

Capítulo II

Considerações sobre manutenção Aspectos relacionados à manutenção de equipamentos e de instalações

Por Marcelo Paulino*

No estabelecimento de um sistema de manutenção para um determinado processo produtivo ou um equipamento individual, devem-se estabelecer métodos buscando o desenvolvimento e a melhoria dos meios de execução das atividades realizadas pelo equipamento ou processo. Este texto discute modelos de planejamento de um sistema integrado de manutenção, apresentando as atividades desenvolvidas pelas equipes de manutenção e o conceito de manutenção.

Deve-se estabelecer uma ideia clara e uniforme dos conceitos e dos princípios em que se baseiam as atividades de manutenção e buscar novas tecnologias, equipamentos e ferramentas que facilitem essa atividade. Dessa forma, o conceito de manutenção também tem se aperfeiçoado, no passado era definida como o reestabelecimento das condições originais dos equipamentos/sistemas, hoje se define como a garantia da disponibilidade da função dos equipamentos/sistemas com disponibilidade e confiabilidade, segurança e preservação do meio ambiente, sempre ao menor custo possível.

Conceito de manutenção

AABNT NBR 5462/94 define a manutenção como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Nestes termos, “manter” significa “fazer tudo o que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido”.

Assim, tem-se que a manutenção pode ser encarada como um conjunto de atividades onde se devem estabelecer todas as ações necessárias para manter um item em funcionamento, ou restabelecer seu funcionamento, segundo a finalidade para qual ele se destina, em condições satisfatórias. Este conjunto de atividades se caracteriza pela formação de um quadro de mão de obra qualificada e da implementação de um sistema, o qual integre todas as áreas da empresa, em prol do aumento da produtividade e diminuindo os custos

de produção. Tecnicamente, tem-se a utilização de sistemas e equipamentos que facilitem a detecção de problemas.

Portanto, uma definição mais atual poderia ser: um conjunto de ações de gestão, técnicas e econômicas, aplicadas ao bem, com o objetivo de mantê-lo, aumentando seu ciclo de vida. Uma comparação entre o conceito de manutenção convencional e o conceito aplicado hoje é descrito por Kardec e Lafraia (2002), em que “até pouco tempo, o conceito predominante era de que a missão da manutenção era de restabelecer as condições originais dos equipamentos/sistemas. Hoje, a missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo”.

A importância da manutenção

Na indústria, o capital empregado em máquinas e equipamentos é elevado e, portanto, é interessante que essas máquinas e equipamentos ofereçam uma

produção satisfatória, tanto em termos de eficiência quanto em termos de tempo em que estes estarão aptos a operar.

A Associação Brasileira de Manutenção (Abraman) destaca em pesquisa o crescimento, nos últimos anos, da utilização de métodos de engenharia de manutenção, como a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e seis sigmas. A engenharia da manutenção é considerada um tipo de manutenção, pois é a adoção de técnicas e ferramentas de gestão que são aplicados no dia a dia da função. Uma gestão estratégica da manutenção avança do nível mais baixo de planejamento, ou seja, manutenção corretiva não planejada, para o nível mais alto, a engenharia de manutenção. A mesma pesquisa aponta que a relação entre o custo da manutenção pelo faturamento bruto da empresa fica em torno de 4% na série histórica de 1999 a 2011. Observa-se tendência de queda na proporção custo total da manutenção/faturamento bruto. Essa é uma tendência nas empresas brasileiras, à medida que se emprega tipos de manutenção mais eficazes, embora o alto custo inicial, a médio e longo prazo, reduz-se

o comprometimento do faturamento bruto. Entretanto, torna-se evidente a importância da manutenção no orçamento empresarial.

Uma boa manutenção reduz perdas de produção porque visa assegurar a continuidade da produção, sem paradas, atrasos, perdas e assim entregar o produto em tempo hábil. Em resumo, a manutenção é de grande importância, porque:

- aumenta a confiabilidade, pois a boa manutenção resulta em menos paradas de máquinas;
- melhora a qualidade, já que máquinas e equipamentos mal ajustados têm mais probabilidade de causar erros ou baixo desempenho e podem causar problemas de qualidade;
- diminui os custos, devido ao fato de que, quando bem cuidados, os equipamentos funcionam com maior eficiência;
- aumenta a vida útil, mesmo com cuidados simples, como limpeza e lubrificação, garantem a durabilidade da máquina, reduzindo os pequenos problemas que podem causar desgaste ou deterioração;
- melhora a segurança, pois máquinas e equipamentos bem mantidos têm menos chance de se comportar de forma não previsível ou não padronizada, evitando, assim, possíveis riscos ao operário.

