

## ANEXO 10.1

### Gestão de ativos centrada em confiabilidade e gestão de riscos em todo o seu ciclo de vida

#### 1. CONTEXTUALIZAÇÃO E CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Pelas características das concessões e responsabilidades dos agentes do setor elétrico, a gestão de ativos figura como uma atividade central para as empresas de energia elétrica. O envelhecimento dos equipamentos presentes nas redes elétricas, ao mesmo tempo em que ocorre uma renovação com a introdução de novas tecnologias, agrega complexidade operativa para o desafio do cumprimento de exigências setoriais, sejam regulatórias, sejam de qualidade de serviço pelos clientes. Outro fator central de complexidade é o volume de equipamentos no setor elétrico.

Fatores adicionais que impactam essa temática são o crescente aumento da geração distribuída e da capacidade de geração de fontes renováveis, juntamente com o crescimento da demanda e a eletrificação urbana, o que torna a operação de redes de distribuição e transmissão cada vez mais complexa e onerosa, exigindo processos mais eficientes e a otimização dos recursos disponíveis para equiponderar o aumento dos custos associados a este cenário. A título de exemplo, a Administração de Informação de Energia dos Estados Unidos (EIA, do inglês, *U.S. Energy Information Administration*), em recente estudo, destacou um aumento dos custos na rede de distribuição de 64% nos últimos 20 anos, associado a um aumento no número de consumidores de apenas 21%<sup>1</sup>.

Dessa forma, torna-se prementemente necessário o **aprimoramento de processos, infraestrutura, tecnologia e governança dedicados à gestão de ativos para atuação proativa em todo o seu ciclo de vida, com monitoramento de métricas de desempenho para priorizar ações preditivas e preventivas**. Isto é, a **incorporação da filosofia de análise de risco para desenvolver planos de manutenção mais sustentáveis e eficientes, com foco em performance e mitigação de riscos no curto, médio e longo prazo**, visando a atender às expectativas de qualidade de serviço exigidas pelos clientes e pelo órgão regulador e maximizar performance, confiabilidade, segurança e retorno financeiro dos ativos.

Em paralelo, o avanço da capacidade de processamento, de tecnologias de sensoriamento e monitoramento, de ferramentas e equipamentos baseados em IoT (do inglês, *Internet of Things*), e de técnicas de análise preditiva configura grande oportunidade para o setor elétrico evoluir na busca de excelência operacional e, no contexto de gestão de ativos, em gerar valor a partir da tomada de decisões baseadas no monitoramento contínuo dos ativos, na adoção de critérios de análise do impacto ao negócio e na antecipação de anomalias. Com efeito, a disponibilidade e a qualidade das informações são vitais para todos os aspectos da gestão de ativos e, frequentemente, novas ferramentas e processos são necessários para coletar, estruturar, gerenciar, analisar e utilizar os dados dos ativos.

Nesta conjuntura, é imprescindível que os dados dos diferentes sistemas em operação sejam integrados e estejam amplamente disponíveis em uma base de dados estruturada e auditada. A fim de garantir a consistência das informações e, pois, das conclusões advindas de sua análise, devem ser aplicadas técnicas automáticas de identificação e tratamento de erros e

---

<sup>1</sup> <https://utilityanalytics.com/2023/01/making-predictive-maintenance-economically-viable-for-overhead-distribution-infrastructure/>

inconsistências, a partir do cruzamento e processamento de informações de diferentes origens, incluindo métricas de validação desses algoritmos. Além disso, os dados devem possuir alta fidelidade e taxa de atualização adequada para capturar alterações nas condições físicas e operativas dos ativos.

De fato, a estruturação dos dados é um dos maiores desafios para aplicar técnicas de prescrição e predição em sistemas de gestão de ativos e, mesmo empresas que atingem elevado nível de integração, raramente aplicam processos de identificação de anomalias e correção sistemática.<sup>2</sup> Por vezes, a mesma informação é armazenada em mais de uma base e as mudanças efetuadas não são propagadas; além disso, o uso de diferentes sistemas e planilhas por diferentes equipes dificulta o acesso e o compartilhamento de dados e cria barreiras para ganhos de eficiência decorrentes de uma compreensão sistêmica e integrada da informação.

Adicionalmente, muitas das inspeções de campo são realizadas via formulários em papel a serem anexados em sistemas corporativos e/ou com muitos campos de preenchimento não estruturados, permitindo a inserção de dados inconsistentes. A presença de tais dados dificulta o processamento e a extração de informações, assim como a integração entre sistemas e atualizações em tempo real. Por fim, especialmente em redes de distribuição, o custo de sensoriamento e monitoramento, bem como o uso dos links de comunicação, pode se tornar proibitivo em alguns casos, o que resulta em um espaçamento maior entre os dados disponíveis e eventuais limitações das análises técnicas e operacionais.

Neste contexto, portanto, torna-se primordial estabelecer uma governança de dados e incorporar processos e ferramentas que subsidiem a constituição de uma base de dados estruturada e auditada, visando à melhoria do processo de tomada de decisão da organização. A fim de alcançar este objetivo, alguns passos se destacam como fundamentais:

- Profundo diagnóstico dos processos atuais para que toda jornada dos dados, desde as inspeções em campo até os sistemas finais, seja documentada e rastreável;
- Possível reestruturação de processos, aplicando governança adequada para maior extração de valor das informações, bem como maior eficiência e melhoria de comunicação e interação multifuncionais, evitando a redundância de atividades, retrabalhos e soluções individualizadas;
- Uso de ferramentas de inspeção eletrônicas para input de dados estruturados, integradas com demais sistemas e com acesso a dados históricos, e de tecnologias que tornem os processos de inspeção mais eficientes – como o uso de drones, imagens de satélite, e tecnologias IoT;
- Uso de ferramentas de sensoriamento e monitoramento de baixo custo<sup>3</sup> que permitam estabelecer uma linha de base e determinar o comportamento normal e anormal dos ativos priorizados conforme critérios de viabilidade da aplicação e categorização de relevância; e
- Comunicação efetiva sobre o sistema de gestão de ativos visando à melhoria da qualidade da informação dos ativos e conscientização dos colaboradores do seu papel nos processos de tomada de decisão na gestão de ativos e o valor de suas atividades, além de maior alinhamento e integração entre as equipes de campo e *back-office*.

