



## **GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

### **DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE ANALYTICS PARA SUPORTE À GESTÃO DE ATIVOS E À ENGENHARIA – ESTUDO DE CASO**

**MARCOS EDUARDO GUERRA ALVES(1);CATIA PEDROSA URAS(1);MURILO MARQUES PINTO(1);DARA GIOVANA SENCIANI MENDES(1);RENATO TEIXEIRA LIMA(2);JAMERSON CARVALHO ARAUJO(2);BRUNO FERNANDES SARDINHA(1);MARCIO DA COSTA(3) RADICE ENGENHARIA(1);TRANSMISSORA ALIANCA DE ENERGIA ELETRICA S/A(2);TREETECH TECNOLOGIA LTDA(3)**

#### **RESUMO**

Resumo: Este artigo apresenta os resultados, benefícios obtidos, características e funcionalidades de uma Matriz Automatizada de Risco implantada em 233 transformadores de potência e reatores de derivação, considerados os ativos mais críticos do parque da Taesa. Esta Matriz de Risco e o software subjacente embarcam as metodologias originais desenvolvidas no P&D Aneel PD-5012-0046/2017, financiado pela Taesa e desenvolvido pela Radice Tecnologia e pela USP/EESC, incluindo as metodologias multicritérios de Health Index integrado a sensores e software de monitoramento on-line, Escala de Risco e Escala de Hierarquização para a instalação de dispositivos de monitoramento on-line em equipamentos de alta tensão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Analytics, Gestão de Ativos, Matriz de Risco, Health Index, Monitoramento On-line

#### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, as empresas concessionárias de energia elétrica têm passado por significativas mudanças em seu modelo de negócios, com impactos em diversos aspectos e elementos empresariais (1). Para se adequar a essas mudanças, as empresas passaram a focar em ações voltadas à excelência técnica integrada ao desempenho comercial. Com isso, a gestão de ativos tornou-se um novo eixo dominante de apoio.

A gestão de ativos é definida como as “atividades, práticas sistemáticas e coordenadas, pelas quais uma organização gerencia, de forma ótima e sustentável, seus ativos e sistemas de ativos, os desempenhos associados a eles, os riscos e despesas ao longo dos seus ciclos de vida para o propósito de cumprir seu planejamento estratégico organizacional” (2). Com base nesse conceito, as empresas vêm desenvolvendo atividades que envolvem a centralização da tomada de decisões-chave, de forma a abranger todos os ativos e toda a administração da empresa, com a finalidade de otimizar os resultados, proporcionando serviços com excelência operacional e riscos gerenciados ao longo da vida útil dos equipamentos.

Nesse sentido, o monitoramento on-line mostra-se uma estratégia pertinente, visto que fornece um acompanhamento contínuo dos parâmetros de funcionamento dos ativos, permitindo o acesso remoto e em tempo real às condições dos ativos, e desse modo, contribuindo para redução do número de falhas intempestivas e suas consequentes perdas econômicas, principalmente quando se trata de ativos de investimentos relevantes e que necessitam de muito tempo para serem reparados, como é o caso de transformadores de potência e reatores de alta tensão.

Entretanto, a instalação de monitoramento on-line completo de forma indiscriminada em todos os equipamentos de empresas concessionárias de energia elétrica pode não ser viável, devido aos custos de implementação. Assim, torna-se necessário selecionar os transformadores de potência e reatores de alta tensão mais indicados para serem monitorados, seguindo critérios de gestão de ativos, adequados à realidade de cada empresa, visando identificar os equipamentos que trazem maior risco para cada uma delas.

Neste cenário, o projeto de P&D Aneel PD-5012-0046/2017, financiado pela Taesa e desenvolvido pela Radice Tecnologia em parceria com a USP/EESC, gerou duas metodologias multicritérios, o Health Index – HI e a Escala de Hierarquização – EH. A associação dos resultados do HI de cada transformador e reator do sistema de transmissão da Taesa aos impactos que uma eventual falha nesses ativos possa ocasionar para a empresa e para o sistema interligado nacional permitiu a aplicação de uma matriz de risco, técnica já em uso pela Taesa e que foi utilizada como referência da metodologia de EH, que por sua vez oferece suporte ao planejamento e às tomadas de decisão da Engenharia de Manutenção e da Gestão de Ativos, inclusive para instalação de sistemas de monitoramento on-line nos ativos classificados como mais críticos.