As atividades de manutenção

A divisão clássica das atividades de manutenção é aquela em que se tem a corretiva, a preventiva, a preditiva e a sistemática. Diversos autores têm oferecido classificações como:

- Manutenção corretiva
- Manutenção preventiva
- Manutenção preditiva
- Manutenção Produtiva Total (TPM)

A manutenção corretiva é a forma mais primária de manutenção e é realizada após a ocorrência de um defeito qualquer, o qual, em geral, torna indisponível o equipamento. Naturalmente, isto implica desligamentos fora de previsão, em momentos pouco adequados, levando, por vezes, a prejuízos consideráveis.

A manutenção preventiva é o conjunto de atividades desenvolvidas visando à solução para ocorrência de

condições insatisfatórias, ou, se ocorrerem, evitar que se tomem cumulativas. Resultam em reduzir a necessidade de se adotarem ações corretivas.

A manutenção sistemática é aquela que se caracteriza pela substituição de componentes dos equipamentos ou de todo ele. Entretanto, com o desenvolvimento da Manutenção Produtiva Total (TPM) inicia-se o planejamento de um sistema de manutenção integrado com todo o processo produtivo, onde a manutenção não mais figura como uma atividade secundária, e sim como um sistema onde ocorra uma melhoria na aplicação dos diversos métodos de manutenção, buscando aperfeiçoar os fatores técnicos e econômicos da produção.

Na realidade, a nomenclatura não é o mais importante, embora gere confusões, mas, sim, o conceito. Isso permite a escolha do tipo mais conveniente para um determinado equipamento, instalação ou sistema. Uma classificação proposta bastante adequada e difundida em relação aos tipos de manutenção é:

- Manutenção corretiva não planejada
- Manutenção corretiva planejada
- Manutenção preventiva
- Manutenção preditiva
- Manutenção detectiva
- Engenharia de manutenção

Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é a forma mais primária de manutenção. Na realidade, é a reparação de instalações e equipamentos, geralmente de emergência, sendo, normalmente, realizada após a ocorrência de um problema qualquer, o qual os torna indisponíveis. De acordo com a ABNT NBR 5462/94, ela é “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida”.

De qualquer forma, o objetivo é a atuação para correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Portanto, podemos então definir como manutenção corretiva não planejada a correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou defeito após a ocorrência do fato. Esse tipo de manutenção implica em altos custos, pois causa perdas de produção; a extensão dos danos aos equipamentos é maior. Naturalmente, isto implica desligamentos fora de previsão, em momentos pouco adequados, uma

extensão maior dos danos aos equipamentos e levando, por vezes, a prejuízos consideráveis.

A evolução desse processo é a manutenção corretiva planejada. Consiste na atividade de manutenção em função de um acompanhamento preditivo, detectivo, ou até pela decisão gerencial de se operar até a falha. Consequentemente, esse tipo de manutenção é planejado e, deste modo, acarreta menor custo, mais segurança e maior rapidez na atuação.

A organização, planejamento e controle são fatores que proporcionam a confiabilidade no investimento de manutenção, ou seja, são pontos vitais para a sobrevivência da manutenção e seus resultados.

Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isso em condições operacionais ou em estado de defeito. Ainda define-se como a manutenção efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação de um funcionamento de um equipamento. A ABNT NBR 5462/94, por sua vez, define como a manutenção efetuada em intervalos pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Um plano de manutenção preventiva é um conjunto de ações executadas em intervalos fixos ou segundo critérios preestabelecidos. Tem como meta principal a redução ou eliminação de falhas ou defeitos nos equipamentos ou sistemas, além de evitar que se tornem cumulativas, resultando em redução da necessidade de se adotarem ações corretivas, com finalidade de evitar quebras e paradas desnecessárias no processo, tornando-o mais confiável e capaz, com maior produtividade e qualidade. Fundamentalmente, a manutenção preventiva deve agir com antecedência para acabar ou diminuir as causas potenciais de falhas nos equipamentos.

Para tal, deve conter um conjunto de medições tecnicamente adequadas, as quais devem ser selecionadas entre uma grande variedade de alternativas; além disto, é necessário que se associe confiabilidade e custo com um programa de atividades compatíveis.