<sup>2</sup> <https://utilityanalytics.com/2022/08/is-your-data-use-reflecting-your-organizational-truth/>

<sup>3</sup> Como sensores para análise de vibração de equipamentos de baixo ruído, sensores de corrente não invasivos, sensores piezoelétricos, e ferramentas para análise de radiofrequência (exemplos não exaustivos).

Com uma base de dados bem estruturada, auditada e de amplo acesso, torna-se possível identificar o verdadeiro potencial da organização em termos de predição de falhas, análises de risco e aplicação dos fundamentos da ISO5500X e da ISO31000. Para o aproveitamento deste potencial, por sua vez, é necessário adotar políticas e processos para a adoção sistemática de uma cultura de gestão de ativos centrada em riscos e aderente aos pilares do WCM (do inglês, *World Class Maintenance*).

Reconhecida a importância destas questões, esta Chamada Pública tem como objetivo selecionar projetos de inovação que deem subsídios para acelerar a adoção de um modelo de gestão de ativos centrado em confiabilidade e gestão de riscos, visando à otimização da performance e de recursos, à confiabilidade da rede elétrica e à modicidade tarifária. Para elaborá-los, os parceiros devem considerar as seguintes perguntas direcionadoras para responder desafios do cenário atual das concessionárias brasileiras:

#### Cenário “as-is”

- *Considerando o diagnóstico de cenário “as is”, como identificar erros e lacunas nos sistemas de informação atuais de maneira sistemática e automática? Como corrigi-los? Como prevenir que novos sistemas apresentem este tipo de inconsistências?*
- *Qual processo mais adequado para fazer um follow-up estruturado entre os insights obtidos via engenharia de manutenção e as ações realizadas em campo? Que ferramentas podem auxiliar esta interação?*
- *Considerando a base de dados atualmente disponível, para quais classes de ativos é possível a avaliação de indicadores de desempenho de manutenção e de risco? Quais são as análises e predições possíveis?*
- *Quais estratégias de cálculo de risco e de probabilidade de falhas já podem ser implementadas? Como transformar esses dados em informações de valor, viabilizando uma gestão de ativos e de risco?*
- *Considerando a avaliação da matriz de risco, a importância dos ativos para os objetivos estratégicos da organização, a relação de efetividade e de custos de ações preventivas e corretivas e os aspectos regulatórios de cada unidade de negócio, qual a melhor ação e quando fazê-la? Por exemplo, existem cenários em que a manutenção corretiva apresenta uma relação risco/custo mais interessante do que uma ação preditiva (baseada no monitoramento da condição)?*
- *Ao implementar essas estratégias já é possível mensurar ganhos na saúde (health index) dos equipamentos? Como transformar esses ganhos em valores financeiros?*
- *Como mensurar o OPEX total atrelado a cada ativo (pessoal, material, fornecedores) de forma estruturada e sistêmica? É possível utilizar essa informação para identificar os equipamentos que mais demandam ações de manutenção?*

#### Cenário “to-be”

Entendendo a condição atual, será possível realizar um diagnóstico dos principais desafios para a evolução da gestão de ativos aplicada à manutenção de equipamentos do setor elétrico brasileiro. A partir desta compreensão, a próxima etapa consiste em trilhar os passos necessários para superação desses obstáculos de forma estruturada e com geração de valor.

Neste cenário, os parceiros devem considerar as seguintes perguntas direcionadoras para responder desafios do cenário futuro das concessionárias brasileiras:

- *Considerando um cenário “to be”, que ferramentas e processos podem ser considerados para aprimorar a coleta de dados e informações disponíveis para as análises preditivas? Que dados adicionais devem ser considerados?*
- *Que modelos mais avançados para monitoramento poderiam ser incorporados para gestão de ativos mais avançada? Como estes modelos podem contribuir para otimizar a vida útil dos ativos e trazer valor à operação? Qual o retorno técnico-financeiro esperado ao se investir em ferramentas no cenário “to be”?*
- *Em comparação ao cenário base, qual o ganho na qualidade de predição considerando a aquisição de dados adicionais por meio de ferramentas de monitoramento da condição? Quais foram os benefícios dos investimentos realizados?*
- *Qual o custo para uma solução de larga escala? Como mensurar os ganhos associados a novas tecnologias e metodologias para gestão de ativos na cadeia de valor de resultados? Os ganhos justificam a aplicação da ferramenta em larga escala?*

Dessa forma, baseado no cenário “as is” e nas possíveis conclusões acerca de qual sistema de monitoramento apresenta a melhor relação entre a capacidade de predição de falha para cada tipo de ativo e o custo associado na sua implementação, precisamos ser capazes de responder, ao fim do projeto, como melhor alocar o limitado orçamento para uma gestão de ativos mais efetiva e como desenvolver um plano de médio prazo (3-5 anos) para a instalação dos sistemas de monitoramento mais adequados considerando a criticidade do ativo. Como já explicitado, para responder satisfatoriamente tais questões, para além dos aspectos técnicos do ativo em si, é primordial levar em consideração os aspectos regulatórios de cada negócio, incluindo variáveis de depreciação, e ciclo orçamentário.

## 2. OBJETIVOS

Antepostos desafios e visão de futuro, esta Chamada Pública almeja um projeto de PD&I que contemple os objetivos específicos descritos abaixo, considerando **ativos de Alta Tensão<sup>4</sup> (AT) das Distribuidoras, Transmissoras e Renováveis do Grupo CPFL Energia. As soluções devem ser desenvolvidas de forma específica para cada unidade de negócio**, respeitando suas especificidades regulatórias e de operação, porém de tal forma que sejam comparáveis entre si, permitindo ganhos e lições aprendidas do intercâmbio de informações.

1. Modelar e estruturar uma **base de dados**, considerando a integração de diversos sistemas e a identificação e **correção sistemática de anomalias** para formação de um barramento único de dados;
2. Avaliar a **qualidade e integridade dos dados existentes sobre cada tipo de ativo**, identificando possíveis lacunas ou inconsistências nas bases, nos processos e nas

---

<sup>4</sup> Equipamentos de nível de tensão superior a 69 kV, linhas de subtransmissão (de 69 a 230 kV) e linhas de transmissão (acima de 230 kV). Para os cabos subterrâneos de instalações da Transmissão e da Geração, devem ser considerados equipamentos de todos os níveis de tensão.

