



International Copper
Association Latin America
Copper Alliance



Guia básico para implantação da gestão de ativos em empresas de energia

TEXTO ORIGINAL EM PORTUGUÊS ELABORADO POR:

MARISA ZAMPOLLI

REVISADO E SUPERVISIONADO POR:

GLYCON GARCIA JR.

DIREITOS AUTORAIS

© 2012 International Copper Association

ESCLARECIMENTOS

Apesar deste documento ter sido preparado com os devidos cuidados, o ICA e qualquer outra instituição participante não se responsabilizam pelas informações e análises apresentadas que devem ser creditadas diretamente aos autores do estudo.

Este estudo não restringe e não dispensa a consulta e leitura integral da especificação britânica PAS-55 (Publicly Available Specification number 55) da British Standards Institution [1].

As citações e referências a PAS-55 e aos estudos de casos foram autorizados pelas respectivas organizações.

International Copper Association
Latin America

Av. Vitacura 2909, Oficina 303
Las Condes, Santiago
Chile

www.procobre.org

Conteúdo

Prefácio.....	5
Sumário Executivo	6
Introdução	9
Passo 1: Atender requisitos gerais para as melhores práticas de gerenciamento de ativos.....	9
<i>O que são facilitadores e controles da gestão de ativos?</i>	15
<i>Mas como definir quais são os ativos críticos e não críticos em empresas de energia?</i>	19
Passo 2: Gerenciar riscos e seus impactos	22
<i>Metodologia sugerida para o gerenciamento de riscos</i>	22
<i>Análise econômica na gestão de ativos: uma visão geral em relação aos riscos</i>	26
Passo 3: Monitorar as condições e desempenho dos ativos críticos no ciclo de vida	30
a) Planejamento:	31
b) Projeto	31
c) Aquisição	31
d) Início de operação e utilização dos ativos	32
e) Operação e Manutenção	32
f) Descarte e/ou substituição	38
<i>As razões para a substituição de equipamentos</i>	39
<i>Vida econômica e vida útil de um ativo</i>	40
Passo 4: Investigar falhas, incidentes e não conformidades relacionadas aos ativos críticos.....	41
a) Análise dos modos e efeitos de falha	41
b) Análise da Causa Raiz	42
Passo 5: Efetuar análises econômica e dos custos do ciclo de vida de ativos críticos	44
Passo 6: Tomar decisões e buscar a melhoria contínua	51
Conclusões e recomendações para as empresas de energia.....	55
Conclusões e recomendações para o ICA.....	55
Bibliografia	57

Guia básico para implantação da gestão de ativos em empresas de energia

Prefácio

Este documento tem por objetivo constituir um apoio na interpretação e aplicação dos principais conceitos de gestão de ativos exclusivamente para empresas concessionárias de energia elétrica sob a ótica dos principais requisitos prescritos na especificação britânica PAS-55 (Publicly Available Specification number 55) da British Standards Institution [1]. Trata-se de um guia prático de orientação e interpretação de alguns dos requisitos deste referencial que não dispensa sua consulta e leitura atenta para a total compreensão do sistema de gestão.

Com a publicação deste Guia, a ICA – International Copper Association, pretende contribuir para que as concessionárias interessadas na implementação ou atualização de sistemas ou métodos de gestão de ativos disponham de um elemento orientador para a interpretação livre da especificação PAS -55 e deve ser visto como um apoio que não exclui a necessidade de consulta à norma original, já que apresenta sugestões e exemplos que não exaurem todas as possibilidades de aplicação da especificação no âmbito do setor elétrico.

Alguns parágrafos do presente documento fazem menção a itens da especificação britânica PAS-55, neste caso o número do item correspondente que deve ser consultado na norma para maior entendimento é apresentado entre chaves e em vermelho, por exemplo: {14.7}, indica que o item 14.7 da PAS-55 foi citado e deve ser consultado.

Sumário executivo

A gestão de ativos é uma novidade no setor público e privado originalmente proveniente de técnicas de gerenciamento utilizadas no mercado financeiro e aplicadas em ambientes competitivos e de alto risco como aviação civil, indústrias de equipamentos hospitalares com alta tecnologia e usinas nucleares.

Em relação às empresas de infraestrutura, o gerenciamento de ativos é de fundamental importância, pois está relacionado à forma de administrar os riscos com eficiência, tomar decisões de investimentos capazes de acarretar o máximo rendimento dos ativos, reduzir perdas e garantir confiabilidade e qualidade dentro de um mercado regulado e exigente.

A motivação para a elaboração deste documento surgiu no final de 2011 quando a International Copper Association (ICA), atenta às tendências do setor elétrico, elaborou uma pesquisa sobre o estado atual da gestão de ativos em seis países da América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México e Peru)[2].

A pesquisa realizada em 30 empresas e 6 órgãos reguladores constatou que poucas empresas possuem uma estratégia clara e um plano oficial de substituição, renovação ou reforço de ativos capaz de propiciar a qualidade e confiabilidade exigida e ao mesmo tempo gerar a rentabilidade e lucratividade esperada pelos acionistas. Este panorama deve-se em parte às dificuldades de acessar e implantar as boas práticas de gestão de ativos.

Em empresas que já praticam a gestão de ativos nota-se maior domínio do gerenciamento de riscos em cada nível (estratégico, tático e operacional) e uma capacidade de demonstrar aos órgãos reguladores sistemas estruturados, de alta confiabilidade e qualidade que podem superar o desempenho exigido pelo mercado.

Esta nova abordagem trouxe uma vantagem competitiva para tais empresas através de um melhor desempenho técnico e financeiro, da visão estratégica do negócio, do melhor equilíbrio entre retorno e riscos e do aumento da confiabilidade do sistema como todo.

O sistema de gestão permite indicar quais ações nos ativos agregam maior valor econômico para as empresas, melhoram a qualidade do serviço e aumentam a confiabilidade do sistema elétrico, além de agregar valor para todos os segmentos, pois para os clientes é a forma de obter uma energia de qualidade por um preço justo, para os órgãos reguladores é a garantia que a empresa está investindo corretamente e sem desperdícios na melhoria de seu desempenho e para os acionistas é a certeza que seus ativos são operados e mantidos de forma consistente com o objetivo de gerar a mais alta taxa de retorno de seus investimentos.

Com a gestão de ativos, ganhos de eficiência energética podem ser alcançados pelo lado da oferta, melhorando a produção de eletricidade e reduzindo as perdas na transmissão e distribuição, mas para que isto seja alcançado é fundamental utilizar equipamentos de alta eficiência.

O cobre devido a suas características de condutividade elétrica, resistência mecânica, flexibilidade, resistência à corrosão e relação custo-benefício, é o metal mais utilizado em equipamentos eficientes e sua capacidade de ser reciclado várias vezes sem perda de propriedades ou desempenho faz com que seja um elemento sempre presente em todas as etapas do gerenciamento de ativos no setor elétrico. Soluções técnicas baseadas na utilização de cobre mostram-se como oportunidade para viabilizar a substituição ou renovação de equipamentos obsoletos e ineficientes que ainda permanecem na infraestrutura do sistema elétrico.

Entretanto, para que a aplicação de produtos de cobre seja beneficiada pela gestão de ativos no setor elétrico, é necessária uma ação integrada dos stakeholders envolvidos em todo o processo, que incentive a elaboração de normas e procedimentos para a determinação de padrões internacionais e nacionais de qualidade da gestão.

Atualmente a referência mais conhecida e utilizada é a especificação britânica PAS-55 (Publicly Available Specification number 55) da British Standards Institution, criada em 2004 [1] e que apresenta as diretrizes e os requisitos para uma abordagem de gestão muito bem estruturada com elevados níveis de visibilidade operacional, que possibilita a gestão empresarial de forma otimizada e sustentável.

A estrutura de gestão proposta por esta especificação é baseada nos seguintes itens:

- Requisitos gerais
- Política da gestão de ativos
- Planos, objetivos e estratégias.
- Controles e facilitadores
- Implementação dos planos de gestão de ativos através das atividades do ciclo de vida
- Avaliação e melhoria de desempenho
- Análise crítica através da revisão do processo de gestão de ativos

O presente guia propõe uma orientação básica, mas não esgota todas as possibilidades, técnicas de aplicação e ferramentas disponíveis para que um sistema de gestão de ativos completo possa ser implantado, não excluindo também a necessidade de consulta à especificação original.

Este documento foi elaborado sob a ótica da especificação britânica para que um sistema de gestão de ativos básico possa ser implantado através de seis passos ou etapas, considerando as particularidades das empresas de energia.



Figura 1: Etapas propostas para implantar a gestão de ativos em uma empresa de forma básica e genérica

Os temas abordados por este documento permitem esclarecer as seguintes questões fundamentais em um sistema de gestão de ativos:

- Como identificar o melhor momento para substituir um ativo crítico?
- Como avaliar os riscos em manter um ativo em final de vida útil?
- Como analisar o ciclo de vida de um equipamento crítico?

Com um sistema de gestão completamente implantado e em funcionamento, é possível conhecer o ciclo de vida e os custos envolvidos (diretos e indiretos) ao longo do tempo, o que permite que decisões certas sejam tomadas no tempo certo.

O gerenciamento de ativos nas empresas de energia elétrica da América Latina é uma excelente oportunidade para o ICA, pois a adoção de um sistema de gestão completo seguindo as diretrizes dos padrões internacionais intensifica o uso de equipamentos de alta eficiência que reduzem os custos de manutenção e interrupção durante o ciclo de vida e propiciam maior rendimento em relação aos investimentos iniciais.

Introdução

Atender os requisitos da PAS-55 e buscar a melhoria contínua do processo significa que as empresas estão exercitando boas práticas da gestão de ativos a partir de uma referência internacional.

O objetivo da ICA - International Copper Association ao lançar este guia prático é fornecer orientações para que as empresas possam melhor entender os principais conceitos da gestão de ativos tais como: análise do ciclo de vida, análise econômica e gestão de riscos.

O guia não se destina a prescrever abordagens, métodos ou ferramentas obrigatórias, mas busca esclarecer o que é proposto na especificação britânica através de exemplos, práticas adotadas e ferramentas utilizadas por empresas, não somente do setor elétrico, mas também indústrias e outros segmentos de serviços.

A proposta do guia é desenhar um caminho ou trilha que possibilite a visão básica para uma empresa implantar um sistema de gestão de ativos através de etapas ou “passos” descritos a seguir.

Passo 1: Atender requisitos gerais para as melhores práticas de gerenciamento de ativos

Os ativos para uma empresa de energia são o cerne do negócio, pois, sem os ativos a geração, transmissão e distribuição não acontecem.

Pode-se dizer que empresas do setor de energia elétrica são “ativo-intensivas”, ou seja, seu bom ou mau desempenho é sustentado pela boa ou má gestão dos seus ativos. Assim, quanto melhor a companhia gerenciar os ativos, mais vantagens terá, mas iniciar o processo é sempre uma tarefa que exige esforço e habilidade dos responsáveis pela implantação.

Antes de iniciar a empresa normalmente estabelece o escopo do sistema de gestão de ativos e sua abrangência dentro da organização.

Uma equipe é designada para liderar o processo dentro da organização através de papéis específicos. Na forma clássica de gestão, a equipe é dividida em três bases: os donos dos ativos (definem objetivos corporativos através de critérios financeiros, técnicos e de risco), os gerentes dos ativos (aplicam as determinações em um projeto ou planejamento do ativo) e os prestadores de serviços (executam o projeto e fornecem os resultados ou informações)[3].



Figura 2: Resumo das tarefas e resultados esperados da gestão de ativos

Todo o escopo, estratégia, objetivos e metodologias utilizadas na gestão de ativos devem ser mantidos e documentados {4.1}, de forma que possam ser conhecidos, entendidos e auditados.

Os documentos devem mostrar a maneira pela qual a empresa administra, executa, mantém e melhora seu sistema de gestão de ativos.

A documentação {4.4.5} do sistema deve apresentar os seguintes aspectos da gestão de ativos:

- Autoridade, estrutura e responsabilidades da equipe de gestão;
- Terceirização de atividades de gerenciamento de ativos;
- Formação, conscientização e competência das pessoas envolvidas;
- Métodos de comunicação, participação e consulta;
- Documentação do sistema de gestão e ativos;
- Gestão da informação;
- Gestão de riscos;
- Atendimento a requisitos legais e ambientais;
- Gestão da mudança e melhoria contínua.

Um dos principais requisitos é a política de gestão de ativos {4.2}. Segundo a PAS 55, a política deve:

- a) Ser derivada e compatível com o plano estratégico organizacional isto é, definir o alto valor estratégico dos ativos e como eles se encaixam na missão e objetivos da organização;
- b) Ser adequada à natureza e escala dos ativos da organização e das operações;
- c) Ser coerente com outras políticas organizacionais;
- d) Ser consistente com a gestão de risco global da organização, ou seja, orientar como as decisões devem ser tomadas;
- e) Fornecer uma estrutura que permita que a estratégia, os objetivos e os planos de gestão dos ativos sejam produzidos e implementados;
- f) Possuir um compromisso em cumprir a legislação, regulamentos e normas vigentes para a organização;
- g) Expressar claramente os princípios a serem aplicados, como a abordagem da organização para a saúde e segurança de seus colaboradores, meio ambiente ou desenvolvimento sustentável;
- h) Incluir um compromisso de melhoria contínua da gestão de ativos e do desempenho da gestão de ativos;
- i) Ser documentada, colocada em prática e mantida;
- j) Ser comunicada a todos os interessados, incluindo os prestadores de serviços contratados, onde há a exigência de que essas pessoas sejam informadas de suas obrigações relacionadas à política de gestão de ativos da organização;
- k) Ser revisada periodicamente para assegurar que permanece relevante e coerente com a organização e com o plano estratégico.

O processo de elaboração da política de gestão de ativos é algo complexo que deve envolver a visão e a missão da empresa, além da análise estratégica da sua situação perante o mercado.

A política pode ser composta inicialmente por um texto genérico (porém, com itens fundamentais conforme {4.2}) que é desdobrado ou detalhado em textos menores com objetivos divulgados apenas internamente.

A estratégia, os objetivos e os planos de gestão (ações específicas e detalhadas) também devem ser definidos e documentados pela equipe responsável pela gestão de ativos {4.3}.

Esses itens irão compor o mapa de decisões na gestão integrada da empresa.

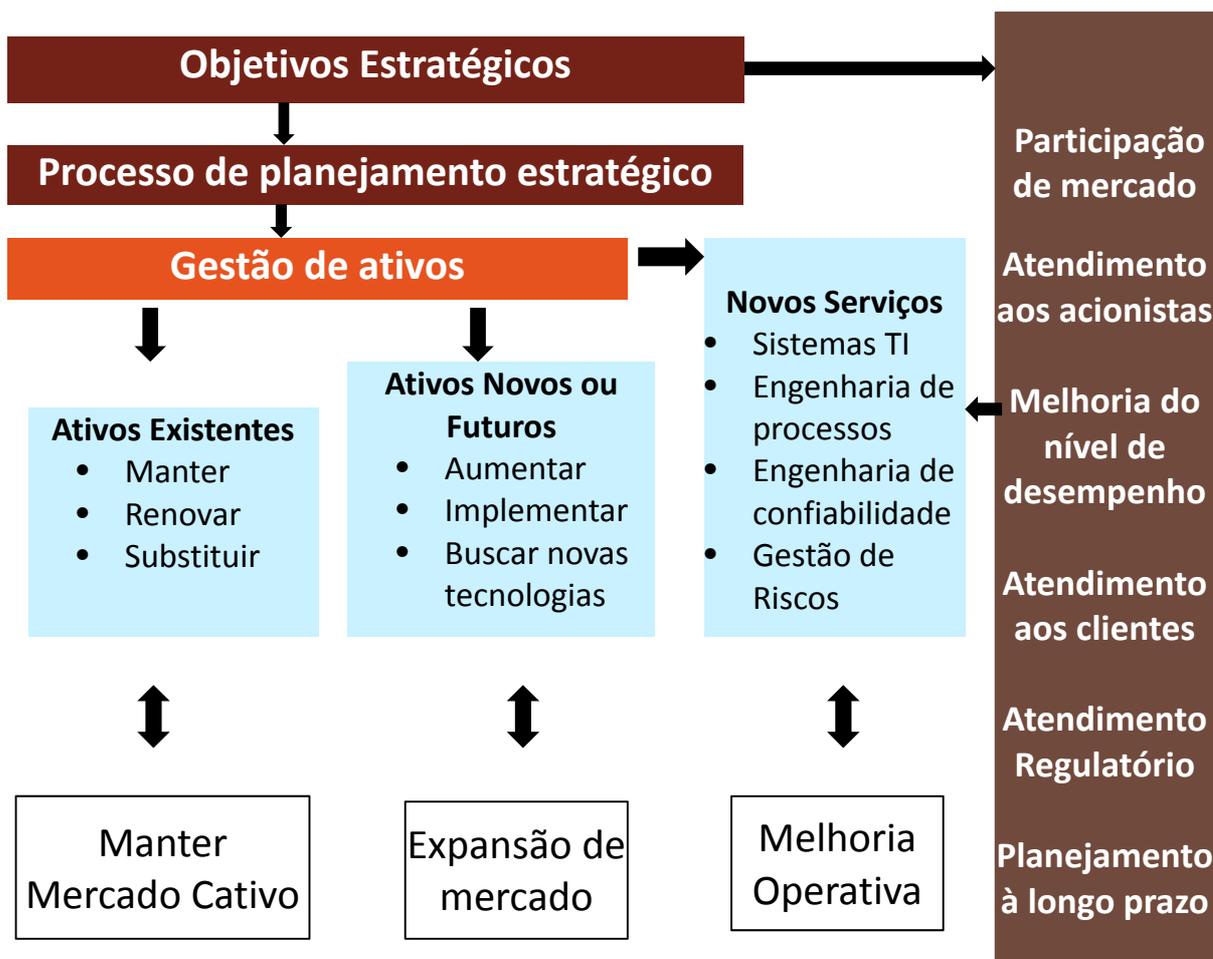


Figura 3: Mapa de decisões estratégicas da empresa

Quanto aos objetivos ou metas da gestão de ativos, estes devem: {4.3.2}

- Ser mensuráveis (ou seja, quantificados e / ou capazes de serem demonstrados ou obtidos através de uma avaliação objetiva);
- Ser consistentes com a estratégia de gestão;
- Ter o compromisso da melhoria contínua;
- Ser conhecidos pelos funcionários e prestadores de serviços que tenham relação com o processo;
- Ser revisados e atualizados periodicamente para assegurar que permaneçam consistentes e relevantes com a estratégia de gestão;
- Considerar os aspectos legais e regulatórios;
- Levar em conta as expectativas da organização;
- Considerar os riscos relacionados à gestão;
- Analisar oportunidades de melhoria como novas tecnologias e ferramentas de gestão, além de técnicas e práticas do mercado.