Naturalmente, as medidas preventivas são endereçadas para as causas mais comuns de faltas dos equipamentos de certa instalação. Nasce então a necessidade das equipes de manutenção estar dotadas de sistemas de teste capazes de simular as causas mais comuns de faltas e propiciar uma pesquisa sólida de defeitos, no menor tempo possível.

Quando a manutenção preventiva baseia-se em intervalos de tempo, é conhecida como Manutenção Baseada no Tempo (Time Based Maintenance – TBM).

Atente-se para o fato de que definir os intervalos entre intervenções em cada equipamento é um dos aspectos mais problemáticos para uma boa preventiva. Como há dúvida sobre os tempos mais adequados, há a tendência de se agir com conservadorismo e, assim, tais intervalos, normalmente, são menores que o necessário, implicando em paradas e troca de peças desnecessárias.

A seguir é transcrito o resultado de pesquisa realizada pelo Cigré Brasil com a colaboração de 12 empresas de transmissão, geração e distribuição entre os meses de agosto e setembro de 2012, sobre práticas de manutenção baseada no tempo. Os resultados das práticas de manutenção realizadas nestas empresas validaram o apresentado na pesquisa realizada pelo Cigré internacional. Dos resultados apresentados nesta pesquisa pode-se destacar que as práticas de manutenção variam significativamente entre os usuários do transformador. Os fatores possíveis que podem influenciar nas práticas de manutenção são:

- Características e especificações do transformador;
- A qualidade dos componentes instalados no transformador;
- A função exigida do transformador (carga, operação do CDC);
- O ambiente em que o transformador está instalado (temperatura, umidade);
- O índice histórico de falhas do transformador e tipos de falha;
- O nível de redundância do transformador e as consequências de sua indisponibilidade;
- A modalidade de falha e os seus efeitos na segurança da subestação;
- A cultura e o foco de companhia baseados na manutenção;

- A disponibilidade e os custos de trabalho;
- O grau de implementação de tecnologias modernas;
- A presença de um programa de otimização da manutenção.

A Tabela 1 resume as práticas de manutenção típicas que foram relatadas na pesquisa. Caberá a cada usuário determinar que nível de manutenção seja apropriado dependendo da situação. Pode-se igualmente notar que o nível de manutenção pode ser diferente para cada

ação realizada no mesmo grupo de transformadores, dependendo de cada situação particular.

A designação do intervalo de manutenção como leve, regular e intensivo refere-se à intensidade da realização das atividades de manutenção posto que muitos fatores influenciam na política de manutenção. Portanto, a Tabela 2 descreve os três diferentes níveis.

TABELA 1 – PESQUISA DO CIGRÉ INTERNACIONAL: RESULTADOS ENTRE MANUTENÇÕES ADOTADAS (CIGRÉ BRASIL, GT A2.05, 2013)

AÇÃO	INTERVALO DE MANUTENÇÃO			COMENTÁRIO
	REGULAR	LEVE	INTENSIVO	
Inspecção visual	6 meses	1 mês	1 ano	Em operação
Inspecção visual detalhada	1 ano	3 meses	1 semana	Em operação
Análise dos gases dissolvidos	2 anos	1 ano	3 meses	A periodicidade pode variar com a instalação de sistema de monitoramento
Teste físico-químico do óleo	6 anos	2 anos	1 ano	
Limpeza do sistema de resfriamento	Condicional	Condicional	Qualquer intervalo	O desligamento do equipamento poderá ser necessário
Verificação de acessórios	12 anos ou condicional	6 – 8 anos	1 – 2 anos	Com desligamento do equipamento
Ensaio elétrico básico	Condicional	Condicional	Qualquer intervalo	Com desligamento do equipamento
Ensaio de isolamento (Fator de potência)	Condicional	6 – 8 anos	2 – 4 anos	Com desligamento do equipamento
Inspecção interna do CDC	12 anos	6 – 8 anos	4 anos	Considerar recomendações do fabricante, número de operações e tecnologia empregada

TABELA 2 – INTERVALOS DE MANUTENÇÕES VERSUS CARACTERÍSTICAS (CIGRÉ BRASIL, GT A2.05, 2013)

INTERVALOS DE MANUTENÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Leve	<ul style="list-style-type: none"> • Transformadores equipados com componentes que são conhecidos por serem muito confiáveis; • Baixa carga e baixo número de operações de comutadores de tap; • O transformador não opera em um ambiente agressivo; • Tecnologias avançadas do transformador exigem menos manutenção; • Baixas consequências em caso de falha;
Intensivo	<ul style="list-style-type: none"> • Componentes que são conhecidos por exigirem atenção frequente; • Carga elevada, número elevado de operações do comutador sob carga; • Transformador que operam em ambiente agressivo; • Graves consequências em caso de falha inesperada;
Regular	<ul style="list-style-type: none"> • Qualquer situação que esteja entre os níveis anteriores.

Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é composta pelas tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentar prever a proximidade da ocorrência da falha. A ABNT NBR 5462/94, por sua vez, define como “aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir a um mínimo as manutenções corretivas e preventivas”.

A manutenção preditiva é o conceito moderno de manutenção, na qual emprega-se um conjunto de atividades de acompanhamento de determinados elementos, das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando definir a necessidade ou não de intervenção.

Este tipo de manutenção baseia-se na possibilidade de previsão da ocorrência de uma falha ou defeito, por meio de vários métodos que envolvem desde equipamentos modernos de medição e análise até a pura observação do comportamento do equipamento. A manutenção preditiva visa substituir, se possível, a manutenção preventiva, assim como, reduzir ao máximo as intervenções corretivas. No entanto, se os seus resultados indicarem a necessidade, ocorrerá a Manutenção Baseada na Condição (Condition Based Maintenance – CBM).

Algumas empresas adotam uma classificação em que a preventiva engloba a Manutenção Baseada no Tempo

e a Manutenção Baseada na Condição. Isso significa, na realidade, que a manutenção preditiva pode ser encarada como uma subárea da manutenção preventiva. No entanto, apresenta algumas características específicas:

- Não é necessário que haja o desligamento do equipamento para a sua aplicação;
- Não há o dano do equipamento, como no caso da corretiva;
- Não se baseia em informações sobre a durabilidade de certo componente.

A manutenção preditiva permite maior tempo de operação dos equipamentos e o planejamento das intervenções de manutenção com base em dados e não em suposições, promovendo o mínimo de paradas. Entretanto, esse processo necessita de acompanhamentos, monitoramentos e inspeções periódicas, por meio de instrumentação específica, além de procedimentos adequados para obtenção de dados. Outro ponto é a necessidade de profissionais especializados para execução das atividades. Esse cenário causa aumento significativo de custos.

Manutenção detectiva

A manutenção detectiva efetua um processo de monitoramento dos dados do sistema por meio de informações dos sistemas de medida, proteção e comando, buscando detectar falhas, defeitos ocultos ou não perceptíveis para o pessoal de operação e manutenção. À medida que ocorre o aumento da utilização de dispositivos eletrônicos inteligentes nos sistemas de proteção, controle e automação nas instalações, maior será a capacidade de atuação da manutenção detectiva para garantir a confiabilidade e a manutenção da instalação.

Uma grande vantagem da manutenção detectiva é a verificação do sistema sem parada de operação, possibilitando uma correção da não conformidade encontrada com o sistema em operação. Sua desvantagem consiste na necessidade do uso de modernos sistemas de controle e automação e a excelência dos profissionais com treinamento e com habilitação para execução do trabalho. Esse tipo de manutenção é novo e, por isso mesmo, muito pouco mencionado no Brasil.

Engenharia de manutenção

Conforme já descrito anteriormente, a Engenharia de

Manutenção é definida como o conjunto de atividades que permite o aumento de confiabilidade e garantia de disponibilidade. Basicamente é adotar procedimentos para diminuir as atividades corretivas, eliminando problemas crônicos, melhorando os padrões e processos, além de desenvolver a “manutenibilidade”, ou seja, dotar a instalação de características como facilidade, precisão, segurança e economia na execução de ações de manutenção.

A engenharia de manutenção procura obter soluções definitivas para eliminar ou diminuir o máximo possível a ocorrência de defeitos ou falhas no sistema ou equipamento. Dado um evento, estudam-se as possíveis causas e realizam-se ações que resultem em uma modificação do componente e eliminação do mesmo. A engenharia de manutenção utiliza os dados obtidos nas demais atividades de manutenção para implementação das melhorias.

Outras atividades relacionadas ao sistema de manutenção

Outras atividades que se relacionam com o conceito de manutenção, porém não estão inclusas nas definições clássicas, são o comissionamento, a inspeção e a recepção de equipamentos.