- ferramentas aplicadas, bem como **oportunidades de melhorias para mitigação de riscos** e exposições regulatórias e técnicas da organização;
3. Realizar o levantamento detalhado dos ativos da organização, incluindo suas características técnicas, subcomponentes, histórico de manutenção e dados de desempenho e identificando os **ativos críticos**<sup>5</sup>;
  4. Realizar **a análise de criticidade e riscos associados a cada ativo**, considerando impactos na confiabilidade de todo o sistema elétrico e nos custos de manutenção ou de operação (ocorridos ou em potencial);
  5. A partir da *base de dados disponível* e de variáveis exógenas de base de dados gratuitas, desenvolver modelos para cálculo do **índice de saúde dos ativos, sua probabilidade de falha e respectivo impacto (matriz de risco), bem como modelos de previsão e prescrição de ações**<sup>6</sup>, aplicando o conceito da curva PF e levando em consideração as condições de sobrevida dos ativos físicos;
  6. Atribuir **alarmes de operação, considerando a probabilidade de falha e trajetórias de referência**, incluindo gatilhos para análises adicionais (bem como o tipo de ação) e indicadores da urgência da ação corretiva;
  7. Considerando a avaliação da matriz de risco, custos do ciclo de vida (custos e despesas de capital, operacionais, financeiros e de ações preventivas e corretivas), e aspectos regulatórios de cada unidade de negócio (incluindo variáveis de depreciação e ciclo orçamentário), **indicar qual a melhor ação e quando fazê-la**<sup>7</sup>;
  8. Aplicar **critérios de avaliação do sistema de gestão de ativos, processos e sistemas**, considerando indicadores de garantia, custos e disponibilidade e a revisão da literatura clássica de engenharia de manutenção de ativos, com identificação dos conceitos e melhores práticas mais relevantes para o contexto específico do setor elétrico brasileiro (SEB);
  9. **Simular cenários de TOTEX** para modernização ou manutenção dos ativos com base nos indicadores de qualidade e riscos associados.

---

<sup>5</sup> São considerados críticos os ativos com maior potencial de impactar significativamente a realização dos objetivos da organização. Ativos podem ser críticos sob aspectos de segurança, ambientais ou de desempenho e podem se relacionar com os requisitos legais, regulatórios ou estatutários. Para definição, deve-se combinar a probabilidade de falha do ativo com o respectivo impacto que esta falha pode causar ao negócio da empresa, considerando critérios de segurança pessoal e acidentes, impacto no sistema quanto à quantidade de clientes interrompidos, indicadores de continuidade (incluindo se o conjunto é crítico ou não, no caso das distribuidoras), aspectos ambientais e as possíveis consequências que a falha no ativo pode incorrer perante à sociedade e à reputação da companhia junto aos clientes e órgãos reguladores.

<sup>6</sup> Ainda que já existam ferramentas comerciais para este tipo de análise, tais ferramentas exigem investimentos volumosos, a ampla disponibilidade de informações e, com frequência, inputs manuais. O desenvolvimento aqui proposto, além de considerar unicamente os dados e infraestrutura já disponíveis no parque, deve priorizar a ingestão dos inputs de entrada de forma automática.

<sup>7</sup> Isto é, espera-se que sejam desenvolvidos modelos de tomada de decisão em diferentes níveis dentro da organização, considerando métricas de desempenho quantitativas e qualitativas, incluindo indicadores antecedentes e posteriores e que levem em conta a variabilidade, magnitude e taxa de mudança dos parâmetros de desempenho monitorados, visando à filosofia de manutenção centrada na confiabilidade (MCC) e gestão de riscos (RBM, do inglês, *Risk Based Maintenance*).

10. Apontar o **processo e governança mais adequados para extração de valor das soluções propostas**, tendo como base os preceitos da ISO5500X e da ISO31000;
11. Realizar o levantamento de **ferramentas e categorias de sensoriamento, monitoramento, inspeção e controle end-to-end dos ativos** que podem gerar maior valor considerando o parque de ativos e os dados hoje disponíveis para provas de conceito em um *living lab*;
12. Atualizar e evoluir os modelos desenvolvidos a partir dos **resultados das provas de conceito** e de dados adicionais adquiridos;
13. Propor metodologias para **valorar o ganho advindo dos dados adicionais** e avaliar o *trade-off* do investimento considerando sua adoção para além do *living lab*; e
14. Apresentar **cases reais para substanciar os benefícios financeiros e não financeiros das soluções do projeto** – isto é, explicitar qual foi a melhora observada em relação ao caso base, indicando o efeito de diferentes políticas de manutenção no ciclo de vida do ativo.

Em suma, almeja-se um projeto que forneça subsídios para implementar um modelo de gestão de ativos centrado em dados, que promova a tomada de decisões baseada em informações precisas e na gestão de riscos e que seja flexível e adaptável às mudanças tecnológicas e de negócios no setor elétrico, considerando a possível integração de novas tecnologias, como Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial. Isto é, que promova a adoção de processos e práticas de gestão de ativos alinhados com os requisitos estabelecidos pela norma ISO5500X e ISO31000, com uma abordagem de gestão de riscos, incluindo a identificação, análise e mitigação de riscos associados aos ativos.

Desta forma, o projeto deve contribuir para a maximização da vida útil dos ativos e da confiabilidade da rede elétrica; para a melhor alocação dos recursos disponíveis; e para a busca da Excelência Operacional. Para tanto, o projeto deve ser bem-sucedido na estruturação de uma robusta base de dados, no estabelecimento de rigorosa governança de dados, com sistemática correção de inconsistências, e implementar ferramentas e processos alinhados com os requisitos da norma ISO5500X, com benefícios devidamente mensurados e valorados.