Com base no exposto, o objetivo principal deste artigo é apresentar as características e funcionalidades da implantação da Matriz Automatizada de Risco em 233 transformadores, autotransformadores e reatores da Taesa,

bem como os resultados e benefícios obtidos, além dos desafios mais comumente enfrentados pelas concessionárias de GTD e como as ferramentas de monitoramento on-line podem ajudar a vencê-los a partir da efetiva integração do sistema aos processos de O&M e ao atendimento eficiente às regulamentações do setor.

## 2.0 - METODOLOGIAS

### 2.1 - Health Index - HI

A metodologia inovadora desenvolvida para o cálculo do Health Index, ou Índice de Estado, (Figura 1) torna possível a utilização de quaisquer parâmetros relevantes à análise da condição dos equipamentos. Ela permite a utilização de uma quantidade variável de parâmetros sem que isso impossibilite ou altere o estado do cálculo, permitindo que mesmo em caso de poucas informações seja possível estimar o estado do equipamento e, de tal modo, possibilitando o acompanhamento do histórico do HI se a quantidade de parâmetros disponíveis para um dado equipamento aumentar ao longo do tempo.

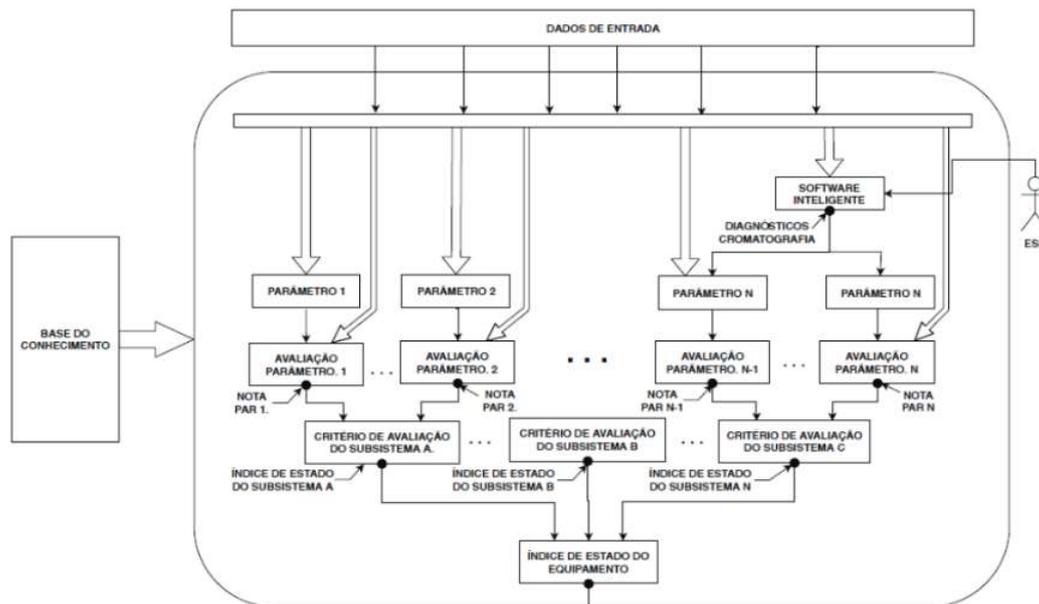


Figura 1: Método de cálculo do Health Index

Além disso, o algoritmo utilizado para cálculo de HI dá maior relevância às notas mais críticas, salientando assim todos os parâmetros e subsistemas que estão em pior condição, configurando uma abordagem inovadora, diferente do sistema de pesos arbitrários frequentemente usado pelas metodologias até então existentes.

Somado aos fatores já descritos, o sistema de notas desenvolvido na metodologia permite a comparação direta dos estados de equipamentos de famílias completamente distintas e possibilita a criação de um ranking, trazendo ganhos para o estado da arte ao propiciar a priorização de ações de instalação de monitoramento on-line para todo o parque da empresa.