Em síntese os objetivos e metas devem ser claros como as letras que compõe a palavra “SMART”[1], ou seja:

S “Specific” = específicos

M “Measurable” = mensuráveis

A “Achievable” = alcançáveis

R “Realistic” = de acordo com a realidade da organização

T “Time-based” = com base no tempo de sua atuação

A empresa deve estabelecer, documentar e manter um plano (ou vários) de gestão para alcançar a estratégia ou linha de atuação da gestão de ativos e alcançar as metas através das seguintes atividades durante todo o ciclo de vida dos ativos: {4.3.3}

- a) Aquisição, criação ou renovação;
- b) Utilização;
- c) Manutenção;
- d) Descarte / ou alienação.

Observações:

- Criação, aquisição ou aprimoramento inclui concepção, especificação, projeto, modificação, suprimento, construção e comissionamento.
- A manutenção também inclui a inspeção, o monitoramento da condição, teste funcional, reparação, renovação e / ou extensão de vida útil dos ativos. A substituição de ativos individuais pode também ser considerada como a manutenção dos sistemas de ativos.
- O plano de gestão de ativos pode ser elaborado para ativos individuais, para grupos de ativos, para sistemas isolados ou para o sistema global de gestão. No entanto, é essencial que os planos sejam ligados e coerentes com a estratégia de gestão e que visem atingir os objetivos (diretrizes) estabelecidos.

O desenvolvimento do plano de gestão de ativos e as atividades do ciclo de vida devem incluir a análise do impacto das ações em cada fase do ciclo de vida e as necessidades perante as próximas etapas do ciclo de vida.

Plano(s) de Gestão de Ativos

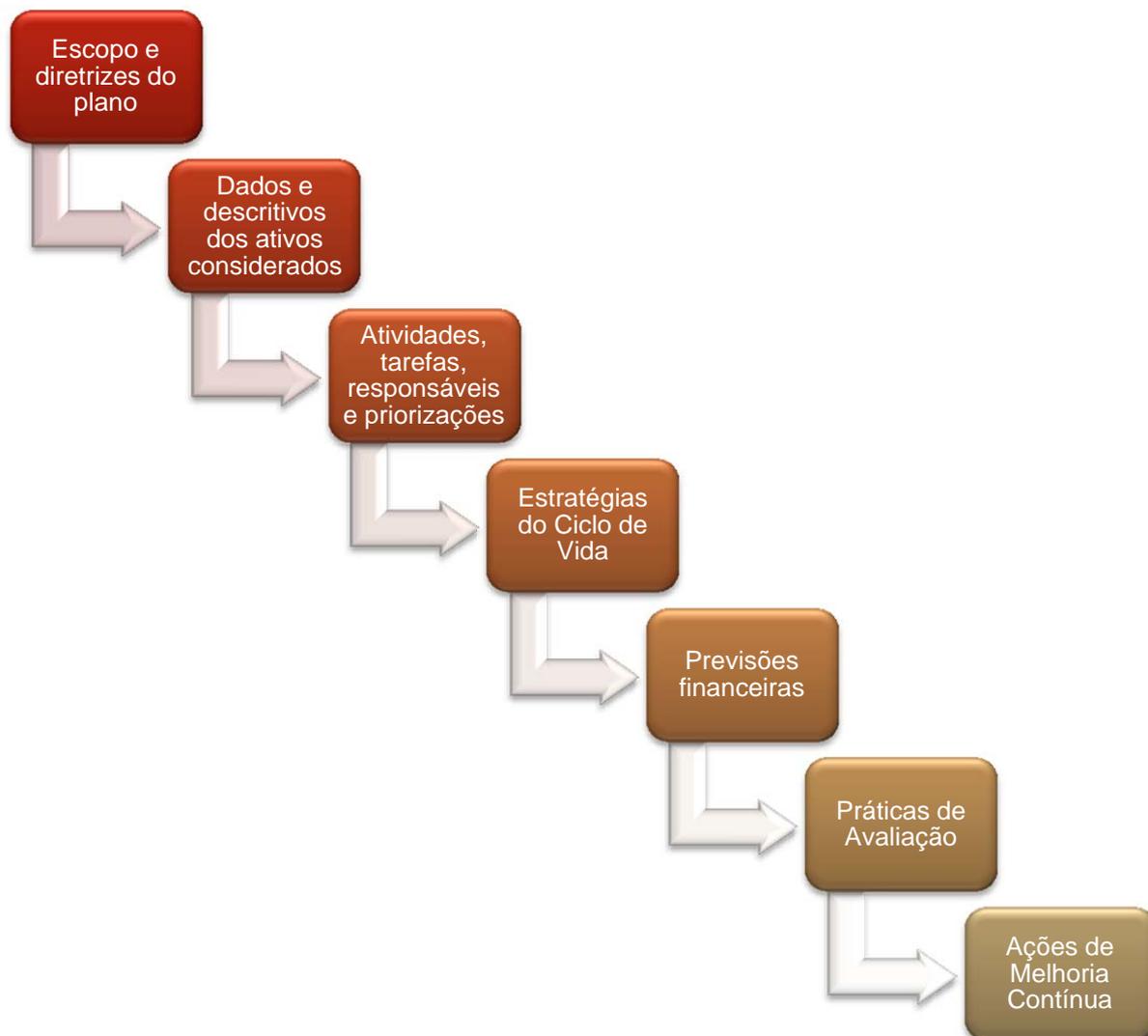


Figura 4: Estrutura básica dos planos de gestão

Um plano especial para emergências ou contingências {4.3.4} deve ser desenvolvido para os ativos críticos, de forma a prever soluções para casos catastróficos ou de grande impacto.

O plano de contingência deve fornecer respostas planejadas para as possíveis falhas dos ativos críticos resultantes de eventos independentes ou coincidentes, além de ser capaz de substituir rapidamente o ativo por outro reserva em caso de falha ou bloqueio de funcionamento em alguns casos.

No caso de linhas de transmissão, por exemplo, o plano deve prever que tais falhas não afetem todo o sistema, através da previsão e análise dos riscos operacionais, levando em consideração que os eventos indesejáveis podem ser efeitos consequentes de uma variedade de causas:

- Meio ambiente: raios, ventos, pássaros, árvores;
- Ações humanas: acidentes, vandalismo;
- Mau funcionamento de outros equipamentos: explosões, falhas da proteção.

O plano de emergência ou contingência deve assegurar que todos os ativos críticos possam ser substituídos com segurança, com menor impacto ao sistema e no menor tempo possível, para que o fornecimento de energia seja prontamente reestabelecido.

O plano de emergência deve prever ações em situações de crise, acidentes maiores, tempestades ou catástrofes, falhas no centro de operações, plano de evacuação, plano de continuidade de comunicação e outras situações emergenciais.

Para alguns ativos em especial, será necessário desenvolver um plano de contingência individual.

Sempre que ocorrer a aplicação prática do plano, esta deve ser reportada e avaliada para que o plano emergencial seja aprimorado e cada vez mais abrangente.

O que são facilitadores e controles da gestão de ativos?

Similar ao sistema da qualidade, a gestão de ativos deve ser estruturada de forma a estabelecer atuações e responsabilidades, designando e documentando quem são os agentes facilitadores dos planos, seus papéis e competências {4.4}.

Os facilitadores serão especialistas, não em fornecer respostas aos problemas, mas no gerenciamento para a condução das soluções.

Toda equipe de gestão de ativos e todos os envolvidos no processo devem ser capacitados e treinados segundo suas atribuições e níveis de conhecimento requeridos, isto inclui até mesmo os contratados que tiverem participação no processo da gestão de ativos ou prestadores de serviços que tenham alguma interação com o sistema de gestão.

A profundidade ou nível de conhecimento requerido pela função deve determinar o tipo de treinamento para cada equipe que participa do processo. Em geral todos devem ser treinados a conhecer o que é a gestão de ativos, qual a política de gestão da organização, qual é o seu papel e aspectos ligados à documentação e fluxo de informações.

A organização deve assegurar que as informações pertinentes à gestão de ativos são guardadas e mantidas de forma organizada e as que forem necessárias devem ser comunicadas eficazmente aos colaboradores, aos stakeholders e aos prestadores de serviço contratados {4.4.5}.

O sistema de gestão de ativos requer um “banco de dados” detalhado com o máximo de informações possíveis e confiáveis, o que pode ser complexo de acordo com o porte da empresa.

Uma base de dados e informações organizada é essencial para o sucesso da gestão de ativos nas empresas. Isto, além de ser fundamental para o gerenciamento, facilitará a atualização da documentação necessária e que assegura que o sistema de gestão adotado pela empresa é adequadamente compreendido, comunicado e operado com dados e informações confiáveis e abrangentes.

O inventário completo dos seus ativos, preferencialmente utilizando um sistema georeferenciado que seja capaz de interagir com outros sistemas dentro da empresa, pode facilitar muito a configuração do banco de dados da gestão de ativos.

Este sistema é também uma exigência regulatória em países como o Brasil¹ e Peru, que deve unir três componentes importantes:

- Informações alfanuméricas relativas aos dados dos ativos
- Base cartográfica e projetos para aplicação dos ativos
- Informações físicas sobre a localização dos ativos e suas características locais



Figura 5: Base de informações para a gestão de ativos

O GIS (Sistema de Informações Geográficas) é um processo, um sistema integrado, uma forma estratégica de ter e controlar as informações [4].

Assim, para um projeto GIS de sucesso existem alguns passos a serem seguidos:

1. **Estratégia:** Definir quais as questões prioritárias que o sistema deve apoiar e quais áreas serão envolvidas
2. **Infraestrutura:** a área de tecnologia da informação deve prover a plataforma adequada de hardware, software, redes e dados, criando um alicerce sólido e dimensionado para o cenário presente e futuro.

¹ Controle Patrimonial ANEEL – Resolução Normativa ANEEL nº 367 e 395/2009

3. **Customização:** Um GIS corporativo deve refletir as necessidades da organização. A escolha deve ser feita por uma plataforma madura, robusta e de linguagem aberta.

No Brasil, a Resolução Normativa ANEEL n°367/2009 e 395 (PRODIST) apontam para a implementação de um sistema capaz de integrar módulos ERP (PM, OS, CCS, CRM) com informações contábeis, e GIS (ESRI) com informações físicas, em nível de informação alfa numérica, processos e interfaces gráficas, conectando a visão geográfica e os atributos das redes de fornecimento de energia aos dados críticos de negócio das empresas, estendendo a capacidade de gestão dos ativos, desde o projeto de construção, manutenção até o descarte.

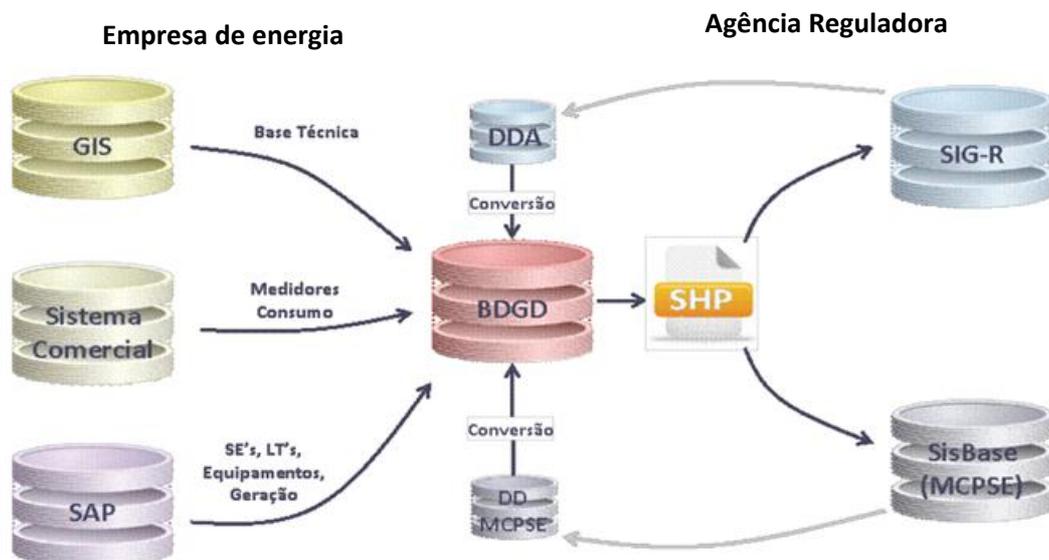


Figura 6: Integração GIS&ERP (Cheberle, Luciano et al, 2010)

Contudo a qualidade das informações continua sendo um elemento vital para a implementação de todo o processo.

A empresa deve estabelecer, implementar e manter procedimentos para controlar todas as informações necessárias. Os procedimentos devem assegurar {4.4.6} que:

- Toda a informação é adequada e aprovada pela equipe autorizada antes de sua utilização;
- A informação é mantida e sua adequação é assegurada através de revisão periódica (incluindo controle de versões);
- Os papéis e responsabilidades em relação à origem, captação, geração, garantia, manutenção, transmissão, direitos de acesso, guarda, retenção, arquivamento e eliminação de elementos são bem definidos e comprometidos entre a equipe;
- Informações desatualizadas ou obsoletas são prontamente removidas garantindo a não utilização indevida;
- As informações necessárias por motivos legais ou para fins de preservação são identificadas, controladas e arquivadas.
- As informações são seguras, confiáveis e se mantidas em formato eletrônico, é mantido um backup atualizado e que pode ser recuperado a qualquer momento.

Tratando-se de informações, o inventário ou controle patrimonial dos ativos é um dos componentes mais importantes do sistema de gestão e deve ser mantido e atualizado periodicamente pela empresa.

Considerando um transformador de distribuição, por exemplo, o inventário básico do GIS deve conter não somente os elementos exigidos pelo órgão regulador, mas outras informações importantes, que podem estar também em outro sistema que não o GIS, mas que garanta o sincronismo, a atualização, a confiabilidade, a qualidade e a rastreabilidade de informações importantes como os seguintes elementos:

- Fabricante/ Ano de fabricação
- Lote
- Classe de tensão
- Relação de tensão (primário/secundário)
- Número de fases
- Tipo de proteção
- Ordem de capitalização
- Valor de compra
- Depreciação
- Local da instalação
- Datas das manutenções
- Custo das manutenções
- Componentes trocados ou substituídos
- Histórico de falhas (data, tipo, causa)
- Nível de Eficiência Energética do equipamento (*)

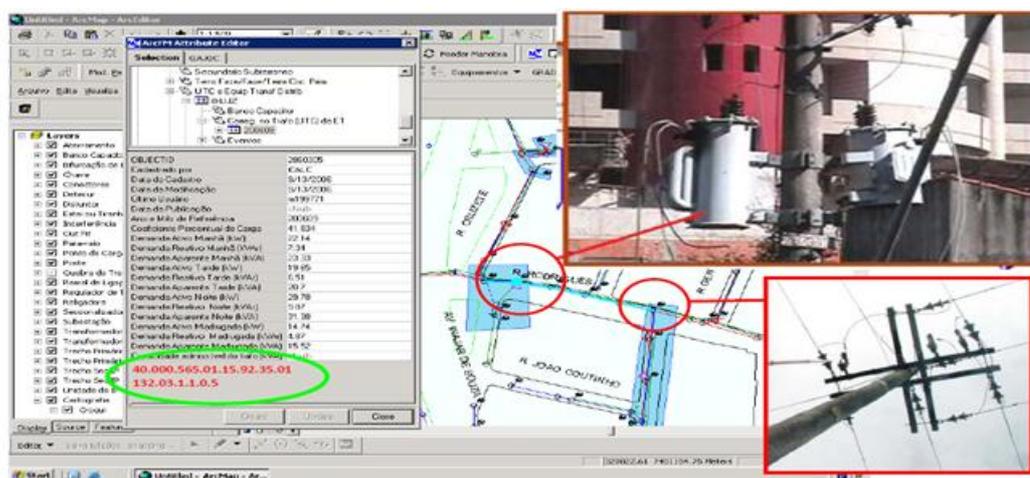


Figura 7: Exemplo de informações extraídas de um sistema GIS com a codificação exigida pelo órgão regulador[4]

* O nível de eficiência energética de um ativo está diretamente relacionado ao seu desempenho em relação às perdas de energia, vida útil sob condições normais e severas e custos

envolvidos no ciclo de vida, ou seja, quanto melhor a eficiência do equipamento melhores resultados serão obtidos.

