 1999, pág. 45, tomo II), foram feitas entrevistas com os coordenadores das duas equipes de manutenção para definir critérios para a realização de uma auditoria tecnológica.

Dois critérios foram considerados relevantes: o estágio tecnológico dos equipamentos instalados nas subestações, que são objeto do serviço de manutenção das duas equipes, e a tecnologia do instrumental pertencente às equipes, utilizado para realizar a manutenção.

Com relação aos equipamentos instalados nas subestações, foram considerados três diferentes tipos para servirem de objeto de estudo: equipamentos de manobra, transformadores de força e reatores trifásicos de aterramento.

Os equipamentos de manobra são utilizados para ligar e desligar linhas de distribuição de energia, seja para fins de manobra, seja para proteção destas linhas em caso de falha. Quando são realizadas manobras em linhas para que sejam feitas manutenções em um trecho específico, utilizam-se equipamentos de manobras tais como disjuntores, chaves a óleo, gás ou vácuo e religadores automáticos (comumente chamados de RAs). Quando ocorre uma falha na linha ou rede de distribuição (um curto-circuito com um galho de árvore, por exemplo) os RAs são equipamentos responsáveis por proteger aquela linha, evitando um sobreaquecimento nos componentes e equipamentos de redes, linhas ou subestações e ainda evitando o agravamento do acidente com o atingimento de terceiros.

Os transformadores de força são os responsáveis pelo rebaixamento ou elevação dos níveis de tensão de operação das linhas de um sistema elétrico. Como as tensões mais altas (tipicamente 500 kV, 230 kV e 138 kV) oferecem menos perdas, elas são utilizadas nas linhas de transmissão de energia, que interligam as usinas geradoras aos grandes centros urbanos (grandes distâncias e locais pouco povoados). Nos centros urbanos, estas tensões são rebaixadas para 34,5 kV e 13,8 kV através dos transformadores de força existentes nas subestações, e utilizadas para alimentar as linhas e redes de distribuição (urbanas e rurais). Junto às usinas geradoras existem subestações cujos transformadores de força fazem o processo inverso de elevar a tensão de 13,8 kV para as tensões de transmissão (500, 230 e 138 kV).

Os reatores trifásicos de aterramento são equipamentos responsáveis por fornecer um referencial de terra ao sistema elétrico de potência. Se não existissem estes equipamentos instalados nas subestações, um curto-circuito que ocorresse entre uma linha de distribuição e a terra (um galho de árvore batendo em um dos cabos, um cabo caído no chão, entre outros) poderia não sensibilizar os equipamentos de proteção (RAs) e ocasionar um acidente de grandes proporções.

Retornando ao processo de auditoria, no caso dos equipamentos de manobra, foram considerados somente chaves a óleo, gás ou vácuo e RAs como objeto de estudo (a quantidade de disjuntores existentes é muito pequena comparada com o total de equipamentos). Levantou-se a quantidade de equipamentos de acordo com quatro características relevantes: a data de fabricação, o método de extinção do arco voltaico, o material isolante empregado e a

tecnologia empregada para comandar a proteção do RA (podendo ser hidráulico, através da pressão do óleo isolante, ou com controle eletrônico, responsável por interpretar os sinais existentes no equipamento e comandar a abertura dos contatos).

Para o caso de transformadores de força e reatores trifásicos de aterramento foi levantada a quantidade de equipamentos de acordo com a data de fabricação.

Em todos os casos as características levantadas denotam se o equipamento possui uma tecnologia avançada utilizada no seu processo de fabricação.

As tabelas 1 a 6 ilustram os resultados obtidos:

Ano de Fabricação	Porcentagem do total (%)
Entre 1970 e 1979	9,8
Entre 1980 e 1989	33,5
Entre 1990 e 1999	26,8
Após 2000	29,9

Tabela 1 – Data de fabricação dos equipamentos de manobra (RAs e chaves a óleo, gás ou vácuo)

Método de extinção do arco voltaico	Porcentagem do total (%)
Sopro magnético	3,2
Óleo isolante	56,7
Câmara a Vácuo	39,9
Sopro de gás SF ₆	0,2

Tabela 2 – Método de extinção do arco voltaico nos equipamentos de manobra (RAs e chaves a óleo, gás ou vácuo)

Material isolante	Porcentagem do total (%)
Óleo	80,6
Gás SF ₆	13,6
Epóxi	5,8

Tabela 3 – Material isolante dos equipamentos de manobra (RAs e chaves a óleo, gás ou vácuo)

Comando da proteção do RA	Porcentagem do total (%)
Comando hidráulico	11,5
Comando eletrônico com placas transistorizadas e CIs discretos	61,5
Comando eletrônico microprocessado	27,0