Para avaliação do impacto do equipamento nos objetivos da empresa foram estimadas as consequências em caso de falha do ativo em análise. Para tanto, foi desenvolvido um Índice de Impacto que avalia o ativo sob diversos pontos de vista, de forma a contemplar os padrões e procedimentos de gestão e avaliação dos riscos da organização, permitindo que sejam considerados fatores que envolvem várias dimensões relativas ao risco, como os impactos financeiro, estratégico, de conformidade, operacional e de imagem.

### 2.2 - Matriz de Risco

A junção do Health Index e do Índice de impacto permitiu o desenvolvimento de uma matriz de risco. Esta técnica utiliza o Health Index de um equipamento como seu eixo de probabilidade (na Figura 2, eixo y) e o Índice de Impacto, como eixo de consequências (na Figura 2, eixo x).

As regiões de risco que irão compor a Matriz de Risco são definidas pela empresa em função do risco assumido e são implementadas através do estabelecimento de limites e condições lógicas, de Health Index e Índice de Impacto, para cada região. A posição dos equipamentos nesta matriz é atualizada de forma on-line a partir de dados provenientes de sensores, sistema de monitoramento e diagnóstico on-line, ensaios, inspeções, cadastros e outros, como ilustrado na Figura 3, que servem como insumo para o cálculo do Health Index.

Além disso, a metodologia de Health Index fornece suporte ao uso de dados de entrada de qualquer fonte que tenham sido analisados por um Software Inteligente que fornece um relatório de diagnóstico automatizado usando Inteligência Artificial e/ou Aprendizado de Máquina, técnicas como Redes Neurais Artificiais, Lógica Fuzzy e/ou outras. Um exemplo desse tipo de software inteligente é o software DGAbDNN (4), que foi empregado na aplicação

experimental do P&D Aneel PD-5012-0046/2017 para análise da concentração de gases obtidos a partir de testes de transformadores e reatores. Esse diagnóstico pode ser verificado por um especialista, ajustado se necessário e, em seguida, ser usado como entrada para o parâmetro de HI de cromatografia gasosa (DGA - Análise de Gases Dissolvidos).

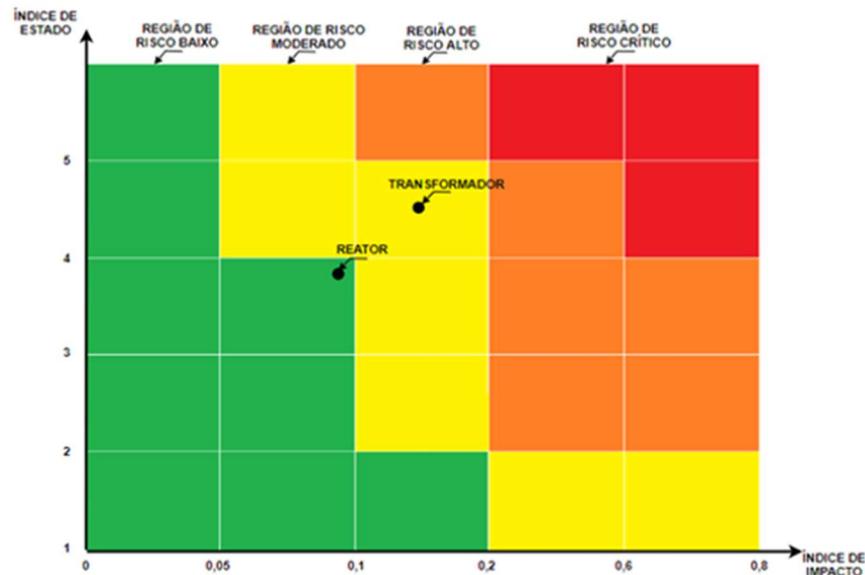


Figura 2: Exemplo da Matriz de Risco Automatizada



Figura 3: Dados de entrada para o cálculo do Health Index (HI)

### 2.3 - Escala de Hierarquização - EH

A Matriz de Risco proposta nesta metodologia tomou como referência a Matriz de Risco já em uso pela Taesa e foi utilizada como base da metodologia de Escala de Hierarquização, esquematizada na Figura 4, para priorização e recomendação de instalação de monitoramento on-line.