Recomendamos que seja realizada a análise nível de eficiência x LCCx taxa de falhas no momento de especificar a aquisição de novos equipamentos.

Em muitas empresas, os ativos são supervisionados através de um sistema de Aquisição, Supervisão e Controle de Dados (SCADA). Este sistema em particular, possibilita a supervisão das condições de operação em tempo real, mas é importante também o monitoramento do estado dos ativos em tempo real e a formação de um histórico de desempenho que é fundamental para o sucesso do sistema de gestão. Os dados coletados em campo em tempo real e com frequência previamente determinada são transmitidos para um centro de controle e armazenamento (DMS) que cria desta forma, o histórico do desempenho dos ativos.

Estes sistemas, interligados ao GIS (Sistema de Informação Geográfica), que armazena informações espaciais sobre os ativos podem fornecer uma variedade de funções que facilitam a implementação de um sistema de gestão de ativos.

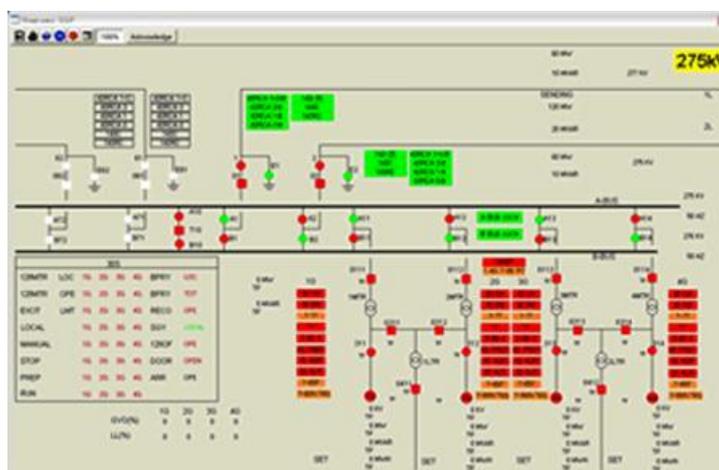


Figura 8: Exemplo de supervisão de rede em tempo real pelo sistema SCADA

Mas como definir quais são os ativos críticos e não críticos em empresas de energia?

Um ativo é um bem, um recurso, um direito, uma empresa, ou conjunto ou parte destes, que tem valor objetivo, de utilidade e de importância, de posse ou de propriedade direta ou indireta, que é gerenciado e explorado, para contribuir e tornar possível, a consecução das metas e dos objetivos de uma empresa.

Esta definição caracteriza bem um ativo em um negócio ou em uma visão contábil e financeira, mas no caso de empresas de energia pode-se dizer que o ativo é a parte ou componente vital para que a energia seja gerada, transmitida e distribuída no sistema elétrico de potência.

Também podemos dizer que o fato de um ativo ser considerado ou não crítico pode ser determinado em função da importância deste elemento e das consequências de sua ausência ou falha. Em algumas situações um mesmo tipo de ativo pode ser crítico e em outras não, dependendo da sua aplicação e das condições de “backup” em caso de falha.

A conclusão do que é um ativo crítico e do que é um ativo não crítico parece bem simples e facilmente compreensível quando se conhece o sistema elétrico de potência:

a) Geração

À primeira vista os ativos críticos para manter a geração de energia seriam os geradores e as turbinas, mas não são estes apenas os responsáveis em manter o principal negócio de uma empresa de geração: têm-se também os transformadores, os cabos condutores, os equipamentos de proteção, controle e supervisão.

Se em uma unidade geradora houver um incidente envolvendo descargas atmosféricas e os simples para-raios não atuarem devidamente ou um sistema de aterramento não proteger os equipamentos, as perdas para a empresa serão de grande vulto.

b) Transmissão

A transmissão de energia através de linhas e torres possui como ativos críticos não somente os condutores, mas também as subestações, o sistema de proteção, controle e supervisão além das torres, sistemas de manobra e transformadores.

Igualmente ao que ocorre com as empresas de geração, se uma chave seccionadora não operar no momento certo, a falha pode desativar uma linha e as consequências para a empresa podem ser muitas.

c) Distribuição

São as distribuidoras as responsáveis por fazer com que a energia gerada e transmitida chegue aos seus usuários finais. Os principais ativos que atuam para que o negócio distribuição aconteça são: transformadores, cabos, sistemas de proteção, controle e supervisão, medidores e sistemas de manobra.

Neste caso, a falha em um transformador de potência de uma subestação pode ser tão desastrosa como a falha em um disjuntor ou em um isolador, isto dependerá do papel de cada elemento na atividade distribuição de energia.

Resumidamente, pode-se dizer que a característica de um ativo ser ou não crítico é diretamente proporcional à função que este exerce no negócio da empresa. Portanto, podemos ter ativos que em determinadas empresas são considerados críticos e em outras não.

Classificar os ativos em críticos e não críticos é uma tarefa importante para a gestão de ativos, pois os críticos serão necessariamente monitorados com mais detalhes.

Os ativos agrupados em críticos e não críticos devem, de forma geral, ser analisados, monitorados e ter seu desempenho avaliado individualmente e em grupo.

Cada ativo no sistema tem uma função única e muitas vezes podem ser consideradas não redundantes.

Eventos indesejados, como uma falha de um ou diversos ativos, podem causar significativas consequências sobre a economia, a reputação, a segurança ou o meio ambiente. No entanto, nem todos os ativos representam os mesmos riscos e, portanto,

nem todos os bens de uma empresa merecem o mesmo nível de atenção, por isso cada ativo é definido como crítico e não crítico e ativos semelhantes e de um mesmo grupo podem estar sujeitos à mesma estratégia de gerenciamento de ativos.

Conhecer bem os custos e as receitas geradas pelo desempenho dos ativos permitirá um planejamento de investimentos mais afinado com a realidade do sistema.

Segundo a PAS-55 e a sua tradução para o Português da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) [5] a implantação do sistema de gestão de ativos deve abranger os seguintes elementos:

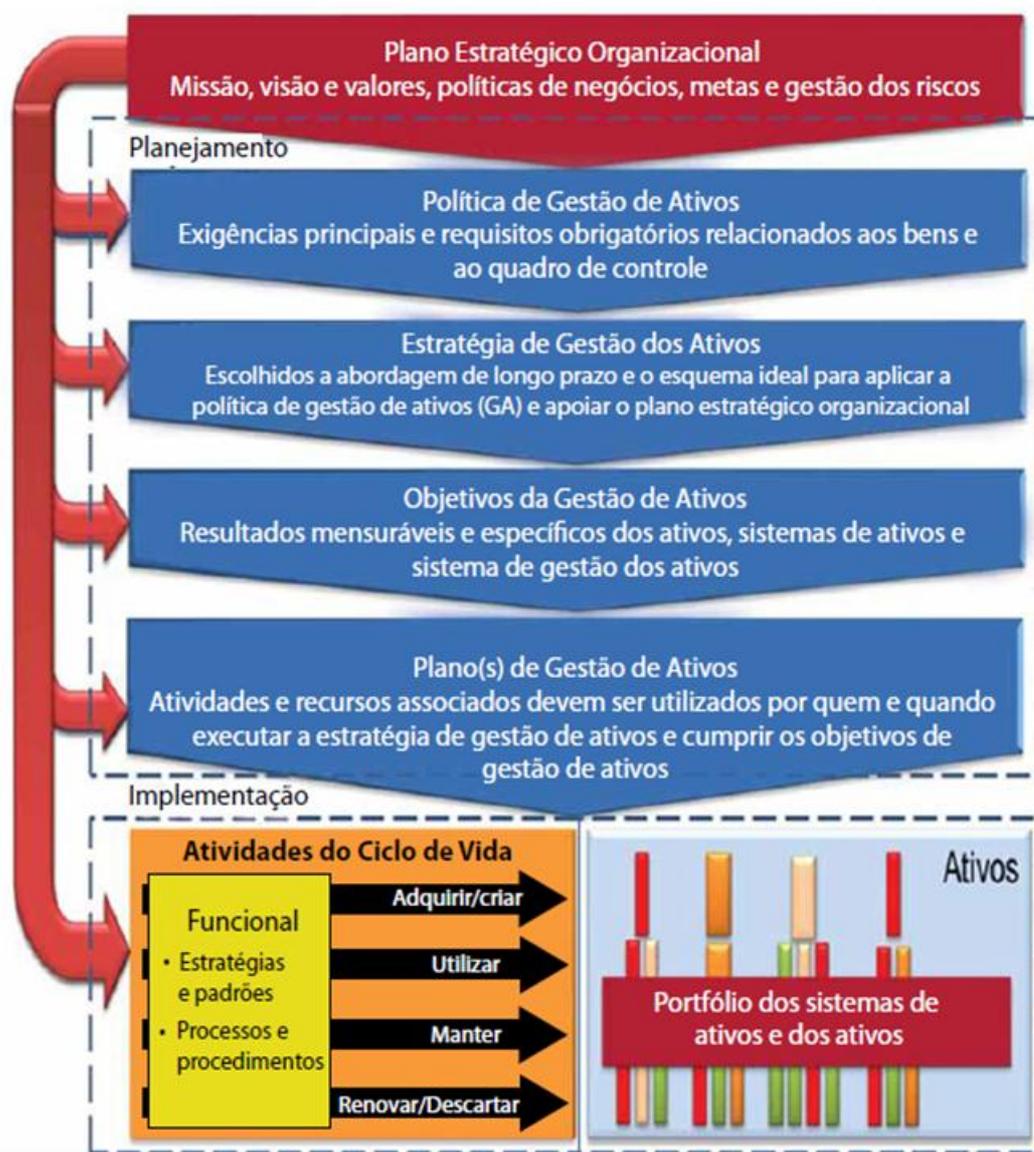


Figura 9: Elementos para implantação do sistema de gestão de ativos [1] [5]

(Figura Extraída da especificação PAS-55e traduzida pela ABRAMAN)

Passo 2: Gerenciar riscos e seus impactos

Aumentar os investimentos de capital ou expansão e reduzir os custos de operação e manutenção foram estratégias adotadas pela maioria das empresas de energia nos últimos anos, pois havia a necessidade de alavancar mais resultados, explorando os ativos que já estavam próximos ao final da vida útil pela falta de investimentos pré e pós-privatização. Com isto, muitas empresas tiveram grandes prejuízos financeiros e de reputação perante a sociedade, pois não avaliaram corretamente os riscos envolvidos (diretos e indiretos).

No sentido mais geral, o risco é definido como "incerteza do futuro". Ele tem dois componentes básicos: a frequência, ou quantas vezes podem ocorrer eventos indesejáveis, e sua gravidade ou consequências. Por exemplo, cada transformador possui um fim-de-vida, de modo que a gravidade do evento é conhecida. O risco vem de não saber quando isso vai ocorrer - ou a frequência de falhas. Algumas empresas geralmente utilizam o produto da frequência e gravidade de eventos em conjunto, no processo de análise. Se a frequência e as informações sobre a severidade são subjetivas, qualitativas ou quantitativas, a análise de risco sempre é uma ferramenta importante para se elaborar um quadro de decisões.

A gestão de riscos {4.4.7} é um fator importante para a gestão de ativos proativa. O objetivo geral é entender a causa, o efeito e a probabilidade de eventos adversos ocorrerem, para de forma otimizada gerenciar tais riscos, reduzindo-os a um nível aceitável e controlado.

Em geral, isto é obtido através de algumas ações:

- Identificar o potencial de risco associado aos ativos, e a estimativa dos níveis que os riscos associados possam atingir, analisando-os na base dos controles existentes ou propostos;
- Determinar se esses riscos são toleráveis;
- Determinar se é necessária uma análise adicional mais profunda para definir se os riscos são, ou não, toleráveis;
- Elaborar controles de risco, sempre que estes forem considerados necessários ou desejáveis.

A gestão de riscos é parte integrante de todo o processo de gestão de ativos. No entanto, há necessidade específica de ter processos para identificar e monitorar os riscos, não somente atendendo a legislação vigente, mas como prática que possibilite otimizar e priorizar ações com base em custos, riscos e desempenhos.

Metodologia sugerida para o gerenciamento de riscos

Os requisitos referentes ao gerenciamento de riscos na gestão de ativos podem ser atendidos, garantindo que uma abordagem sistêmica seja adotada e seguida passo a passo para a avaliação e controle de riscos dos ativos, existem várias metodologias, uma delas está sugerida a seguir:

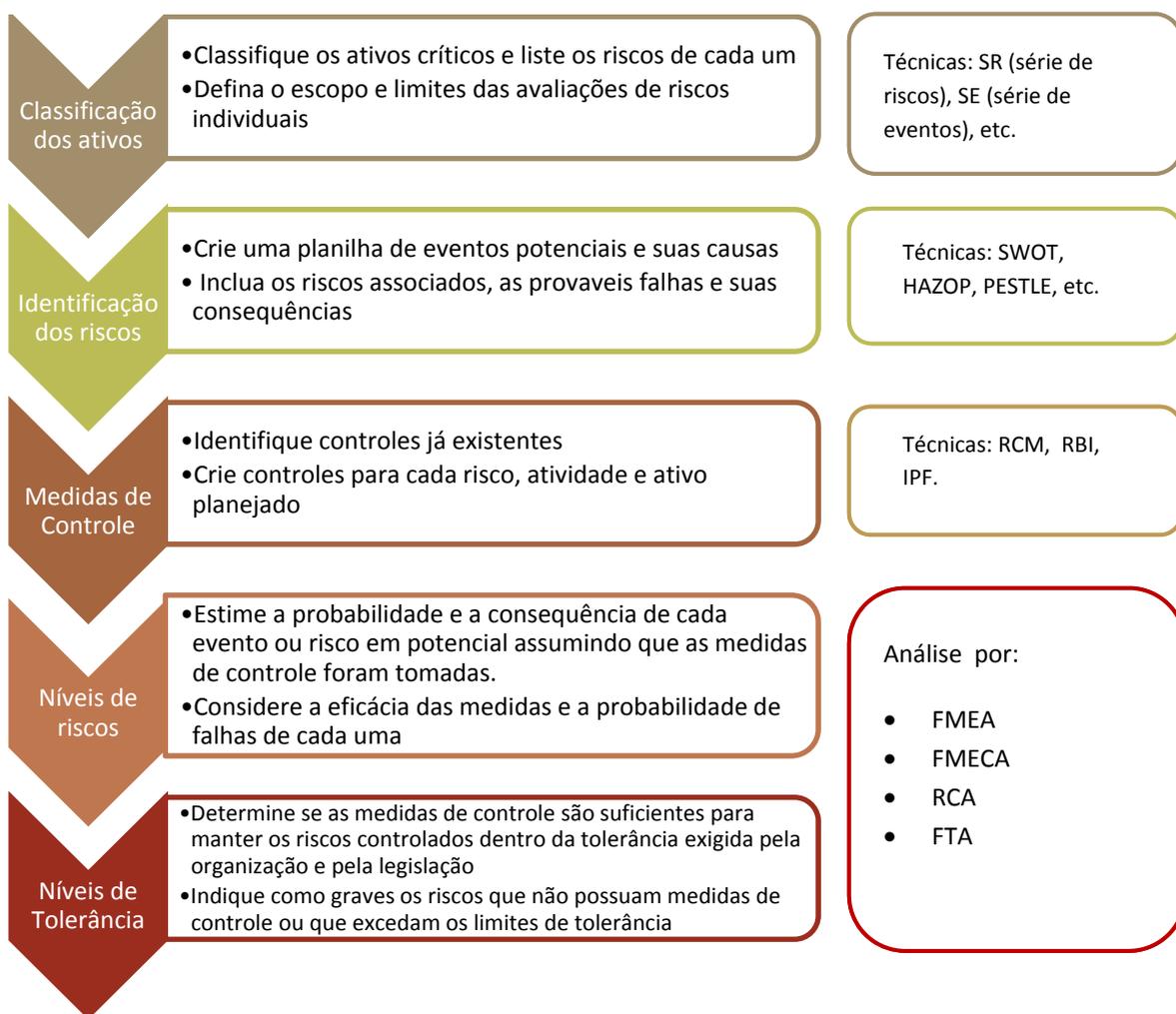


Figura 10: Metodologia sugerida para gestão de riscos dos ativos

Cada risco potencial deve ser analisado não somente quanto à probabilidade e a consequência de gerar uma falha em um ativo crítico, mas também em relação ao que está ao seu redor:



Figura 11a: Abrangência e interfaces da gestão de riscos dos ativos

A análise deve considerar três momentos importantes:



Figura 11b: Etapas consideradas na gestão de riscos

Para cada risco potencial deve-se analisar a probabilidade de falha e sua respectiva consequência (quanto ao tipo, extensão e severidade).