Assim, ao final do projeto, deve ser possível responder aos seguintes desafios:

- *Como o SEB se posiciona em relação ao benchmark internacional em termos de processos, melhores práticas de manutenção (ensaios, testes, inspeções, periodicidades), ferramentas e sistemas no que tange aos preceitos da ISO5500X;*
- *Considerando a literatura clássica de engenharia de manutenção de ativos, quais são os conceitos, princípios, técnicas e melhores práticas de maior relevância para o contexto específico do SEB;*
- *Como estruturar uma base de dados íntegra e auditável, com identificação e correção sistemática de anomalias;*
- *Como melhor estruturar processos e governança para que se extraia maior valor do sistema de gestão de ativos;*
- *Partindo do cenário “as is”, quais são as possíveis análises referentes à MCC e RBM;*

- *Considerando a avaliação da matriz de risco dos ativos, custos do ciclo de vida e retorno sobre o capital empregado, qual a melhor ação deve ser tomada (preventiva x corretiva), como e quando a fazer?*
- *Quais são as principais tecnologias para monitoramento da condição dos principais equipamentos do SEB?*
- *Como e de que forma evoluir para um cenário de aplicação plena na ISO5500X; e*
- *Partindo de cases reais, quais são os benefícios financeiros e não financeiros da aplicação plena da ISO5500X – porque este investimento é imprescindível no cenário atual.*

### 3. REQUISITOS E RESULTADOS ESPERADOS

Considerando a contextualização e objetivos já retratados, o projeto de PD&I proveniente desta Chamada Pública deverá contribuir com as ações e esforços do Grupo CPFL Energia na transição para uma filosofia de manutenção baseada em confiabilidade e gestão de riscos, aplicando diretrizes da ISO5500X. Para atingir tais objetivos, são vislumbradas cinco frentes principais de trabalho, em que se organizam os requisitos do projeto, sendo as frentes de maior prioridade aquelas de (i) *Diagnóstico e estruturação da base de dados*; e (ii) *Processamento e inteligência agregada*. De forma resumida, estas frentes e seus principais aspectos são apresentados na Figura 1. Os requisitos, para cada frente, são elencados na sequência. **Por fim, vale salientar que a relação é uma referência e não é exaustiva, de forma que o parceiro pode sugerir a inclusão de novos elementos de análise na proposta, bem como outros podem surgir ao longo da execução do projeto, sendo incorporados ao escopo.**



Figura 1 – Frentes de trabalho e requisitos de projeto.

### 3.1. Diagnóstico e estruturação da base de dados

Conforme já apresentado, para fidelidade e bom desempenho das análises, o projeto deve partir de uma base de dados robusta e bem estruturada. Como entregas mínimas desta frente são esperados os produtos apresentados no fluxo da Figura 2.

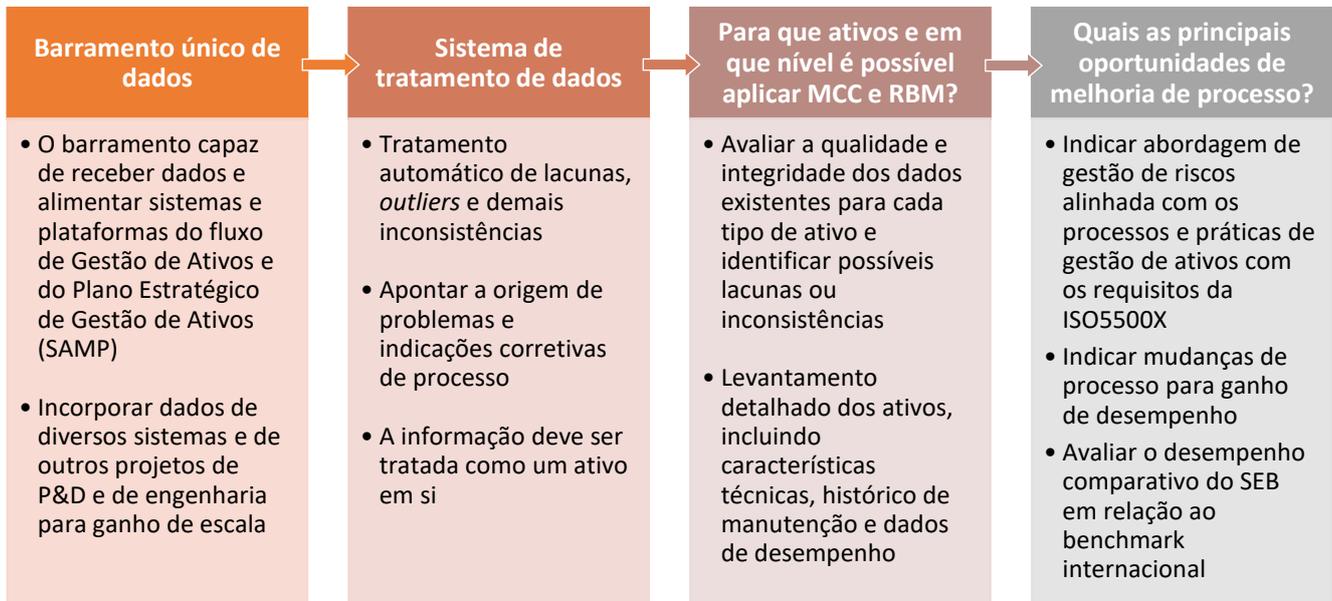


Figura 2 – Principais aspectos da frente Diagnóstico e estruturação da base de dados.

Além destes aspectos, a base de dados modelada deve obedecer aos seguintes requisitos:

- Deve ser realizado diagnóstico para identificar a arquitetura mais adequada para cada área de negócio, prezando pela maior correspondência possível para comparação de resultados;
- A arquitetura agnóstica, considerando possível substituição de sistemas e a solução deve ser baseada em conceito *open source*, com acesso ao banco de dados e aos algoritmos desenvolvidos;
- Deve ser apresentado estudo detalhado dos custos de armazenamento e processamento dos dados, prezando-se por uma arquitetura eficiente;
- A base deve poder ser acessada por outras ferramentas e aplicações internas viabilizando desenvolvimentos futuros;
- Todos os esforços de integração e extração e estruturação dos dados oriundos de outros sistemas são de responsabilidade do parceiro executor;
- É de responsabilidade do parceiro desenvolver soluções aderentes à Norma de Desenvolvimento Seguro (GED 18883), aos Requisitos de segurança para soluções em Nuvem (GED 18662)<sup>8</sup> da CPFL e à LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados (nº 13.709, de 14 de agosto de 2018), atendendo ao disposto na regulamentação setorial ao longo da execução do projeto;

<sup>8</sup> Documentos serão disponibilizados ao(s) parceiro(e) vencedor(es) para formatação do projeto, mediante assinatura de NDA.