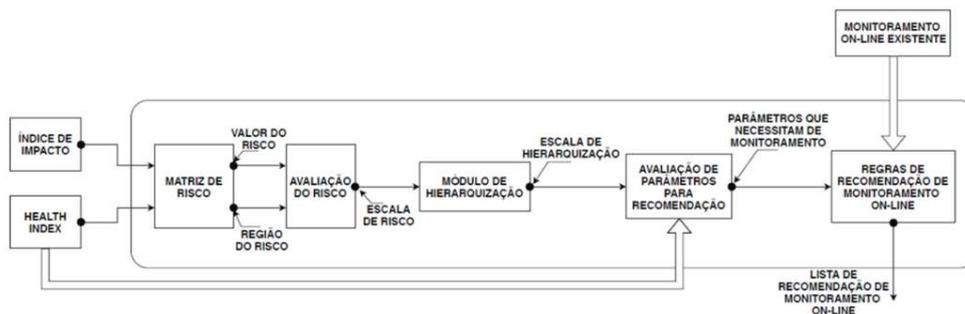


Figura 4: Método de cálculo da Escala de Hierarquização

Essa metodologia ranqueia inicialmente os equipamentos em ordem de risco decrescente, gerando assim uma Escala de Risco. Limites parametrizáveis permitem que sejam selecionados na Escala de Risco apenas os equipamentos considerados mais críticos. Em seguida é gerada a Escala de Hierarquização, que lista apenas os equipamentos para os quais é recomendada a instalação de monitoramento on-line e gera para estes, de forma automática, as recomendações dos tipos de monitoramento on-line a serem instalados, com base nos parâmetros do equipamento em pior condição.

A ferramenta computacional utilizada para realizar a integração de todos os dados disponíveis dos equipamentos e a classificação da condição de seus respectivos estados foi o Sigma EAM (*Enterprise Asset Management*) que é uma plataforma para a gestão avançada de ativos de concessionárias de energia elétrica. Esse software permite automatizar de forma eficiente os principais processos da engenharia de manutenção e da gestão de ativos. Uma importante propriedade do EAM é a possibilidade de desenvolver, em seu módulo Analytics, novas funcionalidades, como os algoritmos de Health Index e Escala de Hierarquização. Além disso, possibilita a atualização contínua e o armazenamento dos dados de entrada, permitindo sua utilização tanto como ferramenta para o planejamento de O&M, como para a gestão dos ativos, sendo aderente à norma ISO 55.000 (3).

Após a implementação dos algoritmos, o EAM atualiza os cálculos periodicamente, sempre considerando os dados mais recentes. Assim, são atualizados automaticamente, para todos os equipamentos, o Health Index, o Índice de Impacto e o Nível de Risco, reposicionando os equipamentos na matriz e atualizando as recomendações para a instalação de monitoramento on-line. As metodologias de Health Index e de Escala de Hierarquização são disponibilizadas aos usuários, junto à matriz de risco, em um dashboard.

Embora o escopo do projeto de P&D tenha abrangido apenas transformadores e reatores, estas metodologias poderão ser adaptadas e expandidas a outras famílias de ativos, como TC's, disjuntores, LT's, etc., abrindo caminho para maximizar tanto a confiabilidade do sistema quanto os resultados econômicos.

### 3.0 IMPLANTAÇÃO DA MATRIZ AUTOMATIZADA DE RISCO

#### 3.1 - Escopo da Implantação

Para aplicar em larga escala as ferramentas e funcionalidades desenvolvidas no P&D foi realizada a implantação da Matriz Automatizada de Risco em 233 equipamentos de alta tensão da Taesa, sendo eles 8 transformadores, 38 autotransformadores e 187 reatores em 26 subestações do parque da empresa.

#### 3.2 - Origens dos Dados de Entrada

A metodologia desenvolvida para o HI estima a condição dos equipamentos dividindo-os em subsistemas e definindo os parâmetros relevantes para uma avaliação abrangente do estado de cada subsistema.