Por exemplo, podem-se ter dois riscos com uma alta probabilidade de falha, o primeiro com uma consequência de baixa severidade (baixo custo de reparo, sem lesões às pessoas e sem danos ao meio ambiente e o segundo risco com consequências de severidade crítica (danos severos com parada da unidade, probabilidade de lesões em pessoas e danos ao meio ambiente)). Para este risco em particular, pode haver necessidade de ensaios complementares e medidas de controle mais rígidas que culminem em manutenções proativas, renovação antecipada ou substituição do ativo antes do final da vida útil.

Os indicadores de riscos devem ser estabelecidos e aplicados aos ativos para que uma “matriz de riscos” possa ser criada, facilitando a análise e tomada de decisões.

Existem vários modelos de matriz de riscos, mas todos resultam em uma graduação de risco que permite adotar as medidas mitigadoras necessárias para sua eliminação ou redução. Sugere-se a seguir, como exemplo, a utilização de um modelo [6] com 5 linhas e 4 colunas, resultando em 5 graus de risco diferentes:

FREQÜÊNCIA (F)	5	III	II	I	I
	4	IV	III	II	I
	3	V	IV	III	II
	2	V	V	IV	III
	1	V	V	V	IV
		1	2	3	4
		SEVERIDADE - IP (Y)			

Figura 12: Matriz de riscos [6]

A matriz de riscos pode ser dividida em três cores (verde, amarelo e vermelho) indicando riscos baixo, médio e alto ou pode também ser dividida em quatro regiões ou quadrantes como na análise SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), indicando o quadrante mais externo os riscos mais críticos (maior

severidade e maior frequência) e os dois outros quadrantes que necessitam de ações mitigadoras por alta frequência ou alta severidade, ambas as divisões são propostas para a decisão sobre a atuação quanto à frequência e severidade dos riscos.

Segundo a análise proposta [6], observa-se na matriz de gestão de riscos, no eixo horizontal (severidade ou gravidade) que somente o algarismo representado por “Y” é considerado, pois neste momento não há necessidade de diferenciar se o efeito do modo de falha é sobre a segurança das pessoas, sobre o ativo ou sobre o meio ambiente, mas apenas aferir a gravidade do risco envolvido. Apenas considera-se Y=1 quando for inexistente ou insignificante a probabilidade de dano ao meio ambiente, saúde ou segurança e maior que 1 quando houver probabilidade significativa.

Após análise e tabulação dos riscos envolvidos com cada ativo, estes riscos são mapeados na matriz. Na próxima tabela estão resumidos os resultados que podem ser obtidos na matriz com a condição e ações recomendadas [6]. Observa-se que os prazos são apenas exemplos e podem ser alterados de acordo com as diretrizes de cada empresa.

Grau de Risco	Categoria	Condição	Ações
I	Crítico	Não aceitável	Verificar se existe alguma estratégia ou tarefa de manutenção para evitar a falha ou reduzir o risco para grau III. Caso contrário, deve ser mitigado com projetos/ações no prazo de 6 meses.
II	Sério	Indesejável	Verificar se existe alguma estratégia para evitar a falha ou reduzir o risco para grau III. Caso contrário, deve ser mitigado com projetos/ações no prazo de 12 meses.
III	Moderado	Aceitável com controles	Verificar estratégia ou tarefa de manutenção para evitar a falha. Caso contrário, devem ser criados procedimentos ou controles.
IV	Menor	Aceitável com avisos	Sinalização e avisos são algumas das medidas necessárias. Verificar se alguma estratégia ou tarefa de manutenção para evitar a falha é economicamente viável.
V	Desprezível	Aceitável	Nenhuma mitigação requerida

Tabela 1: Classificação de riscos, condições e ações recomendadas

Se o grau de risco for I, II ou III considera-se que o modo de falha analisado tem implicações no meio ambiente, saúde ou segurança e deve ser submetido a outros questionamentos, como os da manutenção centrada em confiabilidade. Neste caso, devem ser definidas estratégias de manutenção ou ações proativas que atendam aos critérios previamente definidos ou deve-se alterar a especificação de projeto.

Conhecidas as variáveis Y (grau de severidade), F (frequência) e (R) grau de risco, podem-se listar as ações recomendadas para cada caso.

O gerenciamento de riscos deve ser um processo contínuo de busca de defeitos, falhas ou de quase falhas, com objetivo de prevenir e controlar os efeitos.

No caso de riscos sem medidas de controle existentes ou propostas, o estudo de probabilidade de falha deve ser realizado de forma mais criteriosa. Neste caso a análise deve abranger aspectos técnicos, econômicos e estratégicos.

Os custos com reparos ou manutenção corretiva podem atingir mais de 35% dos custos de uma empresa, o que motiva ainda mais as ações para gestão de riscos e minimização de falhas [2].

No caso de ocorrência de uma falha provinda de um risco de elevado potencial, teremos custos diretos e indiretos envolvidos, que incluem alguns aspectos intangíveis que nem sempre são considerados.

Outra consideração importante na gestão de ativos e no gerenciamento de riscos é o atendimento às exigências legais e regulamentos para a operação da empresa, que em hipótese alguma poderão deixar de ser atendidos devido à exposição aos riscos {4.4.8}.

Análise econômica na gestão de ativos: uma visão geral em relação aos riscos

Para responder a pergunta “O quanto estamos dispostos a pagar para evitar danos à empresa?” é preciso conhecer os riscos com consequências severas para os principais ativos críticos e determinar as curvas probabilísticas de confiabilidade e risco de falha dos principais componentes presentes destes ativos através da engenharia de confiabilidade.

Não menos importante é a determinação das curvas da relação entre incremento de investimentos (CAPEX) e a redução do risco de falha.

Com isto é possível identificar os pontos mais vulneráveis e redefinir as estratégias de manutenção preventiva.

A maioria dos equipamentos elétricos ou eletrônicos segue o comportamento da “Curva da Banheira”, ou seja, a maior probabilidade de ocorrências de falhas está no início do ciclo de vida e no final dele, quando há um desgaste natural devido ao envelhecimento ou a fadiga de operação.

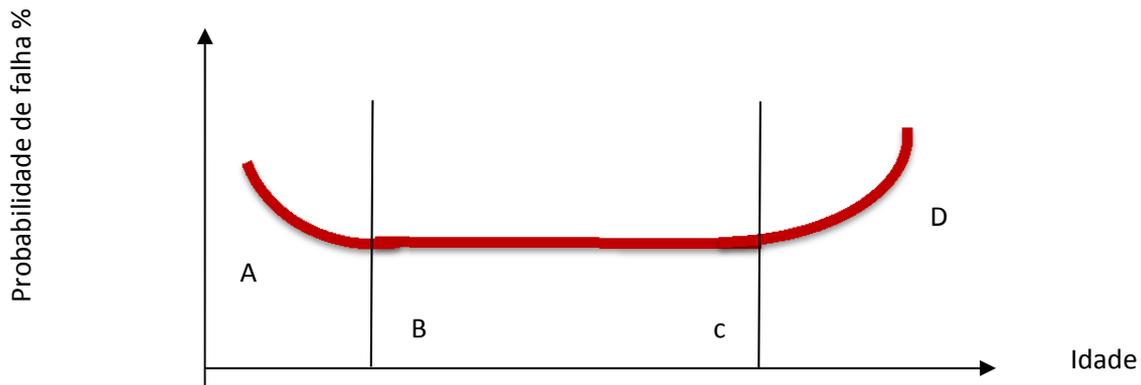


Figura 13: Curva probabilidade de falha x idade do ativo

Em algumas empresas, os custos na região A-B podem atingir 0 a 50% dos custos com reparos e manutenção, durante a fase B-C podem ser aplicados 80 a 100 % dos custos e na região C-D, os custos chegam a atingir de 100 a 180%. Portanto, a partir do ponto B deve-se levar em consideração a renovação do ativo, substituindo-o ou remodelando seu uso.

Os custos com reparos e manutenção variam de acordo com as regiões da curva anterior [7].

Isto é confirmado se for analisado o investimento de aquisição, a depreciação ao longo do tempo em relação aos custos de reparos, manutenção preventiva, custos de interrupção e custos intangíveis pela ocorrência de falhas.

A curva mostrada na figura 13 é uma curva teórica que pode ser refeita por empresas com gestão de ativos completa, através do estudo do comportamento dos ativos e modelagem da curva com maior assertividade.

Em geral, a importância da manutenção e a opção consciente de seu modelo nem sempre são claras e levadas em consideração na análise das estratégias das organizações – e quando o são, acabam sendo descartadas por uma análise incorreta dos custos envolvidos. O fator custo da manutenção, quando analisado isoladamente, acaba inibindo as empresas a considerar a manutenção como um investimento estratégico, relegando-a a uma posição secundária como um mal necessário ou um gasto operacional.

O gráfico abaixo (figura 14) [8] mostra que investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes das falhas – e, em consequência, diminuem o custo total da manutenção, em que se somam os custos de manutenção preventiva com os custos de falha. Entretanto, o gráfico mostra também que, a partir do ponto ótimo em investimento com manutenção preventiva, mais investimentos trazem poucos benefícios para a redução dos custos da falha e acabam elevando o custo total. Ou seja, a partir deste ponto outras estratégias devem ser consideradas no que diz respeito à renovação do ativo.

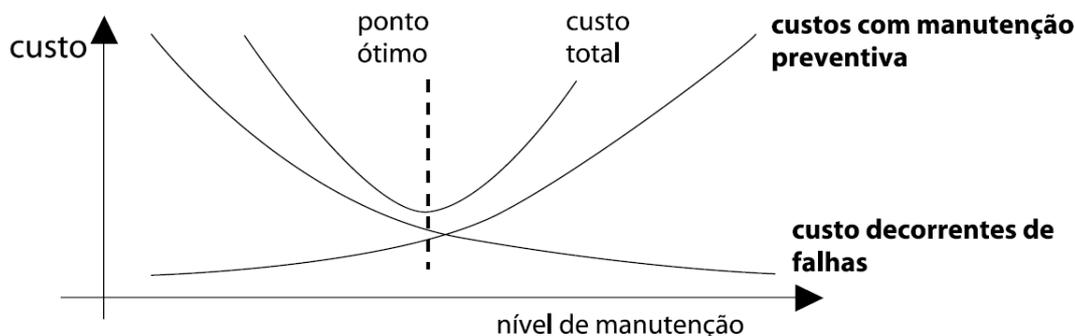


Figura 14: Análise do nível de manutenção e custos [8]

A busca por falha zero (100% de disponibilidade) requer investimentos cada vez maiores com manutenção, o que acarreta uma conseqüente redução do lucro da operação. Encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o custo da manutenção proporciona um nível de disponibilidade capaz de gerar máximo lucro à organização, é o grande desafio na gestão de ativos, pois a manutenção deve garantir a produtividade e o lucro dos negócios da empresa com o menor custo operacional possível.

É muito importante observar, na busca do ponto ótimo, que a política de manutenção a ser adotada deve levar em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e de sua reposição, as conseqüências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que a estratégia de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo, como mostra o gráfico a seguir:

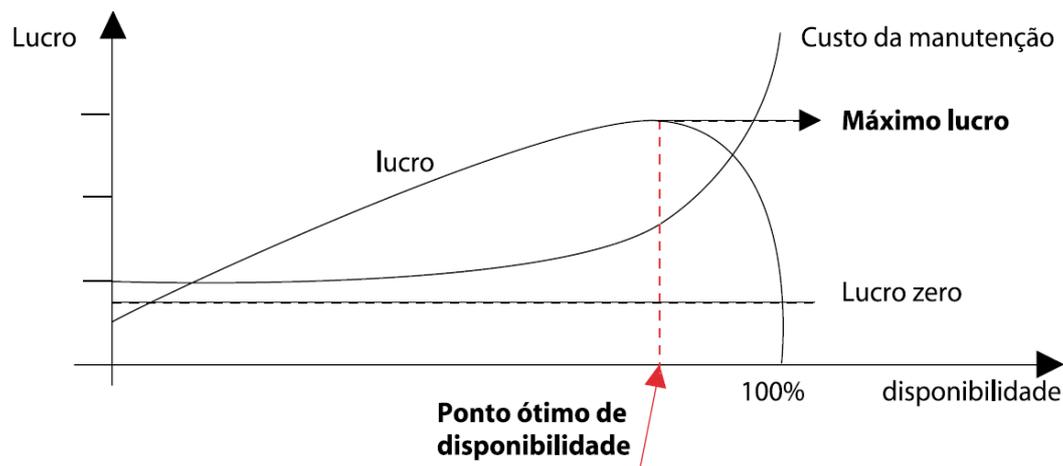


Figura 15: Ponto ótimo de disponibilidade e uso do ativo [8]

Grandes transformadores de potência representam a parte mais significativa dos ativos do sistema de transmissão [9], e uma grande preocupação para cada concessionária de energia elétrica. Em 2002 uma empresa de seguros², fez uma análise dos investimentos e falhas ocorridas em transformadores de potência nos Estados Unidos durante o período 1995-2000 conforme mostra o gráfico a seguir:

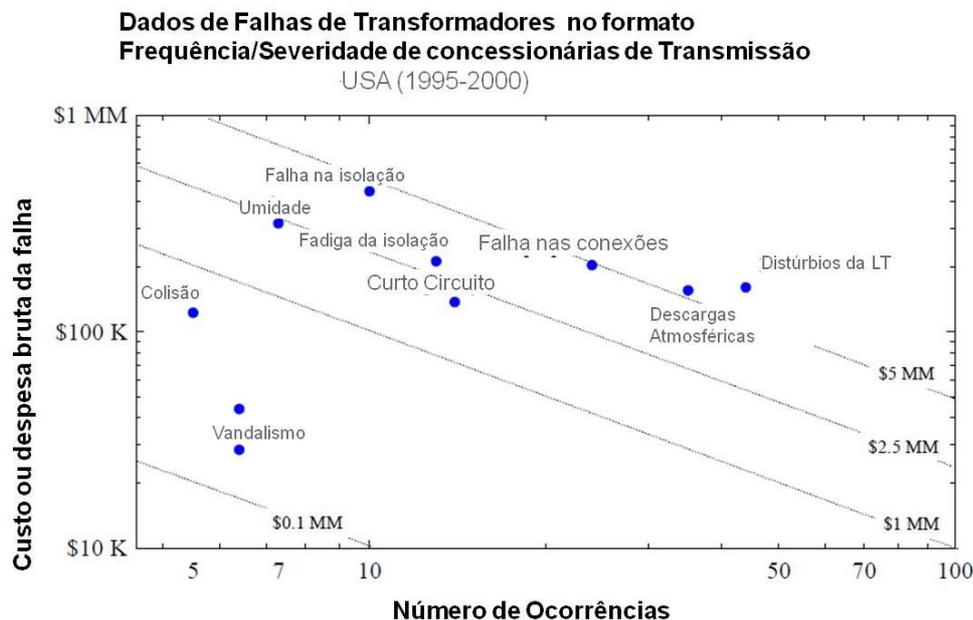


Figura 16: Curva de Frequência/Severidade de transformadores de potência [9]

Este é um gráfico de dispersão log-log, ou às vezes conhecido como uma curva de frequência. O número de falhas para cada causa está no eixo X, e os dólares pagos por cada ocorrência estão indicados no eixo Y. De acordo com os dados disponíveis, os distúrbios da linha de transmissão (ou surtos de Linha) que culminam com a queda da linha é o maior risco para todos os tipos de transformadores. A categoria inclui surtos de chaveamento, picos de tensão, falhas de linha e outras anormalidades [9]. Além destas outras falhas de maior risco e probabilidade de ocorrerem devem ser evitadas pelas ações de controle ou pelas estratégias de gestão através da análise do ciclo de vida, estabelecendo políticas de operação e carregamento para cada transformador, identificando os que podem continuar operando com alguma sobrecarga, os que precisam de reforma ou renovação, os que devem ser realocados e os que devem ser substituídos mesmo antes do final de sua vida útil.

Portanto as avaliações de riscos associadas à análise do ciclo de vida permitem uma atuação mais precisa na gestão dos ativos.

A empresa deve assegurar que os resultados das avaliações de risco e a eficácia das medidas de controle de risco são considerados e, quando apropriado, fornecer informações para:

- a) A estratégia de gerenciamento de ativos;
- b) Os objetivos de gestão de ativos;
- c) O(s) plano(s) de gestão de ativos;
- d) A identificação de recursos adequados incluindo os níveis de pessoal ou mão de obra;
- e) A identificação da necessidade de formação e de competências {4.4.3};

² Hartford Steam Boiler Inspection & Insurance Co.

- f) A determinação de controles para as atividades do ciclo de vida e a implementação dos planos de gestão de ativos {4.5};
- g) O quadro geral de gestão de riscos da empresa.

A organização deve manter documentados os resultados de identificação de riscos, avaliações de risco e controles atuais determinados, e não fazê-lo pode afetar a entrega dos objetivos da gestão de ativos e a estratégia de gestão de ativos.