A recepção é o conjunto de atividades desenvolvidas para a colocação de uma instalação ou equipamento em operação. Tais atividades caracterizam-se pelo acompanhamento e execução dos serviços e encargos referentes às diversas fases por que passa uma instalação, desde a fase de planejamento até a fase de entrada em operação comercial.

O comissionamento é uma etapa das atividades de recepção, que consiste em fazer verificações e executar ensaios que demonstrem estarem todos os equipamentos e instalações de acordo com o projeto e funcionamento dentro das garantias contratuais e especificações, antes da entrada em operação comercial. Por outro lado, observe-se que, normalmente, os equipamentos comprados são ensaiados na fábrica e, dependendo do seu grau de importância e custo, é necessário que o comprador verifique se o fabricante atende as normas e dispositivos contratuais. Assim é necessário inspecionar a execução de tais atividades.

Nesse sentido, é possível levantar a questão sobre o fato de que se o equipamento já foi ensaiado na fábrica, por que testá-los antes da entrada em operação?

Os motivos são variados, ou seja, os testes permitem:

- Verificar se o equipamento não foi danificado no transporte;
- Verificar se o equipamento, quando armazenado à espera de montagem, não sofreu qualquer avaria (corrosão, umidade, danos, etc.);
- Verificar aspectos corretos de montagem e alguns testes do fabricante.

Tem-se ainda que os objetivos principais do comissionamento são:

- Fazer verificações e executar os ensaios que demonstrem estar sendo ligados ao sistema, para operação comercial, equipamentos e instalações em condições de manter o nível de confiabilidade, continuidade e segurança exigidos de acordo com o projeto e funcionamento dentro das especificações e garantias contratuais;
- Levantar características, aferir e ajustar todos os componentes dos diversos circuitos de controle, proteção, medição, supervisão, etc.;
- Registrar valores iniciais dos parâmetros determinantes de cada equipamento, indispensáveis ao estabelecimento de um sistema confiável de manutenção e controle;
- Verificar a fidelidade dos desenhos finais e fornecer subsídios para elaboração dos desenhos “como construído” (As built);
- Garantir a segurança do pessoal e dos equipamentos;
- Estabelecer os limites operativos confiáveis para os diversos equipamentos;
- Completar o treinamento específico da equipe técnica responsável pela operação e manutenção da instalação;
- Garantir a segurança da energização inicial;
- Assegurar o fornecimento das peças reservas, acessórios e ferramentas especiais previstas em contrato;
- Orientar os órgãos das áreas financeiras quanto aos itens a serem capitalizados/patrimoniados;
- Transferir para os órgãos responsáveis a responsabilidade pela guarda, operação e manutenção da instalação.

Ciclo de operação e manutenção de transformadores

Caso seja detectada alguma não conformidade no transformador, técnicas adequadas são utilizadas para determinar sua extensão ou gravidade. Os resultados serão utilizados para subsidiar a decisão de intervenção,