Tabela 4 – Tecnologia do controle dos RAs

Ano de Fabricação	Porcentagem do total (%)
Entre 1960 e 1969	22,6
Entre 1970 e 1979	50,9

Entre 1980 e 1989	18,9
Entre 1990 e 1999	5,7
Após 2000	1,9

Tabela 5 – Data de fabricação dos transformadores de força

Ano de Fabricação	Porcentagem do total (%)
Entre 1970 e 1979	33,3
Entre 1980 e 1989	37,0
Entre 1990 e 1999	16,7
Após 2000	13,0

Tabela 6 – Data de fabricação dos reatores trifásicos de aterramento

Em seguida, foi realizado o levantamento do estágio tecnológico do instrumental pertencente às equipes, utilizado para realizar a manutenção. Levantou-se a quantidade de instrumentos de acordo com sua data de fabricação. O levantamento dos microcomputadores e equipamentos de informática foi realizado em separado, por se tratar de equipamentos com vida útil menor que os instrumentos normalmente utilizados pelas equipes. Dentre estes instrumentos, podemos citar: testadores de rigidez dielétrica, de RAs, de relação de espiras, alicates volt-amperímetros, ensaiadores de fator de potência, multímetros, pontes Kelvin, geradores elétricos a óleo diesel (portáteis), seqüencímetros, cronômetros, micro-ohmímetros, mega-ohmímetros, higrômetros, entre uma infinidade de outros instrumentos utilizados para ensaiar equipamentos elétricos de potência.

As tabelas 7 e 8 ilustram os resultados obtidos:

Ano de Fabricação	Porcentagem do total (%)
Entre 1950 e 1959	0,5
Entre 1960 e 1969	4,6
Entre 1970 e 1979	16,9
Entre 1980 e 1989	20,5
Entre 1990 e 1999	34,2
Após 2000	23,3

Tabela 7 – Data de fabricação dos instrumentos para ensaios de equipamentos elétricos de potência

Ano de Fabricação	Porcentagem do total (%)
1995	7,7
1996	3,3
1997	2,2
1998	4,4

1999	23,1
2000	11,0
2001	4,4
2002	20,8
2003	1,1
2004	22,0
2005 (até julho)	0,0

Tabela 8 – Data de fabricação dos microcomputadores e equipamentos de informática

4. Análise dos resultados

Analisando os resultados obtidos individualmente por tabela, tem-se:

Na tabela 1, pode-se destacar a existência de equipamentos mais novos, construídos após o ano 2000 (29,9 %), mas também é grande a quantidade de fabricados nas décadas de 70 (9,8 %) e 80 (33,5 %).

Considerando-se que a vida útil destes equipamentos de manobra é de aproximadamente 20 anos (segundo coordenadores e componentes das equipes), tem-se um parque instalado parcialmente envelhecido, pois 43 % já estariam com mais de 15 anos de operação, chegando próximo do final ou já tendo ultrapassado sua vida útil.

Na tabela 2, sabendo que o sopro magnético para extinção de arco é uma tecnologia da década de 80 que não se mostrou muito confiável (equipamentos com alta taxa de falhas), nota-se que a grande maioria dos equipamentos (56,7 %) utiliza a extinção do arco por imersão em óleo isolante. Esta tecnologia é mais antiga (década de 60), mas se mostra eficaz para equipamentos somente de manobra (chaves a óleo), sem a função de proteção. Com relação às tecnologias mais novas (câmara a vácuo e sopro de gás SF₆) para equipamentos de proteção, elas são utilizadas em cerca de 40 % dos equipamentos. São, respectivamente, das décadas de 80 e 90, mas não apresentaram nenhuma tecnologia substituta até o momento. Pode-se concluir que os equipamentos estão razoavelmente atualizados com estas técnicas, mesmo elas não sendo recém-lançadas (menos de 5 anos).

Com relação à tabela 3, temos que a esmagadora maioria (80,6 %) utilizam óleo mineral como isolante elétrico. Esta tecnologia data da década de 60, mas ainda é muito utilizada. Muitos equipamentos apresentam isolamento a óleo e extinção do arco em câmara de vácuo. Este tipo de configuração ainda é adota em equipamentos recém-saídos de fábrica.

Cerca de 20 % dos equipamentos apresentam tecnologias mais novas (a partir da década de 90), tais como gás SF₆ e epóxi. Com relação a este item, pode-se concluir que os equipamentos estão atualizados tecnologicamente.