Sempre que as medidas existentes sejam revistas, ou novos arranjos sejam introduzidos que poderiam ter um impacto sobre as atividades de gerenciamento de ativos, a organização deve avaliar os riscos associados, antes que as medidas sejam implementadas. A empresa deve assegurar que os riscos são geridos e controlados {4.4.7}.

Passo 3: Monitorar as condições e desempenho dos ativos críticos no ciclo de vida

A empresa deve estabelecer, programar e manter processo (s) para a implementação do(s) seu(s) plano(s) de gerenciamento de ativos e controle das atividades durante todo o ciclo de vida de seus ativos [4.5], incluindo:

- a) aquisição, criação ou melhoria de bens;
- b) utilização dos ativos;
- c) manutenção de ativos;
- d) Desclassificação e / ou alienação dos ativos.

O ciclo completo da vida de um equipamento é apresentado a seguir:



Figura 17: Ciclo de vida completo dos ativos

A maioria das empresas concentra seus esforços desde a etapa de aquisição até a etapa de manutenção, mas o planejar, especificar e o descartar dos ativos não são decisões concentradas na equipe de gestão da operação, o que não é o ideal, pois estas etapas costumam estar pulverizadas entre outras áreas que nem sempre detêm as informações necessárias para atuar no tempo ideal.

Usualmente as empresas de energia já acompanham o desempenho de seus principais ativos de modo sistemático, mas às vezes é preciso reavaliar as tecnologias disponíveis e rever especificações para obter melhor resultado. Da mesma forma o planejamento deve integrar as decisões de expansão e operação e o histórico da

manutenção, além de prever o descarte, a renovação e a substituição de ativos ao longo dos anos.

Como exemplo, podemos citar os transformadores de distribuição cujas perdas em vazio e sob carga contribuem para um total estimado em mais de 40% das perdas na rede de distribuição [10] e se substituídos por transformadores eficientes com baixos níveis de perdas em uma empresa com 2,5 milhões de transformadores de 30kVA teriam um potencial de economia de 502.750 MWh/ano ou cerca de R\$ 46,95 milhões [10].

Em linhas gerais podemos analisar cada uma das etapas do ciclo de vida como a seguir:

a) Planejamento:

Esta etapa inicial deve focar a integração dos objetivos organizacionais com os planos de gestão de ativos.

O planejamento estratégico é o conjunto de decisões programadas previamente relativas ao que deve ser feito na organização a longo prazo e requer uma base sólida de informações.

Um planejamento matricial é capaz de assegurar a expansão do sistema através de investimentos que atendam a demanda crescente permitindo a ampliação da rede no momento certo, mas também deve considerar as informações de operação e o monitoramento dos ativos críticos para prever sua renovação ou substituição no momento certo, ou seja, antes que uma falha irreparável aconteça, ou antes, que termine a vida útil do ativo.

O planejamento deve assegurar que os ativos operem com segurança, qualidade e confiabilidade, atendendo as exigências legais e ambientais.

b) Projeto

A etapa de projeto ou concepção inclui a pesquisa e aplicação de novas tecnologias na aquisição ou renovação dos ativos críticos. Nesta etapa a especificação para aquisição de ativos deve ser revista periodicamente com base nas informações de desempenho dos ativos em operação e com base na necessidade de atualização tecnológica, buscando ativos que tenham o menor TCO (*Total Cost of Ownership*), mesmo que o valor inicial para compra seja mais alto, considerando também novos indicadores como o nível de eficiência energética.

A especificação deve considerar normas e padrões da empresa que também devem ser revistos para incluir as diretrizes de novas tecnologias e de adequação dos ativos cujo desempenho não mais atenda as estratégias da empresa.

A rotina de rever normas, padrões e especificações deve ser alinhada entre as áreas de gestão de ativos e engenharia, ambas integradas com a área de planejamento estratégico.

c) Aquisição

A aquisição de equipamentos ou serviços é feita com base nas especificações desenvolvidas na fase de concepção e projeto.

Esta etapa é seguida pelas atividades de gestão de contratos, construção e / ou instalação do ativo e, finalmente, garantia da qualidade. Toda área de suprimentos e

serviços comerciais deve dar suporte a esta etapa da gestão de ativos criando procedimentos que estejam de acordo com as diretrizes da gestão.

d) Início de operação e utilização dos ativos

Após a aquisição inicia-se a etapa de comissionamento isto é, quando o gestor ou contratante tem concluída a implementação do projeto ou aquisição e o ativo ou sistema está totalmente pronto para ser utilizado.

Tratando-se de uma subestação de energia, o ensaio final da instalação deve ser efetuado e documentado através de um as-built ao mesmo tempo em que as equipes de operação e manutenção devem ser treinadas sobre os requisitos operacionais da nova planta. A fase termina quando o novo ativo é colocado em operação comercial e as diretrizes de manutenção preventiva e corretiva são estabelecidas e de conhecimento das equipes.

e) Operação e Manutenção

Durante a fase de operação e manutenção, espera-se que o ativo físico desempenhe sua função conforme foi concebido nas fases de planejamento e projeto, atingindo os níveis de qualidade e confiabilidade especificados.

A maneira pela qual o ativo é operado e mantido determinará diretamente a expectativa de vida útil e a confiabilidade do mesmo. Quando há interação ou integração entre operação e manutenção é possível obter-se os melhores desempenhos com os menores custos.

O efeito da boa gestão dos ativos durante a fase de operação e manutenção propiciará uma extensão da expectativa de vida, reduzindo os custos totais do ciclo e vida e garantindo a disponibilidade e confiabilidade do ativo.

Durante esta fase a determinação dos indicadores de desempenho é essencial para que a equipe de gestão tenha as informações necessárias para as tomadas de decisão.

Entre os principais indicadores de operação recomendamos os seguintes:

- Indicador de disponibilidade (número de horas em funcionamento ou apto para funcionar/ número de horas de existência)
- Taxa de falhas (número de falhas) / (tempo de existência * número de equipamentos)
- Tempo médio entre falhas (MTBF) (1/taxa de falhas)
- Severidade de falhas (0 a 10 de acordo com a gravidade da falha)
- Vida remanescente (vida útil – idade atual do ativo- estimativa de perda por falha e/ou incidente)
- Valor de Mercado em Uso (VMU) do equipamento³
- Tempo médio entre reparos ou manutenibilidade
- Disponibilidade
- Custo real (soma dos custos de reparos com custos atualizados)
- Frequência de falhas ou reparos
- Níveis de carregamento
- Probabilidade de curto circuito
- Taxa de ocorrências por causa (causa de interrupção/número de interrupções)

³ ANEEL - Revisão Tarifária Periódica de Concessionárias de Distribuição
(http://www.aneel.gov.br/cedoc/aren2011457_4.pdf)

- Perdas técnicas
- Medições de parâmetros elétricos e mecânicos
- Calculo de indicadores de qualidade de energia fornecida

Estes indicadores entre outros contribuem para uma visão global dos requisitos do sistema.

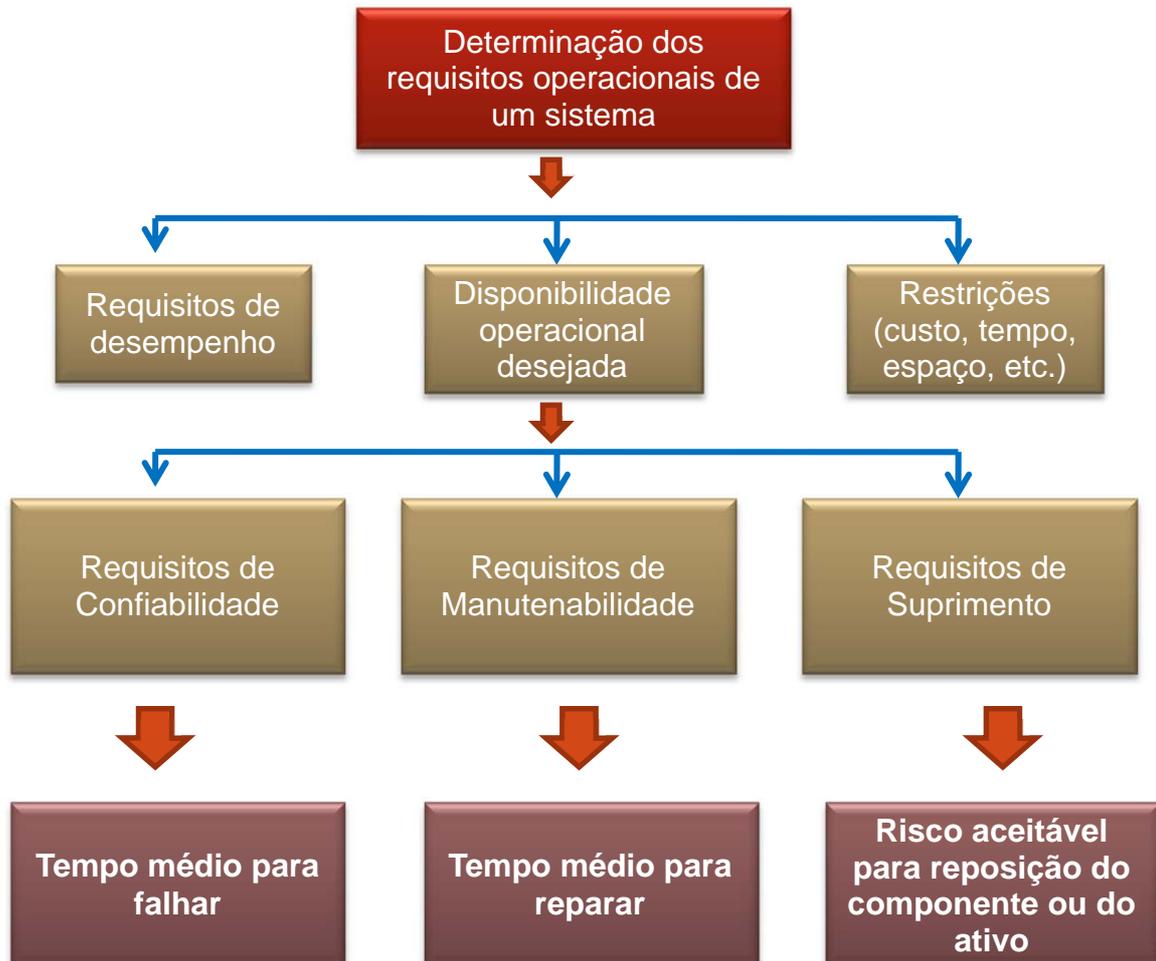


Figura 18: Determinação dos requisitos de um sistema em função do risco aceitável

Em muitas redes de distribuição de energia, por exemplo, o nível de monitoramento de ativos individualmente não é tão significativo como a atenção dedicada ao monitoramento da rede que costuma variar de acordo com a importância da carga alimentada e o tipo de ocorrência ou perturbação no sistema classificadas como:

1- *Grandes ocorrências ou perturbações, que causam interrupção no fornecimento de energia em uma grande área:*

As grandes perturbações chamam a atenção devido à suas consequências, mas pouco pode ser feito após estas ocorrências, senão analisá-las quanto à causa e intensidade para evitar repetição dos problemas.

Neste caso deve-se avaliar o impacto sobre os ativos críticos.

2- *Pequenas ocorrências ou perturbações, que causam interrupções em áreas localizadas:*

Estas perturbações que podemos chamar como normais ou esperadas, envolvem ocorrências simples e geralmente são eliminadas através da atuação correta do sistema de proteção e interrupção de energia numa área localizada.

Os pequenos distúrbios ocorrem com maior frequência, e análise e investigações dos mesmos são fundamentais para evitar grandes problemas no futuro. Também é possível otimizar ações corretivas de equipes de manutenção com o aprendizado obtido com a análise dos distúrbios.

Estas perturbações também costumam afetar os ativos críticos e sua ação deve ser investigada.

3- Perturbações escondidas ou incidentes, que não causam interrupções no fornecimento:

Apresentam as seguintes características:

1. Não envolvem interrupções forçadas de energia;
2. Passam despercebidas pela operação do sistema;
3. Não envolvem atuação de relés de proteção;
4. Em médio ou longo prazo, irão afetar as atividades de manutenção;
5. Ocorrem de forma repetitiva.

Estas perturbações escondidas não são detectadas por pessoas e sistemas de supervisão convencionais, mas devem ser investigadas como as anteriores, pois:

- Afetam a vida útil de equipamentos elétricos;
- Podem ocasionar paradas de produção nas indústrias, mesmo sem ter havido uma interrupção da energia;
- Fornecem pistas valiosas para evitar uma perturbação mais grave que envolva interrupção ou queima de equipamentos.

Podemos citar exemplos de excessivo nível de harmônicos em um transformador, sucessivas ocorrências de afundamentos de tensão em um alimentador de média tensão e elevado número de partidas de um elemento de sobrecorrente de neutro num circuito, todas ocasionando perda de vida útil ou desgaste dos ativos.

As razões destes eventos podem ser descobertas antes de haver uma maior consequência e medidas preventivas podem ser tomadas.

Com o conhecimento adquirido através da análise destas perturbações escondidas, é possível evitar futuras interrupções e falhas graves como:

- Queima de motores de indução em circuitos de baixa tensão, devido à ocorrência de elevação de tensão fornecida à entrada da indústria;
- Sobrecarga no neutro de um alimentador causada por desequilíbrio;
- Isolador trincado numa rede de distribuição aérea provocando fuga à terra de baixo valor.
- Galho de árvore próximo à rede podendo ocasionar curto circuito e queima de equipamentos;
- Sobreaquecimento excessivo e consequente queima de transformador de média para baixa tensão devido a cargas não lineares;

Por isso é necessário que seja feita uma análise de degradação ou desgaste dos equipamentos possibilitando a análise de confiabilidade e a projeção de falhas.

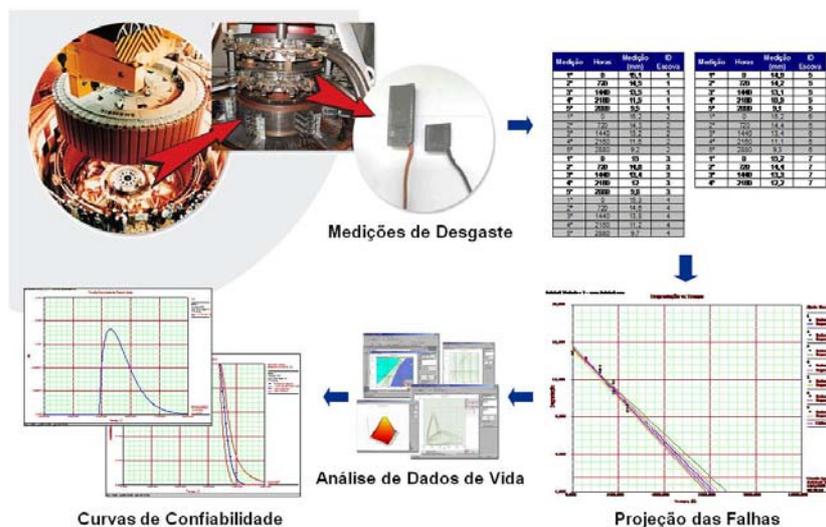


Figura 19: Obtenção das curvas de confiabilidade e projeção de falhas [11]

Os históricos de desempenho devem ser baseados em inspeções, manutenções e ocorrências ou perturbações e são importantes para as decisões da equipe de gestão.

Apresentamos a seguir os parâmetros a serem analisados em cada etapa:

a) Inspeções periódicas

Inspeções periódicas devem ser feitas numa base rotineira. Podem ser visuais, apuradas ou detalhadas. O tipo de equipamento, a orientação do fabricante, a evidência de deterioração, área de uso, tipo de carga e o resultado das inspeções anteriores determinam o grau e o intervalo das inspeções periódicas.

Tipo	Exemplos de Conteúdo
Inspeção Simples (visual ou à distância)	<ul style="list-style-type: none"> • Condições do ambiente • Deteriorização por envelhecimento • Distância entre partes vivas • Evidências de falha iminente • Termografia • Ultrassonografia
Inspeção específica (apurada) ou por amostragem	<ul style="list-style-type: none"> • Medições do nível de isolamento • Análise físico-química de óleo isolante • Identificação de trilhamento • Sistema de proteção e refrigeração • Cromatografia dos gases dissolvidos no óleo isolante
Inspeções detalhadas	<ul style="list-style-type: none"> • Ensaio elétrico específicos • Ensaio mecânicos • Ensaio de estanqueidade • Susceptibilidade à corrosão • Nível de ruído • Medições de descargas parciais

Tabela 2: Tipos de inspeção e sua abrangência

b) Manutenções

Manutenção é o conjunto de ações essenciais para manter e conservar um ativo ou restaurá-lo para uma condição satisfatória de operação. As manutenções podem ser classificadas de várias formas de acordo com sua periodicidade, abrangência e foco:



Figura 20: Classificação de manutenções

Os planos de manutenção devem definir o tipo de manutenção, sua periodicidade e sua extensão.

A manutenção centrada em confiabilidade (MCC) ou em inglês Reliability Centered Maintenance (RCM) é uma ferramenta que através de uma sistemática conhecida permite a aplicação dos tipos de manutenção acima citados, de acordo com as características do modo de falha e confiabilidades requeridas.