- Deve ser considerado histórico suficiente para identificação coerente de tendências, equiponderando os custos de armazenamento associados ao volume de dados;
- Devem-se avaliar, minimamente, dados de software de gestão empresarial SGM/CMMS (SAP), EAM, Sigga Brizzo, sistemas supervisórios, bases de dados georreferenciadas, formulários de manutenção, relatórios de ensaios laboratoriais, ferramentas de mobilidade de gestão de ativos e de despacho de equipes e integração de bases de dados exógenas gratuitas (como variáveis meteorológicas extraídas no INPE e INMET);
- Os dados essenciais para operação devem ser carregados em tempo real, permitindo a emissão de alertas, gatilhos para análises adicionais e indicadores de urgência; e
- Para precificação dos investimentos e simulação dos cenários de TOTEX para modernização ou manutenção dos ativos, devem ser consideradas as bases de dados cadastrais e contábeis, o Banco de Preços de Referência (BPR), e as devidas variáveis e especificidades regulatórias para cada unidade de negócio (Distribuidora, Renováveis e Transmissora).

### 3.2. Processamento e inteligência agregada

A partir do diagnóstico de processos e estruturação da base de dados, devem ser desenvolvidos modelos que subsidiem a adoção de um sistema de gestão de ativos centrado em confiabilidade e gestão de riscos, visando à otimização da performance e de recursos, à confiabilidade da rede elétrica e à modicidade tarifária. Para tanto, deve-se analisar o comportamento das variáveis selecionadas e sua evolução temporal (trajetória) até a ocorrência da falha dos equipamentos (quando disponível) e avaliar como o risco (probabilidade e impacto) muda ao longo do tempo mediante as ações tomadas (*e.g.*, manutenções preventivas, reforços e investimentos na rede). Os modelos devem considerar famílias de ativos, condições ambientais e geográficas, localização, materiais e demais fatores que possam impactar a probabilidade e o impacto da falha, definindo critérios para analisar o impacto ao negócio.

Além da aferição da condição do ativo, suas estatísticas de falha e técnicas de modelagem e aferição de sua confiabilidade e risco, é necessário avaliar que ação tomar mediante tal conhecimento – isto é, para que ativos as decisões devem ser tomadas, que ações aplicar, quando e como as aplicar e qual seu custo e retorno esperado. Os modelos de tomada de decisão devem levar em consideração tanto a criticidade dos ativos para o alcance dos objetivos de gestão de ativos e suas métricas de desempenho quantitativas e qualitativas, quanto questões e variáveis regulatórias de cada unidade de negócio. **Tanto para os modelos de avaliação de condição e predição de falhas, quanto para os de tomada de ação, devem ser priorizadas soluções de input automático dos dados – isto é, soluções mais eficientes do ponto de vista da experiência do usuário, minimizando a dependência de formulários e dados manuais.**

Ante o exposto, os itens a seguir abordam os requisitos para as análises de condição e modelos de tomada de decisão:

#### **Avaliação de condição:**

- A avaliação da criticidade dos ativos (Critérios ABC), incluindo riscos associados às falhas ou não conformidades;
- Cálculo dos indicadores de saúde dos ativos (*health index*)<sup>9</sup>, sua probabilidade de falha e respectivo impacto considerando os dados históricos de manutenção preditiva e preventiva, gerando como resultado uma matriz de Risco (Probabilidade de Falha x Impacto);
- Definição de valores limiares nas trajetórias de falha de referência, com atribuição de alarmes correspondentes aos valores limiares predefinidos, suas faixas operativas e tendências em todo ponto operacional, incluindo gatilhos para análises adicionais (bem como o tipo de ação) e indicadores da urgência da ação corretiva;
- Aplicação dos conceitos de curva PF e FMEA/FMECA e a definição de critérios de tomada de decisão que levem em conta a variabilidade, magnitude e taxa de mudança dos parâmetros de desempenho monitorados; e
- Para qualquer algoritmo desenvolvido, devem-se avaliar tempo e custo de processamento.

#### **Tomada de decisão:**

- A avaliação do impacto e a indicação da melhor ação deverão considerar as especificidades de negócio, incluindo as particularidades do sistema elétrico e seus aspectos regulatórios, como depreciação, valor contábil, vida útil dos ativos, ciclo orçamentário, vida útil técnica/contábil, reconhecimento do investimento e retorno sobre o capital empregado;
- Para esta avaliação, é necessário levar em consideração a conciliação das bases técnicas-cadastrais e das bases contábeis, bem como o BPR e variáveis regulatórias;
- O impacto e o custo do ativo inoperante, como efeitos sobre a Parcela Variável sobre a Receita Anual Permitida (RAP) da Transmissora, receita de geração perdida e possíveis penalidades incorridas, também devem ser considerados;
- Para indicação de qual é a melhor ação e quando fazê-la, os modelos de tomada de decisão devem levar em consideração: a criticidade dos ativos para o alcance dos objetivos de gestão de ativos; suas condições de operação; o risco da falha; a relação de efetividade e de custos de ações preventivas e corretivas e aspectos regulatórios de cada unidade de negócio.

De forma geral, os algoritmos devem começar simples e evoluir gradualmente, com validações sucessivas de premissas e resultados para o modelo em questão, por família e tipos associados ao ativo de estudo. Os modelos devem considerar, **minimamente**, os ativos priorizados, sistemas e seus componentes – a saber, transformadores de potência, disjuntores, chaves

---

<sup>9</sup> O Grupo CPFL Energia já dispõe de modelos de *health index* para ativos de subtransmissão das distribuidoras – este deve ser o ponto de partida do desenvolvimento – que deverá contemplar tanto a evolução destes modelos (com inclusão de dados ou automatização da ingestão, por exemplo) quanto a inclusão de novos ativos e desenvolvimentos específicos para as demais unidades de negócio.

seccionadoras, relés de proteção, sistemas de telecomunicação, automação e proteção, para-raios, transformadores de corrente e transformadores de potencial, serviços essenciais, baterias, retificadores e GMG, banco de capacitores, reatores, compensador síncrono, compensador reativo estático controlável, e linhas de transmissão/subtransmissão. Por fim, deve ser avaliado o impacto da banda morta para desempenho dos algoritmos, com tratamento de desvios, envoltórias, ruídos e filtros.