Os dados de entrada definidos para cada parâmetro são flexíveis, podem ser provenientes de ensaios e inspeções inseridos no sistema, dados de monitoramento on-line e sensores associados, dados cadastrais e eventos relevantes registrados ou ainda de múltiplas fontes. Em qualquer caso, a avaliação do parâmetro utilizará sempre o dado mais recente disponível. Se um dado parâmetro receber dados tanto de sensoriamento on-line quanto de ensaio, a data e hora do ensaio mais recente será comparada à data e hora dos dados mais recentes do sensor.

A Figura 5 sumariza os parâmetros avaliados e os eventos que podem ocorrer em cada subsistema.

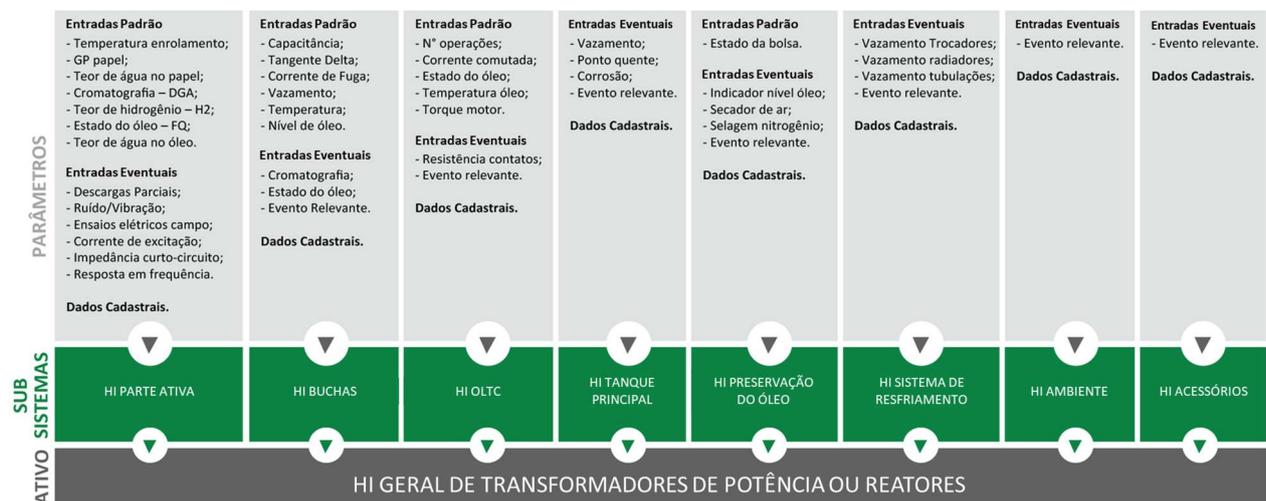


Figura 5: Classificação dos parâmetros de avaliação de cada subsistema

Para garantir que as informações apresentadas na Matriz de Risco sejam representativas da situação atual do equipamento, a atualização dos parâmetros de entrada é realizada periodicamente. Os dados de Monitoramento On-line são atualizados automaticamente, por meio das APIs de integração do Sigma EAM com os sistemas de Monitoramento On-line. Os dados provenientes de ensaios ou inspeções são atualizados assim que esses resultados são informados no sistema.

#### 3.3 - Dados de Sensores e Monitoramento On-Line

As medições de sensores e os resultados dos algoritmos de diagnóstico e prognóstico do sistema de monitoramento on-line Sigma ECM são transmitidos ao EAM por meio de uma API de comunicação. Essas

informações alimentam automaticamente a Matriz de Risco, que dessa forma reflete qualquer alteração detectada na condição dos ativos equipados com monitoramento on-line.

Como é mostrado na Figura 6 o Sigma ECM permite a visualização remota e em tempo real das informações dos sensores instalados em cada equipamento, como por exemplo, a concentração de gases dissolvidos no óleo (Figura 6), capacitância e fator de potência de buchas, temperaturas, carregamento e outros.



Figura 6: Exemplo de tela de consulta do sistema de monitoramento on-line Sigma ECM

#### 3.4 - Entrada de Dados de Ensaios

Os dados de ensaios podem ser atualizados por meio de upload de planilhas (ideal para preenchimento em lote), por preenchimento na tela do EAM através de interface Web (Figura 7), pelo aplicativo Mobile do EAM (Figura 8, ideal para o técnico de campo inserir os resultados diretamente no local de realização).