A MCC surgiu com a proposta de ser uma ferramenta que possibilite aos gestores a resposta para os seguintes desafios:

- Seleção das técnicas mais apropriadas para manutenção
- Modelagem dos processos de falha
- Buscar melhor custo-benefício

O processo de ter um programa de manutenção centrada em confiabilidade deve seguir os seguintes passos:

- Quais as funções do sistema ou equipamento e os padrões de desempenho associados a eles?
- Como o sistema pode falhar ao realizar essas funções?
- O que pode gerar a falha funcional?
- O que acontece quando uma falha ocorre?
- Quais podem ser as consequências quando a falha ocorre?
- O que pode ser feito para detectar e prevenir a ocorrência das falhas?
- O que deverá ser feito se uma tarefa de manutenção não pode ser realizada?

O programa de manutenção centrada em confiabilidade deve ter como principais componentes os diversos tipos de manutenção e análises aplicáveis a cada caso:



Figura 21: Principais componentes de um programa de manutenção centrada em confiabilidade

São ferramentas chave para a MCC a Análise dos Modos e Efeitos das Falhas - FMEA e o Diagrama Lógico de Decisão.

A manutenção centrada em confiabilidade [17] deve seguir no mínimo três etapas básicas que devem ser sempre revistas:



Figura 22: Etapas da manutenção centrada em confiabilidade

A Análise Funcional tem por objetivo definir como o sistema estudado deve funcionar e quais as funções desempenhadas por ele no cumprimento de sua missão dentro do processo produtivo de uma instalação.

Uma vez definido como o sistema, seus grupos funcionais e seus conjuntos técnicos funcionam, deve-se proceder à análise de como ele poderia deixar de efetuar suas funções, analisando-se as gravidades e frequências de falhas dos equipamentos deste sistema e definindo-se suas criticidades, conforme preconizado na Análise dos Modos e Efeitos das Falhas – FMEA. Nesta etapa também são analisadas as consequências das falhas e sua criticidade.

Após a análise de como o sistema deixa de cumprir suas funções é necessário estabelecer ações de manutenção preditiva, preventiva ou corretiva para evitar as falhas que geram estas disfunções. Critérios econômicos e de eficácia devem ser empregados na hora de escolher tais tarefas.

Os princípios primários da análise da manutenção centrada em confiabilidade são:

- Orientação para a função - busca preservar a função do sistema ou do equipamento, não somente a operabilidade;
- Foco no sistema - mantém primeiramente a funcionalidade do sistema e não de um único elemento;
- Centrado em confiabilidade - busca conhecer as probabilidades de falha em períodos específicos da vida dos componentes;
- Condicionamento ao projeto - tem como objetivo manter a confiabilidade inerente ao projeto atual do equipamento ou sistema (mudanças de performance são tarefas de engenharia de projetos e não da manutenção);
- Segurança e economia - a segurança deve ser assegurada a qualquer custo. Se em determinada situação o custo é fator limitador para o atendimento da segurança, a MCC deve alertar para alteração do projeto do sistema;
- Orientação para o tratamento de qualquer condição insatisfatória - considera como falha a perda de função de um equipamento (operação cessada) ou a perda de qualidade do processo (processo não conforme);
- Base em três tipos de trabalhos de manutenção - combinam ações de manutenção baseadas em intervalos de tempo, ações baseadas em condições, e ações baseadas no tratamento de falhas potenciais.

f) Descarte e/ou substituição

Esta etapa inclui a análise de viabilidade das seguintes ações:

- Troca do equipamento - A substituição planejada de ativos por razões outras que não sejam, por exemplo, a expansão do sistema, visa minimizar os riscos de degradação e de baixo desempenho no final da vida útil. Estes ativos podem ser descartados ou sucateados.
- “Aposentadoria” do equipamento – É a remoção do equipamento do serviço devido à expansão do sistema, mas a retenção deste recurso por razões estratégicas, tais como servir como peças sobressalentes para situações emergenciais.

O princípio fundamental da Gestão de Ativos é assegurar que a condição dos ativos é monitorada efetivamente, e estes são mantidos para prover níveis apropriados de serviço para satisfazer necessidades e expectativas dos clientes. Também deve haver um compromisso entre manter ou substituir um recurso para assegurar o nível de serviço adequado.

Substituição de equipamento [19] é um conceito amplo que abrange desde a seleção de ativos similares, porém novos, para substituir os existentes, até a avaliação de ativos que atuam de modos completamente distintos no desempenho da mesma função.

As decisões de substituição são de uma importância crítica para a empresa, pois são em geral irreversíveis, isto é, não têm liquidez e comprometem grandes quantias de dinheiro. Uma decisão apressada de “livrar-se de uma sucata” ou a tendência de possuir sempre o “último modelo” podem causar problemas sérios de capital.



Figura 23: Descarte ou reciclagem

Em geral, a análise financeira através do Valor Presente Líquido (VPL) e do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) são os indicadores mais utilizados para se avaliar a decisão econômica de substituir um ativo, mas ambos requerem cuidados com sua utilização.

A escolha do método do VPL, por exemplo, não é conveniente para determinar a vida econômica de um equipamento, mas é um importante indicador para a retirada de operação de um ativo.

As razões para a substituição de equipamentos

Existem várias razões não exclusivas entre si que tornam econômica uma substituição de equipamentos.

A deterioração é uma das causas, e se manifesta por custos operacionais excessivos, e custos de manutenção crescente. O risco de falha e as consequências da indisponibilidade são outras razões normalmente consideradas.

A exposição a condições adversas de operação também acelera a degradação do equipamento. Por exemplo, sabe-se que o tempo de vida do transformador se reduz a cerca de metade, por cada 6-8°C de subida de temperatura, para além da temperatura normal de operação [18].

Há também situações nas quais, devido à mudança de uma operação corrente, um equipamento perde a capacidade de operar eficientemente, isto é, o equipamento torna-se inadequado.

Observando o desempenho de indústrias de vários setores, constata-se que muitas empresas têm o hábito de manter os equipamentos velhos e em final de vida útil em funcionamento, mesmo quando sua operação não é mais economicamente viável.

As despesas de manutenção em geral superam em muito o valor dos investimentos.

Acredita-se que existe atualmente na América Latina um potencial enorme de redução de custos simplesmente desfazendo-se de equipamentos obsoletos com tempos de operação muito elevados ou produzindo fora das especificações.

Acredita-se que as empresas não fazem as substituições que deveriam fazer por causa de um comodismo administrativo: as decisões de substituição não chegam a ser cogitadas, pois o estilo administrativo dominante nas indústrias ainda é o de resolver os problemas só em último caso, e não se antecipar a eles.

As substituições também acontecem por evolução tecnológica ou por melhoria de nível de desempenho para melhorar a lucratividade da empresa como no exemplo a seguir:

Uma importante rede de hotéis no México diagnosticou que 60% da energia consumida em suas instalações eram originadas do uso de ar condicionado. Os equipamentos utilizados apresentavam uma demanda de 73 kW e um consumo de 145 kWh por ano. Com a substituição destes ativos críticos para a rede hoteleira, por equipamentos com alta eficiência energética com demanda de 30 kW e consumo de 85 kWh anuais obteve-se um pay-back de 3 anos além de 30 % da redução de emissões de CO₂.

Vida econômica e vida útil de um ativo

A vida econômica de um ativo [19] é o período de tempo (geralmente em anos) em que o custo anual uniforme equivalente de possuir e de operar o ativo é mínimo. Os bens, como equipamentos e instalações, desgastam-se com o uso, necessitando cada vez mais de manutenção. Assim, é de esperar que os custos operacionais aumentem com o passar do tempo.

A vida útil pode ser definida como o período de tempo em que o ativo consegue exercer as funções que dele se espera. A vida útil depende de como o ativo é utilizado e mantido.

A vida econômica refere-se aos custos globais em que a empresa incorre para manter em operação certo equipamento. Enquanto a vida útil diz respeito à capacidade física de produção de certo equipamento.

Em outras palavras, pode se dizer que a vida econômica de um ativo corresponde ao tempo de utilização deste ativo, capaz de produzir com menor custo para a empresa, e que certamente, é menor ou igual à sua vida útil, cujo conceito encontra-se associado ao limite possível de uso do ativo.

A determinação da vida econômica de um bem [19] é, na verdade, bastante simples: calcula-se o CAUE (Custo Anual Uniforme Equivalente) para cada ano da vida útil, e em seguida escolhe o menor CAUE. O ano em que o CAUE é mínimo, corresponde à vida econômica do ativo, ou seja, o ano que economicamente deve ser feita a substituição.



Figura 24: Vida econômica de um ativo

O cálculo da vida econômica de um ativo, do VPL e a análise de riscos e incertezas são alguns parâmetros que devem ser considerados (além da vida útil e da taxa de retorno do investimento) no processo de decisão.

Para avaliar todo o estudo de substituição de ativo, a empresa deverá ter dados históricos do desempenho dos ativos existentes. Haverá, é claro, ainda a necessidade de um estudo periódico, para detectar as necessidades de substituições de ativos, ou seja, de um sistema de administração de custos (manutenção e operação) que informe as necessidades de substituição de ativos.

Passo 4: Investigar falhas, incidentes e não conformidades relacionadas aos ativos críticos

Falha é toda perda de função principal ou de desempenho de um equipamento. O sucesso de uma gestão de ativos eficiente em relação à manutenção reside em assegurar o desempenho requerido pelo sistema ao menor custo possível. Isto significa que os métodos de manutenção devem estar baseados, sobretudo no claro entendimento das falhas que incidem sobre os diversos níveis do sistema.

Um modo de falha é definido como sendo toda e qualquer falha que seja inerente a um equipamento ou componente, e que resulte em uma perda funcional sobre um sistema ou um sub-sistema.

a) Análise dos modos e efeitos de falha

A análise dos modos e efeitos de falha é uma metodologia ou procedimento qualitativo de análise de confiabilidade através do qual cada modo de falha potencial é analisado de forma a determinar os efeitos no sistema e sua classificação de acordo com a severidade[13].

A relação entre modo e efeito de falha, se bem controlada, pode tornar-se uma ajuda muito grande para a análise da confiabilidade e também para os processos de manutenção a serem adotados [13]. A dificuldade é grande neste relacionamento dado que diferentes modos de falha podem se manifestar da mesma maneira, ou seja, apresentam o mesmo efeito. Essa complexidade torna-se ainda mais evidente quando da associação de um item a outro.

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ou análise de modo e efeito de falha é a metodologia de base da análise de falhas utilizando o processo de MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade). No decorrer da análise, a metodologia FMEA identifica cada função do sistema e suas falhas associadas. Em um nível mais aprofundado, identifica os modos de falha associados a cada uma destas falhas, examinando quais as consequências sobre o sistema [12].

A análise de dados utilizando FMEA na concepção da manutenção centrada em confiabilidade pode ser esquematizada como na figura a seguir [11]:

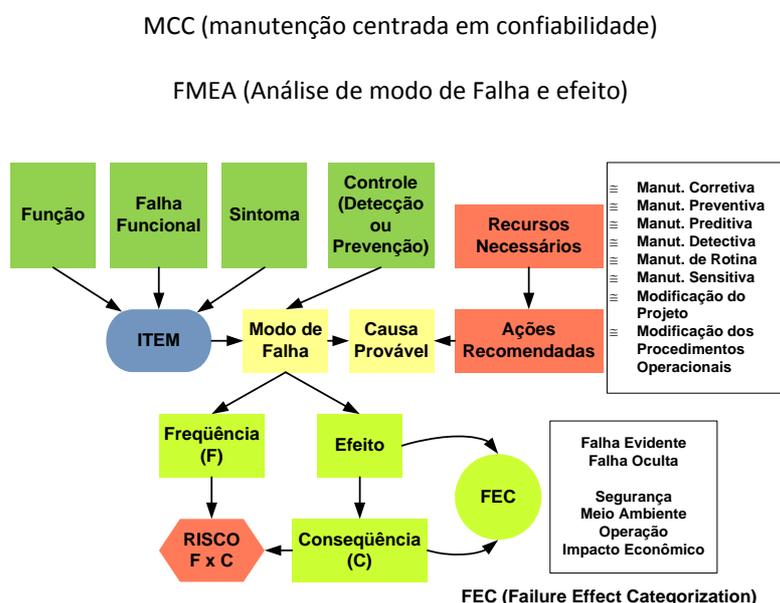


Figura 25: A Análise dos Dados e Programas de Manutenção: FMEA e MCC [11]

b) Análise da Causa Raiz

Outro método importante na investigação de falhas de ativos críticos é a análise de causa raiz (root cause failure analysis – RCFA) que normalmente é usado para equipamentos que requerem uma apuração mais detalhada da falha. O processo pode acontecer após a ocorrência de falha ou investigação de acidente, sendo baseada no sucessivo questionamento do “por quê?” a cada etapa da análise.

A análise de causa inicia com a pergunta “Por que o equipamento falhou?” e a cada resposta nova pergunta é dirigida para a causa apresentada, até esgotar todas as possibilidades. As causas encontradas podem ser ligadas ao equipamento ou não como falta de treinamento, falha do gerenciamento, fatores externos, e outros.

As principais etapas da análise de causa raiz são:



Figura 26: Etapas da análise de causa raiz

As causas identificadas podem ser agrupadas em um diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa:

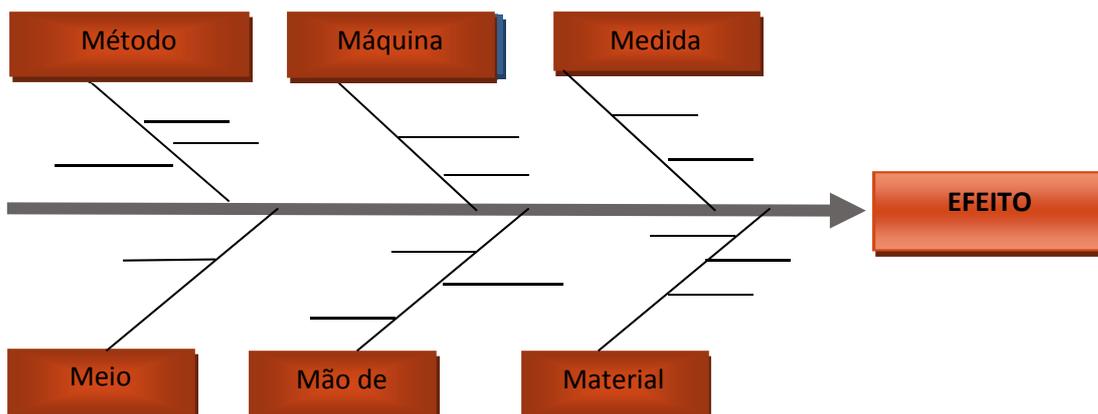


Figura 27: Diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa

Além da análise causa raiz e da análise do modo de falha podem ser utilizadas outras técnicas como 6 sigma ou FTA (análise de árvore de falhas) para investigar a ocorrência de incidentes ou falhas nos ativos críticos.

Estas análises devem ser documentadas e as soluções implementadas devem ser acompanhadas quanto a sua eficácia.

A base de dados dos ativos deve permitir análises estatísticas e de confiabilidade para que, ao longo do tempo, as curvas probabilísticas de confiabilidade e risco de falha dos principais componentes de um conjunto de ativos críticos possam ser traçadas e analisadas quanto à expectativa de vida e custos ao longo da vida de cada ativo.

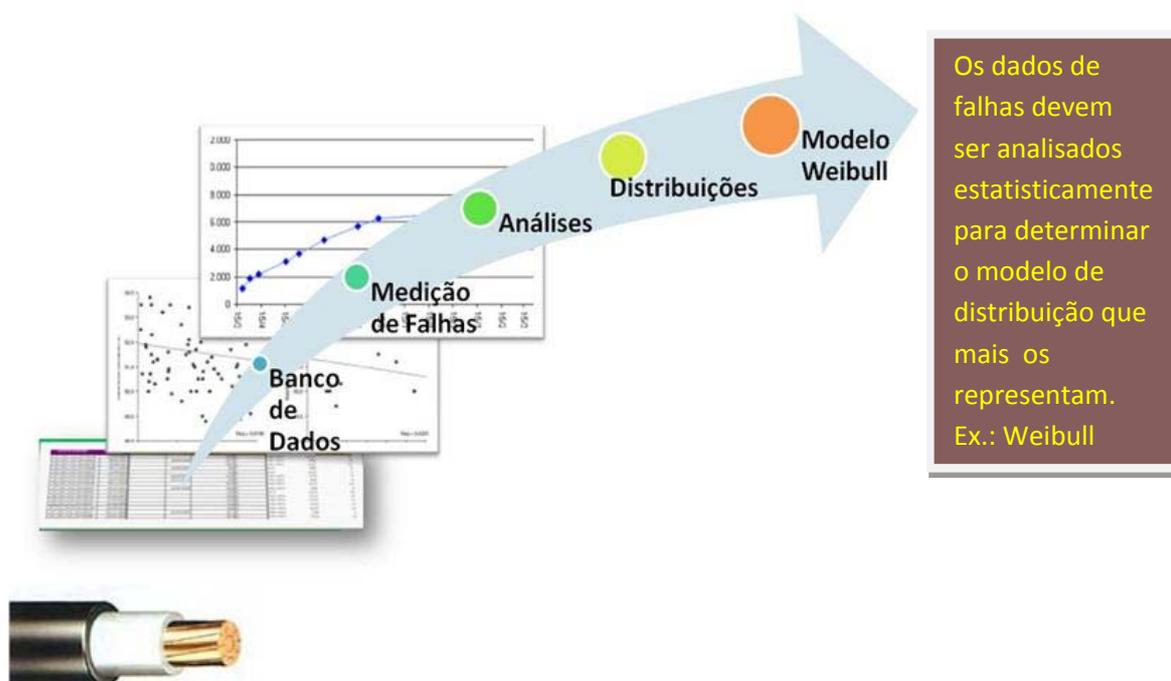


Figura 28: Análises e modelos estatísticos para determinar distribuição de probabilidade do tempo de vida remanescente

Passo 5: Efetuar análises econômica e dos custos do ciclo de vida de ativos críticos

A gestão do ciclo de vida dos ativos críticos é um componente essencial para a gestão de ativos e requer a aplicação de critérios técnicos e econômicos para a tomada de decisões.