### 3.2.1. Living Lab

Seguindo o conceito de evolução gradual, os algoritmos devem ser desenvolvidos, inicialmente, considerando unicamente a infraestrutura já disponível na rede. Conhecido o cenário “as is”, devem ser mapeadas ferramentas de sensoriamento, monitoramento e inspeção e controle *end-to-end* dos ativos que podem gerar maior valor para condução de provas de conceito em um *living lab*, com subsequente atualização e evolução dos modelos desenvolvidos a partir dos resultados das provas de conceito. Este processo é descrito na Figura 3.

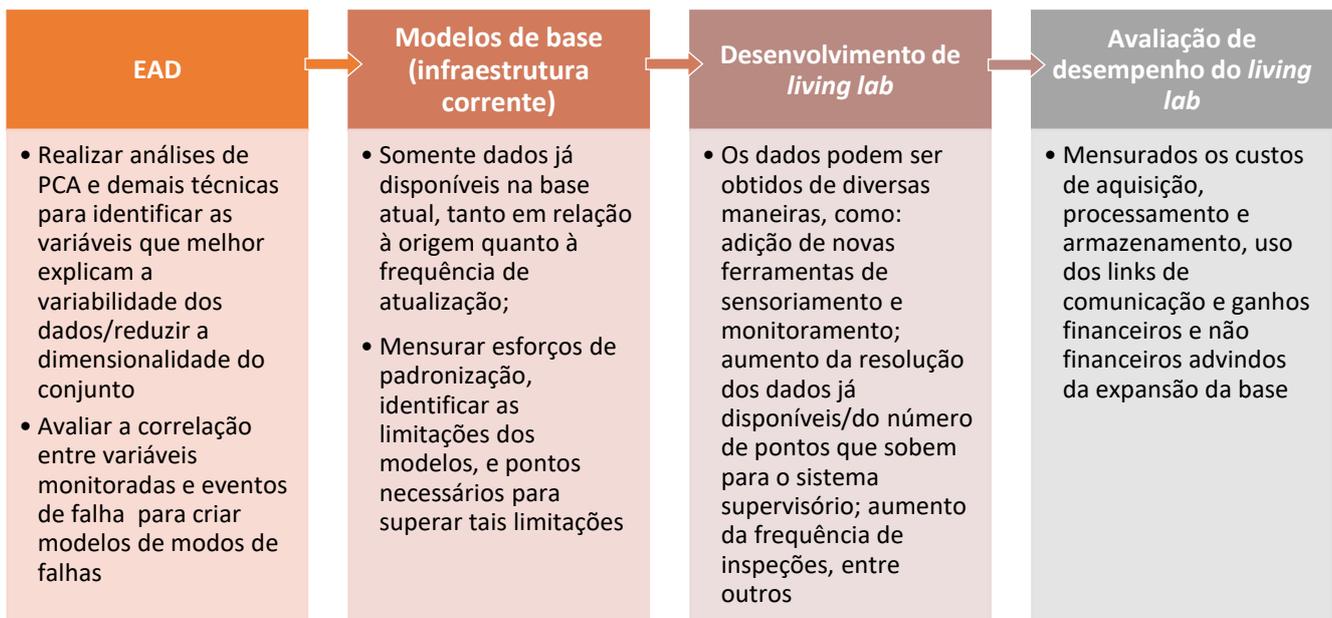


Figura 3 – Evolução dos modelos a partir do *living lab* e requisitos associados.

Para desenvolvimento do *living lab*, deve-se estabelecer o que precisa ser monitorado e medido; os métodos e critérios de monitoramento, medição, análise e avaliação para assegurar resultados válidos; quando o monitoramento e a medição devem ser realizados; e quando os resultados do monitoramento e medição devem ser analisados e avaliados. Os parâmetros e a frequência das atividades de monitoramento a serem estabelecidos devem ser capazes, minimamente, de identificar falhas funcionais e modos de falha de ativos; a variabilidade e repetitividade de características e comportamentos de deterioração e a taxa esperada de mudança ou deterioração. Também devem ser consideradas a identificação de parâmetros proativos e reativos de monitoramento de desempenho; a detectabilidade de falhas funcionais e modos de falha e os custos e benefícios do monitoramento.

Para as ferramentas de suporte para inspeção, sensoriamento e monitoramento e controle *end-to-end* dos ativos que podem vir a compor as provas de conceito, destaca-se que:

- O projeto deve contemplar o mapeamento das ferramentas – sendo que o estabelecimento da(s) região(ões) mais adequada(s) para validação ferramental é parte indissociável deste mapeamento;
- As ferramentas de sensoriamento e monitoramento, devem ser indicadas considerando a evolução gradual dos modelos, incluindo análises de Pareto. Isto é, deve ser definido qual o grau de sensoriamento adicional mínimo que traz benefícios significativos ao cenário base, para então seguir à próxima evolução pretendida e assim sucessivamente, até o atingimento do cenário ótimo almejado para o *living lab*;
- Para ferramentas de inspeção baseadas em imagem, para além do custo do equipamento, devem ser considerados os custos de aquisição, armazenamento e processamento da informação;
- As soluções de controle *end-to-end* de cada ativo devem considerar o controle sistêmico e automatizado desde sua aquisição até sua desmobilização física e contábil, incluindo instalação, possíveis movimentações, monitoramento de manutenções e reformas;
- Deve-se elencar as limitações das ferramentas consideradas e mensurar ganhos de eficiência, qualidade de informação e financeiros, minimamente;
- A avaliação do custo-benefício da adoção destas soluções é parte indissociável da prova de conceito;
- Deve ser realizado o estudo de *rollout* da solução para o parque de ativos do Grupo CPFL, incluindo a avaliação do investimento e dos esforços necessários, e as particularidades dos sistemas existentes em cada uma das áreas de negócio do grupo, como versões do SAP, SCADA e integração com outras ferramentas; e
- Serão consideradas tanto ferramentas comerciais, quanto ferramentas desenvolvidas sob medida – desde que alcançado um TRL mínimo de 7. No caso de desenvolvimento sob medida, a proposta conceitual deve ser encaminhada junto à proposta de projeto para esta Chamada Pública.