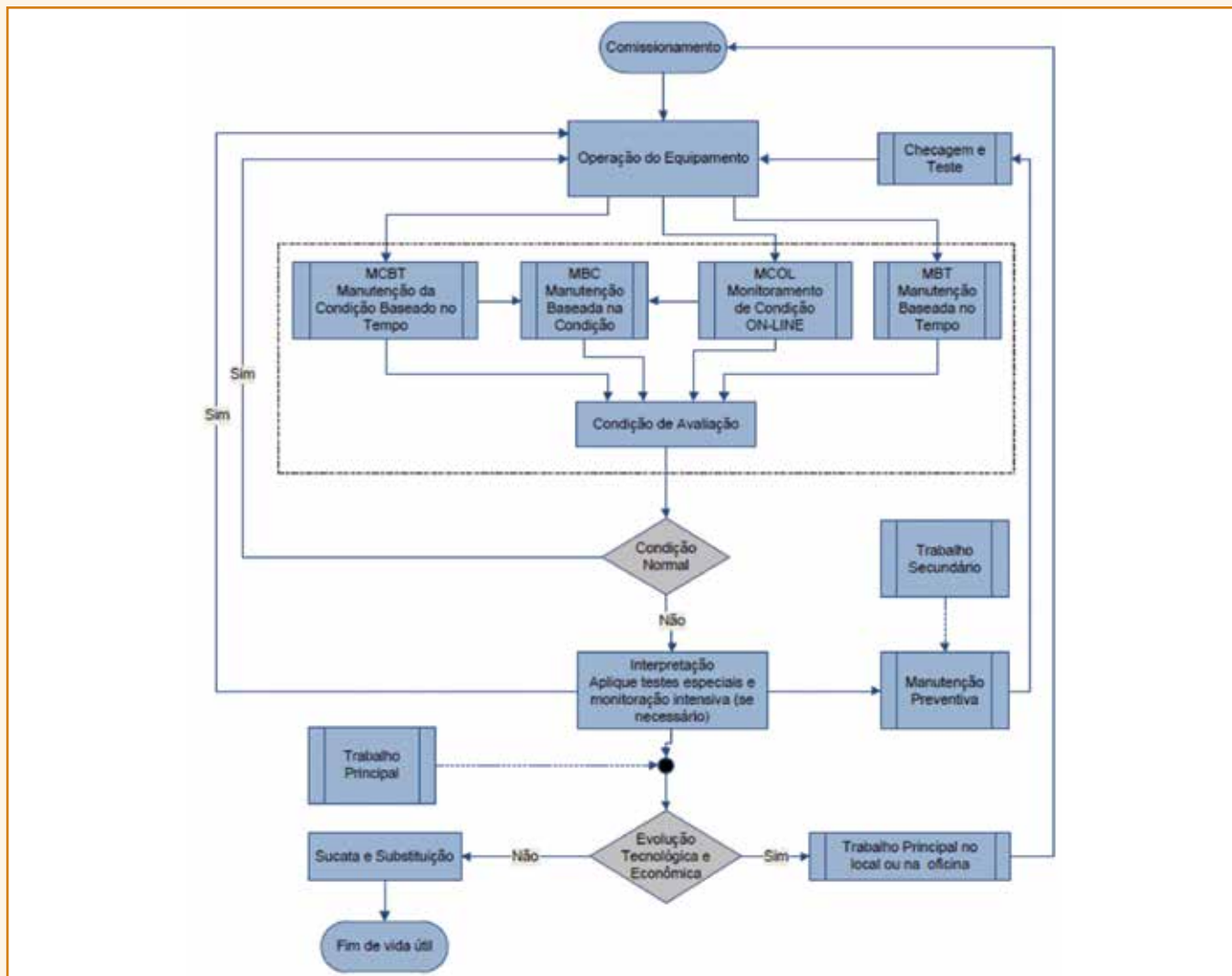


Figura 1 – Ciclo de operação e de manutenção do equipamento, desde o seu comissionamento até o fim de sua vida útil (Cigré Brasil, GT A2.05, 2013).

manutenção corretiva ou retorno à operação. A Figura 1 mostra um fluxograma com o ciclo de operação e manutenção de transformadores.

Referências

- PAULINO M. E. C. Considerações sobre modelos de sistema integrado de manutenção e testes automatizados de proteção Elétrica. Congresso Brasileiro de Manutenção – ABRAMAN, 2005.
- ALMEIDA, A. T. L.; PAULINO M. E. C. Manutenção de transformadores de potência. Curso de Especialização em Manutenção de Sistemas Elétricos – UNIFEI, 2012.
- FERREIRA, A. B. H. Novo Aurélio – O Dicionário da Língua Portuguesa – Século XXI. São Paulo: Ed. Nova Fronteira, 2001.
- ABNT NBR 5462. Confiabilidade – terminologia. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1994.
- KARDEC, Alan; LAFRAIA, João. Gestão estratégica e confiabilidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, ABRAMAN. 80 f., 2002.
- ABRAMAN, Associação Brasileira de Manutenção. A situação da manutenção no Brasil – documento nacional 2011, 26º Congresso

Brasileiro de Manutenção, Curitiba, 2011.

- NEPOMUCENO, L. X. Técnicas de manutenção preditiva. São Paulo: Edgard Bluche, v. 1, 501 f., 1989.
- GT A2.05. Guia de manutenção para transformadores de potência. CIGRE Brasil – Grupo de Trabalho A2.05, 2013.
- WG A2.34. Guide for transformer maintenance. CIGRE Internacional, Working Group A2.34, 2011.
- BATITUCCI, M. D. Comissionamento a primeira atividade de manutenção. Manutenção, n. 28, jan./fev. 91, p. 31-38.

*MARCELO EDUARDO DE CARVALHO PAULINO é engenheiro eletricista e especialista em manutenção de sistemas elétricos pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá (EFEI). Atualmente, é gerente técnico da Adimarco | mecpaulino@yahoo.com.br.

Continua na próxima edição

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osestoreletrico.com.br
 Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeditorial.com.br