Todo equipamento possui um ciclo de vida que é composto por todas as fases desde sua concepção até o seu descarte ou reciclagem:

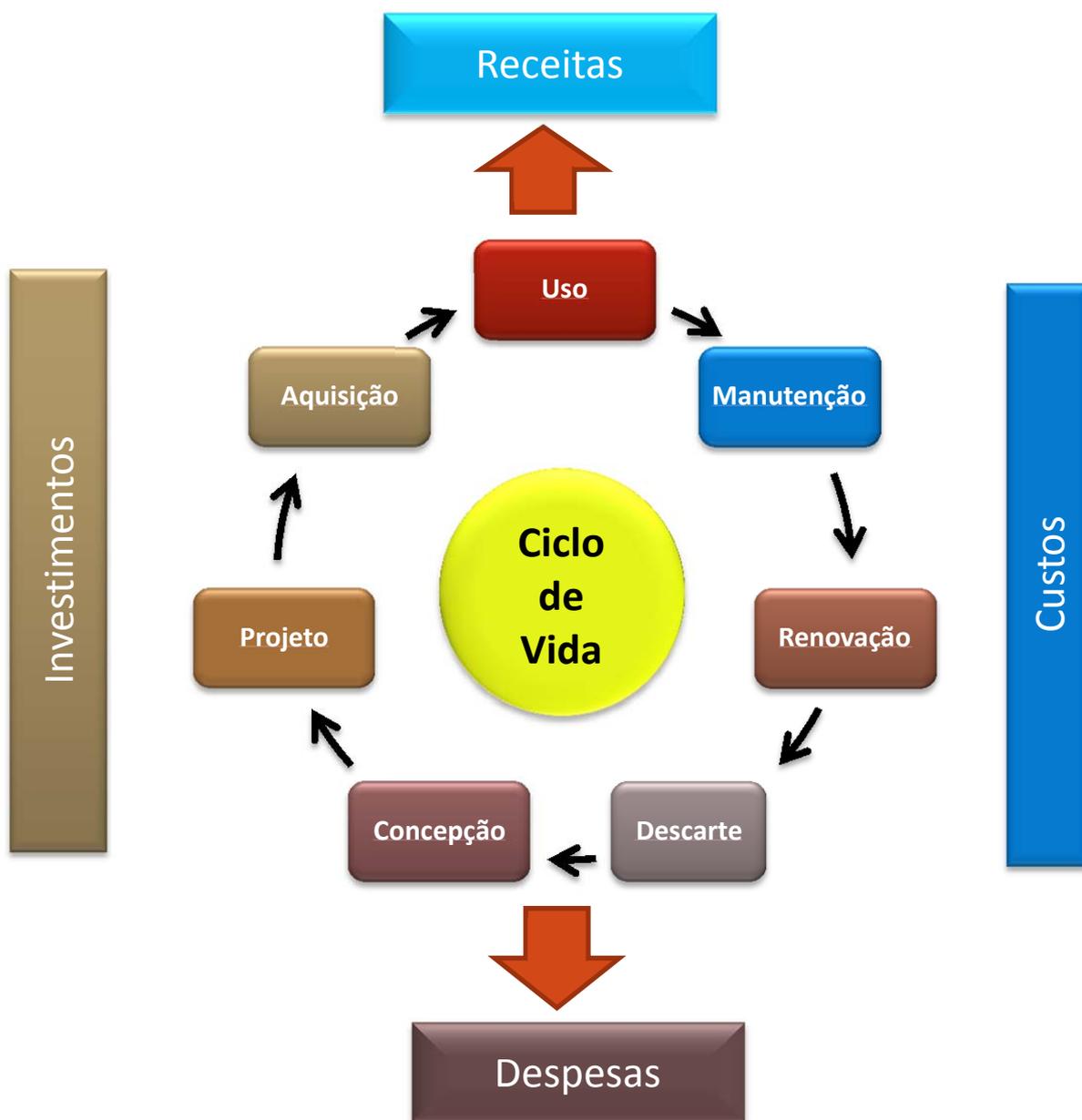


Figura 29: Ciclo de vida e seus aspectos econômicos

Conforme as empresas buscam melhorar seu desempenho operacional, a análise do ciclo de vida aliada à análise econômica dos ativos proporciona à gestão de ativos resultados mais eficazes na administração dos ativos.

A análise do ciclo de vida além de propiciar um conhecimento mais profundo sobre o comportamento do ativo auxilia as empresas a definir o momento certo para o descarte e como deve ser feito este descarte de forma a minimizar os impactos ambientais associados.

Entende-se por ciclo de vida o tempo de existência do ativo dentro da empresa desde a concepção ou especificação até o descarte para reciclagem ou sucateamento.

Durante o ciclo de vida os eventos causados por incidentes, acidentes ou falhas aceleram o final da vida útil do ativo reduzindo a expectativa de vida ou tempo remanescente de utilização do ativo nas condições exigidas.

O monitoramento adequado da operação do ativo possibilita a equipe de gestão estimar a vida remanescente em função da severidade dos eventos ocorridos ao longo do ciclo de vida e determinar o ponto exato do momento da substituição do ativo antes que uma falha irreversível possa acontecer.

Para que a empresa obtenha o melhor rendimento e a melhor atuação de um ativo é necessário ter um gerenciamento do ciclo de vida.

O gerenciamento do ciclo de vida de um ativo deve compreender:

- Sistema de monitoramento contínuo;
- Avaliação e registro de incidentes, acidentes e falhas;
- Estratégias de manutenção específicas;
- Análise do custo do ciclo de vida;
- Gerenciamento de riscos, confiabilidade e probabilidades de falha.

Considerando como exemplo o transformador com dados fictícios, e supondo um sistema de supervisão e monitoramento instalado no alimentador, temos ao longo dos anos o registro das ocorrências e as informações de operação.

A avaliação das falhas ocorridas com este tipo de ativo e suas causas apresentaram o seguinte resultado (fictício):



Figura 30: Exemplo de avaliação de falhas

Com as informações de falhas de material detalhadas por componente faz-se a análise de confiabilidade [11]:



- ✚ Componente A
 - Distribuição de Falha: Weibull, $b= 1,4$, $h = 1.000$
 - Distribuição de Reparo: Weibull, $b=1,4$, $h = 100$
- ✚ Componente B
 - Distribuição de Falha: Weibull, $b= 2,0$, $h = 5.000$
 - Distribuição de Reparo: Exponencial, $MTTR = 12$
- ✚ Componente C
 - Distribuição de Falha: Exponencial, $MTTF = 10.000$
 - Distribuição de Reparo: Normal, $m=8$, $s= 0,00001$

Figura 31: Exemplo de análise de confiabilidade com valores fictícios

Pode-se calcular:

- Disponibilidade média
- Tempo total de funcionamento
- Tempo gasto com manutenção
- Número esperado de falhas durante a vida útil
- Tempo médio até a primeira falha do sistema
- Confiabilidade
- Manutenibilidade
- Expectativa de vida

A análise destes parâmetros deve realimentar as estratégias de manutenção, renovação e substituição do transformador.

Neste ponto a análise econômica e a análise de riscos devem ser agregadas a análise do ciclo de vida para compor a tomada de decisão[14].

Os vários cenários de decisão podem ser tabelados com base nas seguintes informações (dados fictícios):

Cenário	Custo da Ação	Estimativa de vida Restante Atual	Custo de nova falha	Perfil de risco	Custo Equivalente Anual	Custos ocultos de operação Até substituição	Expectativa de vida pós-ação
SI	R\$ 0	10	R\$1000,00	5	R\$105,50	R\$ 600,00	10
RP	R\$ 500	15	R\$ 500,00	2,5	R\$ 80,50	R\$ 400,00	25
RE	R\$ 1.000	15	R\$ 450,00	2,5	R\$ 80,50	R\$ 300,00	25
SU	R\$ 1.500	15	R\$ 450,00	1,5	R\$ 80,50	R\$ 100,00	30

Tabela 3: Exemplo de análise de cenários

Onde:

SI = Sem intervenção

RP= Reforma Parcial

RE= Renovação (Reforma completa)

SU= Substituição por outro novo

A definição do cenário escolhido é feita com base no melhor desempenho com menor custo e maior expectativa de vida.

Soluções menos custosas podem não ser as mais duradouras e com melhor desempenho, por isso a necessidade de ter uma visão geral dos diferentes cenários.

A maioria das empresas não leva em consideração nas suas decisões os custos ocultos que podem ser definidos como os custos que não estão normalmente aparentes, mas que são importantes para o funcionamento do ativo.

Alguns destes custos são exemplificados a seguir e são estabelecidos de acordo com a particularidade de cada empresa:

- Custo de transporte para manutenção e reparo do ativo;
- Custo das equipes de emergência para atender a ocorrência e colocar o ativo em operação;
- Custo da equipe de gestão em analisar a falha e propor uma solução;
- Custo da não qualidade;
- Custo da probabilidade de acidente com pessoas;
- Custo da probabilidade de danos ao meio ambiente;
- Custo de retrabalho em caso de repetição de falha;
- Custo da insatisfação do cliente com a interrupção do fornecimento de energia;
- Multas, taxas e sanções pela falha do ativo.

A análise de custos do ciclo de vida (LCC – Life cycle costs) leva em consideração todos os custos operacionais e de manutenção, além do investimento inicial na aquisição de um ativo. Outros custos importantes são os custos ocultos, os impostos e os custos de administração em contrapartida aos subsídios recebidos, valores agregados e os valores residuais.

O investimento inicial representa apenas uma parte dos custos totais envolvidos em um ativo e pelo seu uso no longo prazo, investimentos que parecem altos no momento da compra podem ser remunerados no longo prazo através de baixos custos operacionais e de manutenção.

A análise de LCC (Life cycle costs) [14] pode ser feita através dos seguintes passos:

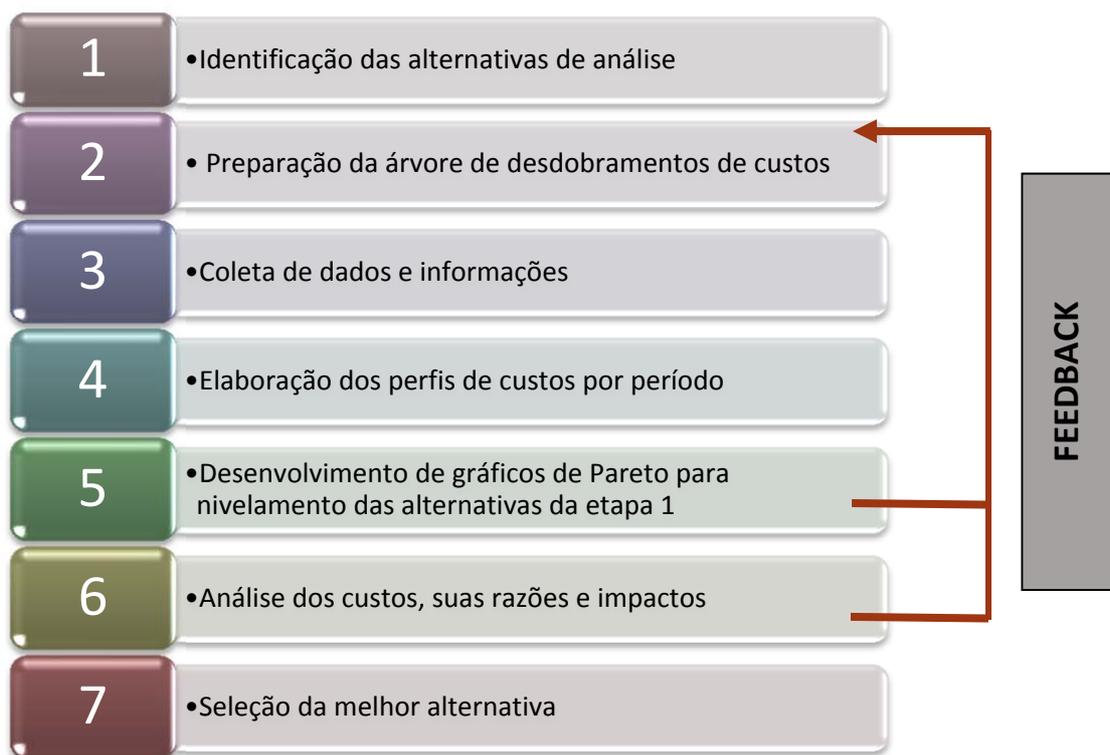


Figura 32: Etapas para LCC (life cycle cost) ou análise de custos no ciclo de vida

A análise completa pode ser mais bem compreendida através do exemplo de um ativo de uma empresa do ramo de mineração: o filtro-prensa [14].

O filtro-prensa é um equipamento utilizado no processo de mineração para realizar a separação entre o minério trabalhado e a água adicionada ao processo para o transporte deste dentro de tubulações.

Neste caso, vamos considerar quatro opções para análise (Manutenção da condição atual, Troca ou Substituição, Repotencialização e Reforma Geral) do ciclo de vida no horizonte de 10 anos.

Foram realizados os gráficos de Pareto para cada uma das alternativas [14]:

a) Manutenção da condição atual (sem intervenções)

Custos	Custos até 10 anos	% até 10 anos	Acumulado
Aquisição	0,0	0%	0%
Componente A	6.403.920,20	23,97%	23,97%
Componente B	...	...	...
Total	26.721.669,80		

b) Troca ou substituição por um equipamento novo

Custos	Custos até 10 anos	% até 10 anos	Acumulado
Aquisição	7.944.762,00	33,13%	33,13%
Componente A	3.842.352,10	16,02%	49,16%
Componente B	...	...	...
Total	23.977.763,90		

c) Repotencialização do equipamento existente

Custos	Custos até 10 anos	% até 10 anos	Acumulado
Aquisição	2.383.428,60	9,02%	9,02%
Componente A	5.891.606,60	22,30%	31,33%
Componente B	...	...	...
Total	23.417.480,40		

d) Reforma geral do equipamento

Custos	Custos até 10 anos	% até 10 anos	Acumulado
Aquisição	3.575.142,90	12,94%	12,94%
Componente A	5.763.528,20	20,86%	33,81%
Componente B	...	...	...
Total	27.624.645,80		

Situação 2 (trocar): Aquisição em janeiro, disponibilidade fornecida pelo fabricante de 98% e redução de perdas em manutenção em 95%.

Situação 3 (repotenciar): Realização em janeiro, disponibilidade fornecida de 96% e redução de perdas em manutenção em 92%.

Situação 4 (reforma geral): Realização em janeiro, disponibilidade fornecida de 97% e redução de perdas em manutenção em 90%.

Desta forma, consideram-se os seguintes dados históricos da empresa:

- Relação Dólar / Real
- Taxa de inflação anual
- Custos ambientais e custos de perdas de produção = Foram adotados os mesmos valores para as 4 opções, de forma a provocar a análise sob a ótica exclusiva dos custos de manutenção.
- Limite de análise = 10 anos.
- Horas por ano = 8080 horas.
- Intervalos de manutenção, relação de peças e homens-horas necessários: Plano de manutenção adotado na empresa e baseado no manual do fabricante.

Para cada opção é calculado o VPL (valor presente líquido) e a TIR (taxa interna de retorno), e o melhor resultado neste exemplo foi obtido com a alternativa 3.

Passo 6: Tomar decisões e buscar a melhoria contínua

Em geral as melhores práticas de gestão de ativos acontecem quando a empresa opta por manter seus ativos em uso durante o tempo que estes permanecerem em condições seguras, tecnicamente eficientes e economicamente viáveis. As políticas de gestão e manutenção devem apoiar este objetivo, intervindo ativamente para garantir a melhoria contínua do desempenho.

A empresa necessitar ter uma política clara de renovação de seus ativos que devem ser substituídos não somente quando estão irremediavelmente danificados, mas quando:

- a) Os custos operacionais e/ou de manutenção durante a vida remanescente do ativo excederão o custo de substituição;
- b) Há risco iminente de falha do ativo;
- c) O impacto de uma provável falha supera o custo de substituição;
- d) Uma provável falha pode comprometer a confiabilidade e a segurança do sistema e de pessoas;
- e) Os ativos tornaram-se obsoletos e ineficientes para operar e manter;
- f) Os ganhos com a substituição implicam em melhoria de indicadores relativos à segurança de pessoas, do meio ambiente e desempenho da empresa.