The screenshot shows the 'Editar ensaio' form in the EAM system. The form includes the following fields and values:

- Formulário: Ensaio - Buchas - Capacitância e Tangente Delta - Reatores - Rev. 0.1
- Id: 3745
- Objeto: Equipamento
- Equipamento: RDE - TSN - 05E1 - Fase B - REA-00208 - F
- Data Criação: 07/02/2015
- Monofásico ou Trifásico Fase A: Monofásico
- Bucha de Fase H1:
  - Capacitância: C1 563.20 pF
  - Fator de Potência a 20°C: C1 0.285 %
  - Corrente de Fuga: C1 2.9340 mA
  - Perdas dielétricas: C1 0.8238 W

Figura 7: Entrada de resultados de ensaios via tela do EAM

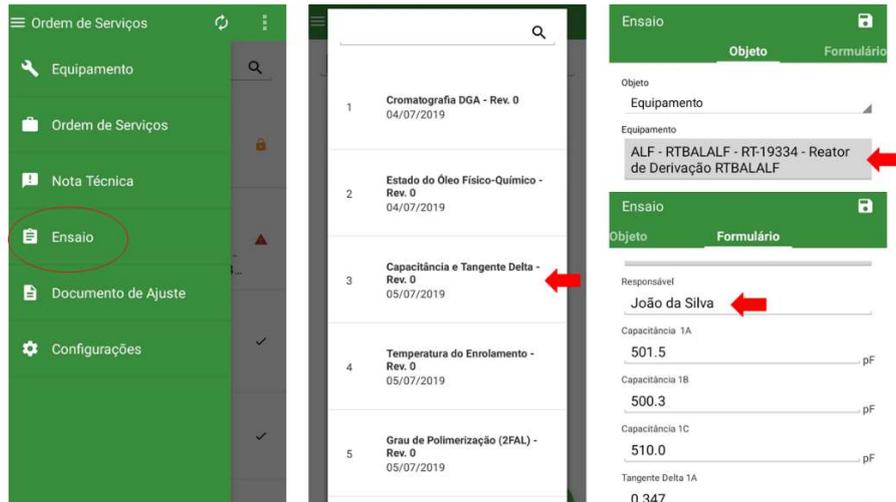


Figura 8: Entrada de Resultados de Ensaio via aplicativo Mobile do EAM

### 3.5 - Integração com Sistemas Existentes

O Sigma EAM possui APIs de integração (Figura 9) que, juntamente com outras ferramentas, permitem sua futura integração a outros softwares existentes na Taesa, como os sistemas de registro de manutenção e ensaios, o sistema ERP (SAP) e outros.

Ensaio		Show/Hide	List Operations	Expand Operations
DELETE	/v{version}/manutencao/ensaio	Exclui tipos de formulário de ensaio de acordo com identificadores		
GET	/v{version}/manutencao/ensaio	Retorna dados básicos para uma inserção de um Ensaio		
POST	/v{version}/manutencao/ensaio	Insere um formulário de ensaio		
PUT	/v{version}/manutencao/ensaio	Atualiza um formulário de ensaio		
GET	/v{version}/manutencao/ensaio/{id}	Busca dados de um formulário de ensaio para edição		
GET	/v{version}/manutencao/ensaio/importar	Retorna a tela para importar um ensaio		
GET	/v{version}/manutencao/ensaio/imprimir/{id}	Busca dados de um ensaio para imprimir		
POST	/v{version}/manutencao/ensaio/buscar	Retorna os ensaios em formato para DataTable		
POST	/v{version}/manutencao/ensaio/inserirImportacao	Insere um ensaio através do upload		
POST	/v{version}/manutencao/ensaio/ensaio-ordem-servico	Retorna um formulário para uma ordem de serviço		
POST	/v{version}/manutencao/ensaio/formularios-ordem-servico	Retorna um formulário marcado para uma ordem de serviço		

Figura 9: Exemplos de end-points das APIs de Integração do EAM

## 4.0 RESULTADOS

### 4.1 - Matriz de Risco Implantada

A matriz de risco implantada mostra as regiões de apetite ao risco adotadas pela Taesa, identificadas por cores que identificam os Níveis de Risco Baixo, Médio, Alto ou Crítico, como mostra a Figura 10. Cada ativo (transformador, autotransformador e reator) é identificado na matriz como um ponto que é posicionado de acordo com os valores de seu Health Index e Índice de Impacto.