### 3.2.2. Avaliação de resultados e visualização dos dados

Concluído o desenvolvimento, é necessário estimar o ganho financeiro advindo da adoção das práticas e soluções características de um modelo de gestão baseado em risco (RBM), propostas no projeto. Isto é, deve-se responder ao questionamento motriz inicial: “*por que o investimento na evolução para este modelo de gestão é imprescindível no cenário atual*”. Além disso, devem-se mensurar a efetividade das ações tomadas, tanto em termos de qualidade da rede, quanto em termos da qualidade da manutenção, considerando aspectos financeiros e não financeiros – tais informações devem ser utilizadas para realimentar e aprimorar o modelo de decisão. Para acompanhamento dos resultados, espera-se que a plataforma de visualização atenda aos requisitos:

- Os dashboards devem ser estruturados por níveis e categorias de famílias de ativos, em Microsoft PowerBI;
- Deve ser possível identificar padrões que viabilizem atividades de melhoria, com autodiagnóstico e prognóstico;
- Devem ser fornecidas informações orientadas por dados para tomada de decisão em diferentes níveis dentro da organização;
- Devem-se avaliar tanto o desempenho dos ativos, quanto a eficácia da gestão de ativos em si, incluindo o desempenho financeiro e não financeiro, considerando a regulamentação dos diferentes negócios do Grupo CPFL (Geração, Transmissão e Distribuição);
- Devem ser apresentados, minimamente, dados econômicos, regulatórios e técnicos do ativo (de vida útil, depreciação, tempo de operação, do registro de falhas e índice de manutenção);
- As métricas de desempenho quantitativas e qualitativas devem incluir, no mínimo, indicadores antecedentes e posteriores de garantia<sup>10</sup>, custo<sup>11</sup> e produtividade<sup>12</sup>; e
- Devem ser apresentados, minimamente, indicadores de disponibilidade e confiabilidade dos ativos; taxa de falha por família/fabricante/modelo, intervalo entre as falhas (MTBF), tempo que levam os reparos (MTTR), dentre outros indicadores clássicos de manutenção; quais equipamentos possuem maior taxa de falha; quais ações de manutenção devem ser aplicadas ou otimizadas; indicadores de gestão dos custos globais do processo de manutenção, discriminados por tipos de atividade, valor de mão de obra, investimentos e despesas; análise dos ativos que empenham maior custo; e indicadores voltados ao controle da produtividade (Utilização e Eficiência) das equipes de manutenção.

### 3.3. Embasamento teórico

Para subsidiar os desenvolvimentos acima descritos, é necessário profundo embasamento teórico. Neste contexto, destacam-se os requisitos a seguir:

- Realizar uma revisão das normas técnicas e referências internacionais, identificando aquelas de maior relevância para a gestão de ativos e manutenção no setor elétrico;

---

<sup>10</sup> Os indicadores de garantia devem considerar minimamente o tempo entre falhas, MTBF (do inglês, *Mean Time Between Failure*); o tempo de reparo, MTTR (do inglês, *Mean Time to Repair*); a taxa de disponibilidade; a porcentagem de serviços realizados por tipos de manutenção; a eficiência do planejamento; a aderência de manutenção; e as taxas de falhas nas redes, transformadores e equipamentos especiais.

<sup>11</sup> Os indicadores de custos devem considerar minimamente o custo total da manutenção; o custo de manutenção pelo faturamento; a distribuição de investimentos por tipos de manutenção; e avaliação de investimentos por faixa (curva ABC).

<sup>12</sup> Os indicadores de produtividade devem considerar minimamente o tempo em que a equipe de manutenção precisa para concluir toda a demanda de serviços, a porcentagem de tempo total dispendido em trabalho efetivo no equipamento, a quantidade de serviços que foram executados após o planejamento e programação e o tempo de atendimento das notas de manutenção preventivas em relação ao prazo esperado para execução da atividade.

- Realizar uma revisão da literatura clássica de engenharia de manutenção de ativos, identificando conceitos, princípios, técnicas e melhores práticas de maior relevância para o setor elétrico, considerando seu contexto específico;
- Identificar as especificidades do Sistema Elétrico Brasileiro que requerem adaptações ou complementos às normas existentes e definir critérios claros para a seleção dos indicadores mais relevantes ao contexto do Sistema Elétrico Brasileiro, considerando as metas de desempenho desejadas;
- Identificar os principais indicadores de desempenho (KPIs) utilizados na área de manutenção e confiabilidade de ativos, como disponibilidade, confiabilidade, MTBF e MTTR – para tanto, devem-se utilizar modelos estatísticos de taxa de falha apropriados para a realidade do setor elétrico;
- Incluir treinamentos e capacitações para os profissionais envolvidos na gestão de ativos, visando ao desenvolvimento de habilidades técnicas e conhecimento sobre as novas práticas e processos, bem como a promoção de ações de conscientização da cultura de gestão de ativos centrada em confiabilidade e gestão de riscos;
- Indicar o processo mais adequado para fazer um follow-up estruturado entre os insights obtidos via engenharia de manutenção e as ações realizadas em campo, bem como as ferramentas que podem auxiliar esta interação; e
- Propor requisitos funcionais que garantam a conformidade dos processos, ferramentas e sistema de gestão de ativos com as normas adaptadas, considerando aspectos como segurança, qualidade, confiabilidade e eficiência.

### 3.4. Aspectos Regulatórios

Para embasar o desenvolvimento dos modelos de decisão e o diagnóstico do desempenho comparativo do SEB em relação a *utilities* de referência mundial, deve ser conduzida uma fundamentação regulatória para cada unidade de negócio, incluindo:

- Definição das variáveis e condições regulatórias de maior relevância para os modelos de tomada de decisão, como variáveis de depreciação, e ciclo orçamentário;
- Embasamento dos modelos de tomada de decisão nas variáveis levantadas, no modelo de remuneração de cada negócio, e impactos operativos como efeitos sobre a Parcela Variável da RAP da Transmissora, receita de geração perdida e possíveis penalidades incorridas;
- Levantamento dos principais processos e discussões regulatórios correntes, como é o caso da metodologia de TOTEX;
- Benchmarking regulatório internacional, incluindo, minimamente, monitoramento mínimo exigido, tendências regulatórias e reconhecimento dos investimentos para melhor gestão de ativos; e
- Insights para construção de propostas para aprimoramentos regulatórios.