De acordo com a tabela 4, os equipamentos de comando hidráulico (tecnologia da década de 60) ainda estão presentes (11,5 %). Já os equipamentos com comando eletrônico com placas com componentes discretos são a maioria (61,5 %), e os controles eletrônicos transistorizados representam significativa quantidade (27,0 %). Os comandos eletrônicos com placas com componentes discretos são representantes de uma tecnologia com mais de 30 anos (década de 70) e os transistorizados datam da década de 90. Pode-se concluir que, quanto a este aspecto, os equipamentos são de tecnologia relativamente defasada, já que a maioria apresenta

tecnologia de quase 30 anos. Pode-se dizer que durante os últimos 10 anos vem ocorrendo uma renovação com tecnologia de ponta, muitas vezes associada à necessidade de automação dos equipamentos em instalações novas ou reformadas.

Analisando a tabela 5, observa-se que a maioria dos transformadores de força (cerca de 70 %) foi fabricado há mais de 25 anos. Considerando-se que a vida útil destes equipamentos é de aproximadamente 30 anos, a maioria está no fim da vida útil, ou já ultrapassou-a. É uma quantidade muito grande para equipamentos essenciais para o fornecimento de energia elétrica, representando ainda o equipamento com maior valor individual de todo sistema. Neste aspecto, estes equipamentos estão muito defasados tecnicamente.

Chega-se à mesma conclusão ao analisar a tabela 6. Os reatores trifásicos de aterramento possuem vida útil de aproximadamente 20 anos. Considerando-se que cerca de 70 % deles foi construído há mais de 15 anos, esta quantidade significativa está quase no fim, ou já venceu a vida útil.

Com relação aos instrumentos de ensaio (tabela 7), eles apresentam uma vida útil de cerca de 15 anos. Neste aspecto, tem-se que a maioria dos equipamentos (cerca de 57 %) está dentro da vida útil, apesar de que 40 % deles já apresenta vida útil vencida. Considera-se que as equipes estão relativamente defasadas neste aspecto.

Finalizando, analisando a tabela 8, tem-se que a vida útil de um microcomputador é de, no máximo, 5 anos. Vê-se que cerca de 40 % dos equipamentos de informática já ultrapassaram sua vida útil (adquiridos antes de 2000). Nesta mesma linha de análise, 15 % apresentam entre 3 e 5 anos de vida, e 45 % tem menos de 3 anos de uso. Neste campo é muito crítico apresentar uma alta quantidade de equipamentos com a vida útil vencida, já que é um mercado com alta taxa de crescimento tecnológico. Considera-se que as equipes estão defasadas tecnicamente apresentando uma situação como esta. Entretanto desde 2003 vem ocorrendo renovação do parque de informática, o que deverá ser concluído até o final de 2005.

5. Conclusões

Conforme as análises feitas da situação tecnológica das duas equipes de manutenção de subestações, em oito diferentes aspectos do estágio tecnológico, teve-se constatada grande defasagem tecnológica em três aspectos (idade dos transformadores de força, dos reatores trifásicos de aterramento e dos computadores e equipamentos de informática). Em quatro situações tem-se uma defasagem parcial (idade dos equipamentos de manobra, método de extinção do arco nestes mesmos equipamentos, comando da proteção nos RAs e idade do instrumental para ensaios). E somente em um ítem consideram-se as duas equipes atualizadas tecnologicamente (tipo de material isolante elétrico em equipamentos de manobra).

Segundo novamente a COTEC (1999), relacionando a auditoria tecnológica realizada com os objetivos e situações que a empresa enfrenta no momento, considera-se que as duas equipes devem passar por um processo de atualização de tecnologia, inserida, ou realizada em paralelo com a implantação do referido sistema de gestão da qualidade.

Esta atualização se faz necessária porque constatou-se uma defasagem tecnológica considerável, e, para se atingir um grau de qualidade que seja fator diferencial em relação à concorrência, é primordial um estágio tecnológico mais avançado.

Referências

REBER, K. (1999) – A combination of accreditation and certification in an evolving process at EMPA: A management system to meet ISO 9001, ISO 14001 and EN 45001. *Accreditation and Quality Assurance Journal for Quality, Comparability and Reliability in Chemical Measurement* Vol. 4, p.156-157.

ABNT (2000) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto NBR ISO 9004:2000*. Rio de

Janeiro.

MINAYO, M.C. DE S.; DESLANDES, S. F.; CRUZ NETO, O. & GOMES, R. (2004) – *Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade*. Vozes. 23ª Edição. Petrópolis.

COTEC. *Pautas Metodológicas en Gestión de la Tecnología y de la Innovación para Empresas* – TEMAGUIDE, tomo II, Valencia, Espanha, 1999, www.cotec.es.