Ao lado da matriz é mostrada em uma tabela a Escala de Hierarquização, onde os ativos são ordenados por padrão em ordem decrescente de Nível de Risco, mas podem ser reordenados por valores de Health Index, Índice de Impacto, recomendação de instalação de monitoramento on-line ou completeude dos dados de entrada.

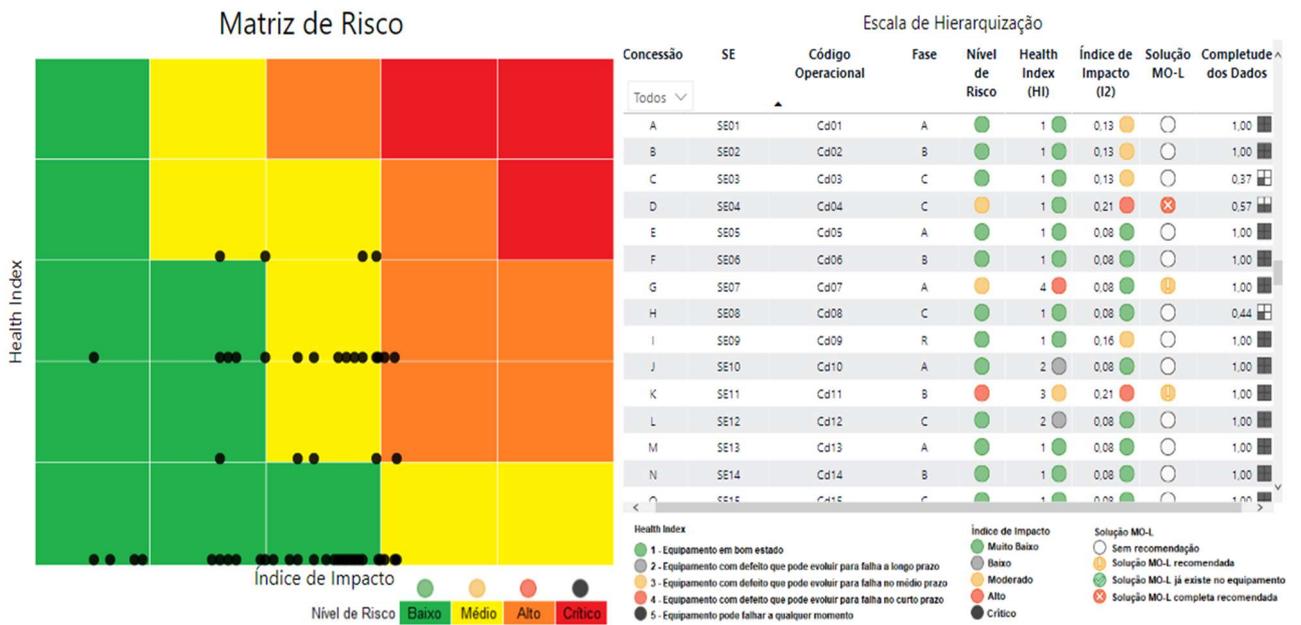


Figura 10: Matriz de risco Implantada

#### 4.2 - Health Index Implantado

Além do valor global de Health Index de cada ativo mostrado na Matriz de Risco (Figura 10), o sistema implantado calcula também o Health Index de cada subsistema (Parte Ativa, Buchas, OLTC etc.) e de cada parâmetro que compõem os subsistemas. Com isso, as áreas de Engenharia de Manutenção e Gestão de Ativos da Taesa podem efetuar suas avaliações no grau de detalhamento necessário, subsidiando assim as tomadas de decisão com informações objetivas, confiáveis e atualizadas.



Figura 11: Health Index individuais dos Subsistemas e dos Parâmetros

#### 4.3 - Recomendações Automáticas de Monitoramento On-line

O sistema implantado possui também algoritmos que determinam uma Escala de Hierarquização, que apresenta recomendações automáticas para instalação de vários tipos de monitoramento on-line para cada um dos equipamentos, de acordo com cada parâmetro avaliado (Figura 12).