Para que as decisões ocorram da melhor forma possível, é preciso que a equipe de gestão possua as informações precisas sobre as condições de seus ativos. As informações básicas são:

- Monitoramento das condições dos ativos (condições de operação, dados de inspeções, ensaios, manutenções, registro de incidentes e de ocorrências);
- Desenvolvimento de diagnóstico para interpretar os dados de monitoramento da condição;
- Determinação dos modos de falha, confiabilidade e análises estatísticas;
- Cálculo das taxas de falha, vida remanescente e probabilidade de falhas;
- Análise econômica dos investimentos de capital e custos com ativos;
- Análise de riscos dos ativos críticos.

No sistema de gestão de ativos a qualidade da entrada de dados terá impacto significativo sobre a precisão da saída, por isso é importante ter o comprometimento da equipe em manter os registros atualizados e organizados.

Os planos de manutenção, reforma e renovação dos ativos devem fazer parte do planejamento anual para que um orçamento próprio para a gestão dos ativos possa ser desenhado e o planejamento de longo prazo seja modelado.

Os gestores de ativos também são responsáveis por determinar quais itens devem ser mantidas como estoque estratégico devido principalmente ao tempo que o fornecedor necessita para reposição e a importância do componente para o sistema da empresa.

O momento de introdução de novas tecnologias também deve ser decidido pela equipe de gestão de ativos com base nos históricos e tendências de mercado.

Muitas vezes é a equipe de gestão de ativos que aponta a necessidade da atualização tecnológica ou de mudança nas especificações, como no exemplo a seguir:

Em 2010 uma importante indústria de porcelanas, com cerca de 60 anos de atuação no mercado, detectou entre seus ativos críticos a existência de equipamentos que foram adquiridos em diferentes épocas desde sua fundação com tecnologias antigas e sem a preocupação com a eficiência energética [16].

Os moinhos da fábrica, essenciais para o negócio, utilizavam motores elétricos standard com baixa eficiência e alto consumo de energia. Ao avaliar seu processo de fabricação e mapear o estado dos ativos críticos e buscar soluções no mercado, a empresa constatou que era preciso alterar a especificação dos motores e substituí-los por motores de alto rendimento.

Esta mudança aconteceu em 3 etapas distintas:

1) Identificação ou diagnóstico:

Nesta fase inicial foi executado um mapeamento da função dos moinhos de bolas dentro do processo através do levantamento de dados da instalação, dos motores e das medições detalhadas de consumo e rendimento em vários ciclos de operação.

2) Análise do estado atual e alteração de especificação

As análises das medições e das curvas de operação possibilitaram concluir que era necessária a substituição dos motores elétricos convencionais de acionamento dos moinhos por motores de ímãs permanentes e inversor com dispositivo de frenagem e com grau de proteção IP65.

Estas características reunidas permitem além da economia de energia pela utilização de um motor de extra-alto rendimento, a adequação ao ambiente de operação do motor e a flexibilidade operacional em função da velocidade variável.

3) Avaliação de resultados após a execução

Após a substituição dos motores e de seu acionamento (inversor) foram executadas medições para comprovar a economia obtida com a substituição dos motores convencionais tipo standard por motores de extra alta eficiência (ímãs permanentes e inversor de frequência). Os resultados de um dos motores substituídos são mostrados nas tabelas a seguir:

Redução de consumo:

Motor	Acionamento	Potencia (kW)	Rotação (rpm)	Tensão (V)	Freq. (Hz)	Carcaça	Torque (Nm)	Consumo (kW)
CA Estandar	Partida Direta	40	1175	380	60	200L	243	26,9
Wmagnet - Imãs Permanentes	Inversor de frequência	60	0 a 1800	380	60	200L	239	17,7

Ganhos anuais:

Consumo (kW)	Nº horas operação/ciclo	Nº ciclos/mês	Nº meses/ano	Total kWh / ano	Tonelada de CO ₂ /ano	R\$/ano (energia elétrica)
26,9	8	27	12	69.724,80	17,43	15.674,14
17,7	7	27	12	40.143,60	10,04	9.024,28

A economia anual de energia com um dos novos motores é de R\$ 6.649,85. Como o investimento para implantação do motor de alto rendimento foi de R\$ 15.977,21, o retorno do investimento é obtido em 2 anos e 4 meses [16].

Com esta solução, a empresa deixou de emitir 7,38 tCO₂ anuais, o que equivale ao trabalho de absorção de 37 árvores nativas.

Estes ganhos só aconteceram porque a equipe de gestão de ativos da empresa decidiu avaliar seus ativos críticos antes do final da vida útil, revendo as especificações do projeto inicial da planta fabril e pesquisando as novas tecnologias no mercado que propiciassem maior confiabilidade e melhor competitividade.

A análise de riscos deve dar suporte às decisões da gestão de ativos, facilitando a priorização de investimentos e o alinhamento dos planos de gestão.

Os planos de gestão devem ser sempre vistos e reavaliados (planejado x real) para que ações de ajuste possam ser definidas dentro de um programa de melhoria.

Todas as ações da gestão de ativos devem focar a melhoria contínua do processo de gestão visando obter os seguintes resultados:

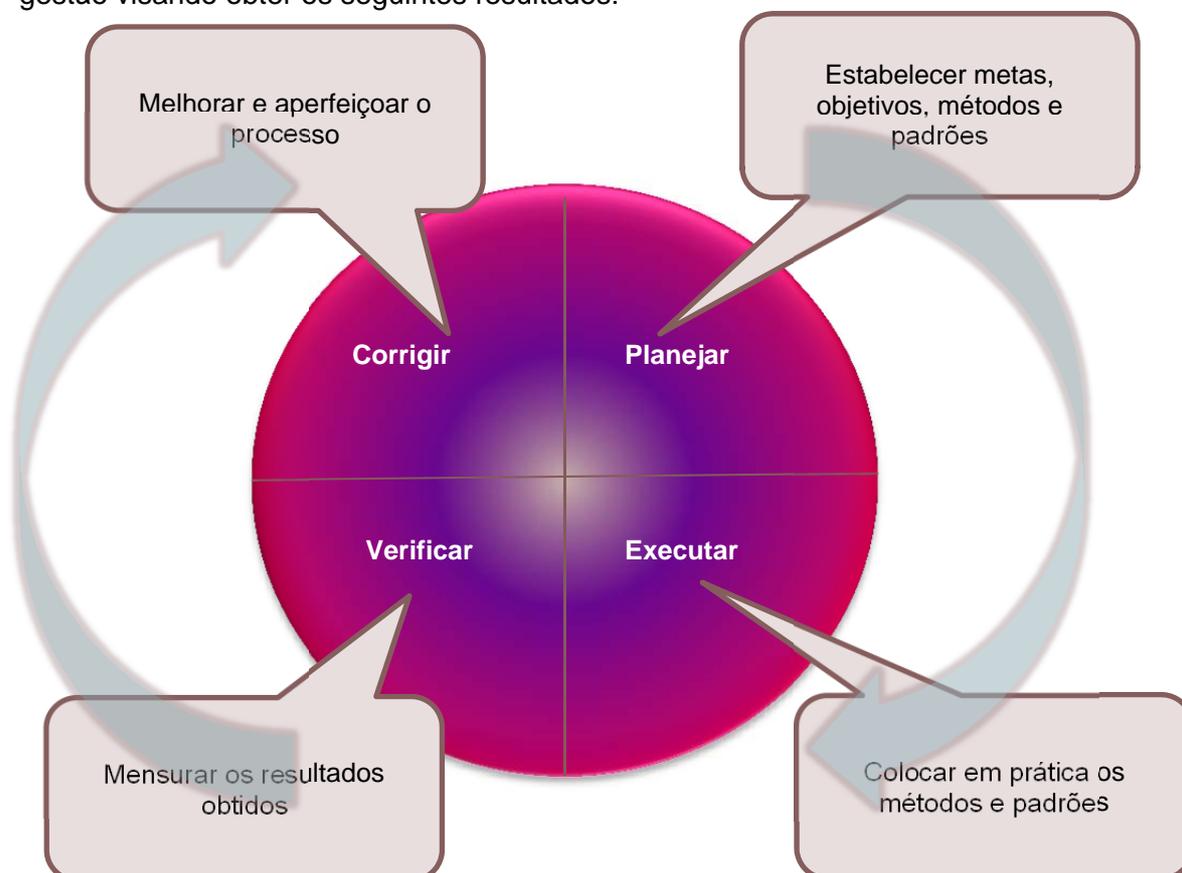


Figura 33: Ciclo de Melhoria contínua para a gestão de ativos

- a) Mudança da cultura de manutenção para a cultura de gestão de ativos
- b) Criação de valores permanentes
- c) Excelência no desempenho dos ativos

Periodicamente o sistema de gestão de ativos deve ser revisto e auditado de forma a identificar oportunidades de melhoria.

Logo no início, antes da implantação do sistema de gestão de ativos, recomenda-se a realização de um diagnóstico e uma análise de lacunas devem ser feitas para saber exatamente o estado atual e onde é possível atuar de imediato.

Seguindo a metodologia do PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Corrigir), para que o processo de melhoria contínua alcance os melhores resultados é necessário seguir os seguintes passos:



Figura 34: Principais fases do processo de melhoria contínua

Conclusões e recomendações para as empresas de energia

Um dos principais objetivos da gestão de ativos é a opção por decisões relacionadas ao ciclo de vida dos ativos cujo saldo é o resultado de um conjunto de decisões de investimentos que devem acarretar no máximo rendimento dos ativos, com baixo risco e com segurança de operação.

Nas empresas de energia e infraestrutura, a gestão de ativos é de fundamental importância, pois está relacionada com o centro de negócio da empresa.

Em casos de ausência ou má gestão de ativos, danos enormes podem ser causados às empresas e à sociedade como o blecaute ocorrido em 2009. Segundo reportagem do jornal “Folha de São Paulo” (27/10/2010) o apagão que deixou 18 Estados sem luz em novembro de 2009 foi provocado por uma combinação de equipamentos obsoletos, falta de manutenção e erro na operação do sistema de transmissão de energia, elementos que são essenciais e presentes na gestão de ativos. A apuração de responsabilidades deste evento levou a ANEEL⁴ a aplicar uma multa de R\$ 53,7 milhões.

Devido às exigências de um mercado regulado, a interligação em um sistema complexo e a variedade de ativos existentes, implantar um sistema de gestão de ativos é um desafio para os gestores, porém os resultados obtidos com o gerenciamento mais efetivo de riscos, o atendimento aos clientes com total confiabilidade, a redução de gastos e a melhor lucratividade das empresas no longo prazo justificam plenamente os esforços necessários.

A gestão de ativos é uma vantagem competitiva para as empresas de energia através da melhoria de indicadores de desempenho, do melhor equilíbrio entre retorno e riscos e do aumento da confiabilidade do sistema como todo.

Entretanto, para que a gestão de ativos seja eficaz é necessário comprometimento e capacitação dos profissionais no conhecimento do ciclo de vida dos ativos, dos custos e dos investimentos (diretos e indiretos) durante o período de vida útil, para que a avaliação econômica aliada à avaliação de riscos sejam alicerces no planejamento estratégico da empresa.

Conclusões e recomendações para o ICA

O processo de gestão de ativos é complexo e exige melhoria contínua, porém a falta ou escassez de conhecimento dos ciclos de vida, da expectativa de vida, da avaliação econômica e da avaliação de riscos, faz com que as empresas tomem decisões erradas optando por alternativas que requerem menor investimento em curto prazo, mas que nem sempre garantem o melhor resultado.

Esta falta de conhecimento e de um padrão de referência é uma oportunidade para o ICA promover o uso de equipamentos eficientes e com melhor desempenho durante o

⁴ ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica - <http://www.aneel.gov.br/>

ciclo de vida, além de atuar junto aos órgãos normativos na criação de padrões de gestão.

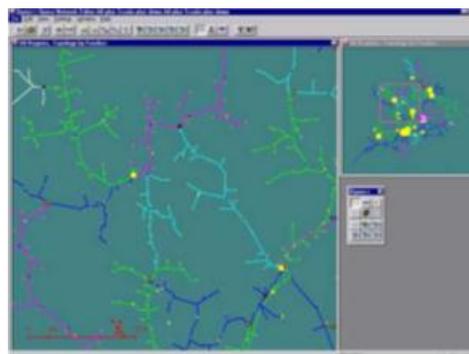
O setor da energia elétrica é fundamental para a economia mundial. O aumento da demanda, a flutuação de preços e as questões ambientais contribuem para criar uma atmosfera sem precedentes de desafios e mudança para todos os atores deste setor de atividade.

As empresas do setor elétrico são de capital intensivo e com ativos tangíveis relevantes. Possuem necessidade de avaliar seus ativos e ciclos econômicos para atender as exigências do mercado regulado e as expectativas dos acionistas, o que torna a gestão de ativos fundamental neste segmento.

Dentro do sistema de gestão de ativos de empresas de energia, equipamentos como geradores, transformadores, motores, disjuntores, religadores, reguladores de tensão, chaves seccionadoras e outros que utilizam cobre como elemento essencial, são considerados críticos e são objetos da gestão de ativos.

A gestão de ativos deve ser incentivada pelo ICA, não somente nas empresas de energia, mas também em outros setores da indústria que usam motores e máquinas elétricas onde muitas vezes o cobre é ameaçado pelo baixo custo do alumínio.

Existe um campo enorme a ser explorado nos próximos anos, pois existe a tendência de unificação da gestão de ativos com a gestão energética garantindo maior competitividade para as indústrias de vários segmentos.



Bibliografia

- [1] PAS-55 (Publicly Available Specification number 55) - British Standards Institution
Primeira edição de abril de 2004 revisada em 2008 (<http://pas55.net/>)
- [2] Zampolli, Marisa et al, “Gerenciamento de Ativos no setor elétrico da América Latina
Resultados da Pesquisa: Melhores Práticas e Tendências”, outubro de 2011
- [3] Pereira, Felipe Ernesto Lamm, “Determinação do intervalo de manutenção programada da proteção de linhas de transmissão considerando-se penalidades associadas à indisponibilidade” Tese de doutorado– PUC Rio – outubro de 2008

Bartlett, S., “Asset Management in a Deregulated Environment” on behalf of the CIGRE Joint Task Force 23.18 and Australian Working Groups, CIGRE Biannual Meeting, Paris, 2002
- [4] Cheberle, Luciano A.D.; Carvalho, Cláudio E., “Controle patrimonial georeferenciado com padrões regulatórios de codificação e descrição das características técnicas dos ativos em serviço no Brasil” apresentado no CIDEL Argentina 2010
- [5] Burle, Hélio, “Da manutenção para a gestão de ativos”, apresentação no SIC-Simpósio Internacional de Confiabilidade, 17/05/2012
- [6] Raposo, José Luis Oliveira, “Manutenção centrada em confiabilidade aplicada a sistemas elétricos: uma proposta para uso de análise de risco no diagrama de decisão”, Dissertação de Mestrado- Universidade Federal da Bahia, 2005
- [7] Pintelon, L., Gelders, L. and Puyvelde van, F., “Maintenance Management, Acco Leuven, Amersfoort”, 1997
Davidson, Innocent E., “Utility Asset Management in Electrical Power Distribution Sector, School of Electrical, Electronic and Computer Engineering, University of KwaZulu-Natal, 2005
- [8] Marcorin, Wilson R., Lima, Carlos A.C., “Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de equipamentos produtivos”, 2004
- [9] Bartley, William H. et al, “Life Cycle Management of Utility Transformer Assets” presented at Breakthrough Asset Management for Restructured Power Industry, Salt Lake City, 2002
- [10] Picanço, Alessandra, Martinez, Manuel L. B., “Desempenho de transformadores de distribuição”, Universidade Federal de Itajubá, 2008
- [11] Seixas, Eduardo, “Manutenção Focada na Gestão de Ativos”, Reliasoft, apresentação feita no 2º Seminário Amazonense de Manutenção, maio 2012

- [12] Pinto, Luis Henrique Terbeck, “Análise de Falhas – Tópicos de Engenharia de Confiabilidade” Engenharia de Manutenção Central, novembro 2004
- [13] SAKURADA, Eduardo Yuji, “ As técnicas de Análise do Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. Florianópolis: Eng. Mecânica/UFSC, (Dissertação de mestrado), 2001
- [14] Herculano, Adriano Souto, “Mensuração e avaliação dos custos no setor de manutenção industrial de uma mineração: impacto gerencial no ciclo de vida, dissertação de mestrado UFPB, 2009
- [15] Van Duc, Nguyen, “Managing T&D Assets to enhance business performance” presentation on 6th Harmonisation Forum, Thailand, June, 2012
- [16] Catálogo WEG/Procobre, 2011
- [17] Belardo, Carlos A. , Lopes, J.C.R, Souza, P.D. “Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na gestão de linhas de transmissão subterrâneas”, 2009
- [18] Martins, Maria A. G., “Gestão da vida útil dos transformadores”, EDP, 2009
- [19] Nascimento, Sebastião Vieira do. “Engenharia econômica: técnica de avaliação e seleção de projetos de investimentos”. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2010.
Nascimento, Sebastião V., “A importância da substituição de equipamentos” artigo em <http://www.logisticadescomplicada.com/a-importancia-da-substituicao-de-equipamentos/>