### 3.5. Visão de Futuro

Finalmente, é necessário estabelecer os critérios e requisitos de evolução do modelo de gestão de ativos do futuro. Para tanto, é necessário:

- Definir requisitos para um modelo de gestão de ativos que seja flexível e adaptável às mudanças tecnológicas e de negócios no setor elétrico e que considere a integração de novas tecnologias, como Internet das Coisas (IoT), Big Data, Inteligência Artificial e Machine Learning, na gestão de ativos;
- Desenvolver um *roadmap* tecnológico que oriente a direção estratégica para a evolução contínua da gestão de ativos, alinhada às tendências identificadas, considerando, também, o monitoramento contínuo dos ativos e a análise de dados em tempo real;
- Definir requisitos funcionais que orientem a implementação das tecnologias identificadas no *roadmap*, considerando integração de sistemas, interoperabilidade e segurança cibernética e incluindo desenvolver um plano de médio prazo (3-5 anos) para a instalação dos sistemas de monitoramento mais adequados considerando a criticidade do ativo;
- Realizar uma análise das tendências tecnológicas emergentes no setor elétrico, incluindo Média Tensão/Baixa Tensão, considerando aspectos como automação, digitalização e eletrificação;
- Incluir considerações específicas para a gestão, monitoramento e manutenção dos ativos de Média Tensão/Baixa Tensão, identificando as necessidades e requisitos específicos relacionados a esses tipos de ativos, dada sua distribuição geográfica, características técnicas e necessidades de manutenção;
- Definir requisitos para um sistema de aprendizado adaptativo, que utilize o histórico de dados e resultados para aprimorar continuamente a gestão de ativos e tomar decisões mais precisas no futuro.

## 4. ASPECTOS GERAIS

### 4.1. Solução para cada área de negócio

Como já pontuado, **os desenvolvimentos devem considerar os ativos de AT das Distribuidoras, Transmissoras e Renováveis do Grupo CPFL Energia, com etapas e entregas desenvolvidas de forma específica para cada unidade de negócio**, respeitando suas especificidades regulatórias e de operação, porém de tal forma que sejam comparáveis entre si, permitindo ganhos e lições aprendidas do intercâmbio de informações. O projeto deve realizar um comparativo entre os desenvolvimentos de cada área, destacando os diferentes desenvolvimentos possíveis em função do grau de sensoriamento e monitoramento disponíveis e ferramentas empregadas em cada negócio.

## 4.2. Propostas em rede

Considerando a amplitude do escopo proposto e os requisitos elencados na seção anterior, são incentivadas propostas em rede, com responsáveis especializados nas diferentes frentes como (i) desenvolvimento de sistemas e estruturação de base de dados; (ii) desenvolvimento de modelos avançados para avaliação e diagnóstico da condição de equipamentos e engenharia de manutenção; (iii) desenvolvimento de algoritmos e tratamento de dados e (iv) ferramentas de monitoramento e sensoriamento (para as propostas que incluam desenvolvimento próprio). A avaliação da proposta incluirá a avaliação dos parceiros e de sua experiência prévia na área de cada frente pela qual for responsável.

## 4.3. Prazo para execução do projeto e entregas mínimas

O prazo de execução do projeto faz parte da proposta, respeitando o limite de 48 meses. Todavia, o planejamento das atividades do projeto deve ser estruturado de forma a garantir minimamente as entregas descritas na Tabela 1 e incluir MVPs, *checkpoints* de projeto para avaliação do avanço ou não para as próximas etapas e métricas de avaliação contínua do projeto (avanço e desempenho). Dessa forma, além do cronograma e descrição das etapas, deve ser apresentado um fluxo, destacando os *checkpoints* de projeto e instâncias de avaliação para avanço ao próximo bloco de desenvolvimento. Salienta-se que a duração decorrerá após o cadastro da data de início de execução do projeto no devido sistema de envio indicado pela ANEEL, conforme SEÇÃO 4.2. EXECUÇÃO E CONTROLE do PROPD.

Tabela 1 – Entregas mínimas a serem incluídas na elaboração do cronograma.

Macro entrega	Entrega
<b>Embasamento teórico e estruturação da base de dados</b>	Revisão de normas técnicas e capacitação técnica
	Definição das variáveis e condições regulatórias de maior relevância para os modelos de tomada de decisão
	Benchmark nacional e internacional, incluindo avaliação do desempenho comparativo do SEB em relação a <i>utilities</i> de referência mundial
	Modelagem e estruturação do banco de dados, com algoritmos e processos para tratamento de dados
	Avaliação da qualidade e integridade dos dados existentes sobre cada tipo de ativo, indicando o potencial de aplicação dos fundamentos da MCC e RBM, considerando a infraestrutura atual
<b>Modelos de MCC, RBM e visualização de dados</b>	Apontamento de ativos críticos, incluindo a análise de criticidade e riscos associados a cada ativo
	Modelos para cálculo do índice de saúde dos ativos, sua probabilidade de falha, impactos, criação de matriz de risco e modelos de predição e prescrição de ações considerando unicamente a infraestrutura e banco de dados atualmente disponível

Macro entrega	Entrega
	<p>Modelos de avaliação de risco, aplicando os critérios da literatura clássica de engenharia de manutenção mais relevantes para o SEB</p> <p>Apontamento de qual a melhor ação a ser tomada e quando a fazer; considerando a avaliação da matriz de risco, custos do ciclo de vida (custos e despesas de capital, operacionais, financeiras e de ações preventivas e corretivas), e aspectos regulatórios de cada unidade de negócio (incluindo variáveis de depreciação, ciclo orçamentário e vida útil técnica/contábil)</p> <p>Ferramentas de visualização de dados, incluindo os dados econômicos, regulatórios e técnicos do ativo (de vida útil, depreciação, tempo de operação, do registro de falhas e índice de manutenção, entre outros)</p>
<b>Evolução dos modelos, <i>living lab</i> e visão de futuro</b>	<p>Levantamento de ferramentas e categorias de sensoriamento, monitoramento e inspeção</p> <p>Desenvolvimento de um <i>living lab</i> para validação de conceitos</p> <p>Atualização dos modelos desenvolvidos a partir dos resultados das provas de conceito</p> <p>Avaliação de resultados do <i>living lab</i>, com valoração do ganho advindo dos dados adicionais e <i>trade-off</i> do investimento considerando sua adoção para além do <i>living lab</i></p> <p>Visão de Futuro</p>
<b>Balanco de resultados e encerramento</b>	<p>Balanco dos resultados obtidos em Gestão de Ativos, Gestão de Riscos, MCC, RBM, WCM, e alinhamento com os fundamentos da ISO5500X</p> <p>Workshops e Divulgação de Resultados</p>