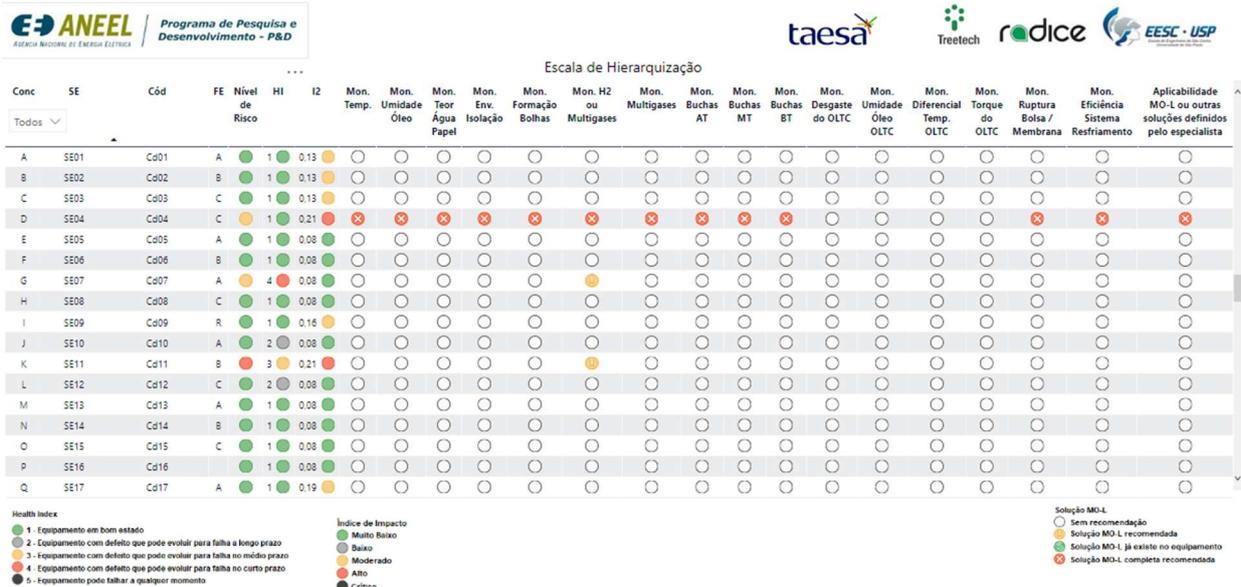


Figura 12: Escala de Hierarquização com recomendações automáticas para instalação de Monitoramento On-line

## 5.0 CONCLUSÕES

As duas metodologias multicritérios e a ferramenta computacional, apresentadas neste artigo, possuem os objetivos principais de:

- Mensurar o estado de cada transformador e reator do sistema de transmissão da Taesa e seus impactos para a empresa e para o sistema interligado nacional;
- Gerar uma Escala de Hierarquização que dê suporte ao planejamento e às tomadas de decisão de Engenharia de Manutenção e de Gestão de Ativos, segundo critérios objetivos e justificáveis.

O desenvolvimento de uma metodologia de Health Index nova e mais abrangente foi motivada pela constatação das limitações das metodologias já existentes e seus possíveis impactos. Para tanto, a equipe de especialistas se empenhou em listar todos os requisitos para que a metodologia de Health Index realmente atendesse às necessidades das áreas de manutenção e gestão de ativos. Como resultado, a nova metodologia de HI possui as seguintes características originais:

- Aplicação direta a quaisquer parâmetros de avaliação de estado, de quaisquer naturezas, com uma avaliação simples e objetiva;
- Aplicação direta a quaisquer famílias de equipamentos e quaisquer subsistemas, trazendo ampla aplicabilidade;
- Apresentação dos resultados em escala numérica universal, objetiva, eficiente e estável ao longo do tempo;
- Integração de quaisquer informações que estejam disponíveis e sejam relevantes para determinar o estado do equipamento, tanto dados off-line quanto de sensores e sistemas de monitoramento on-line;
- Possibilidade de utilização de qualquer quantidade de parâmetros, sem que isso seja um empecilho para a realização do cálculo e interpretação dos resultados;
- Método original de cálculo de Health index que não mascara parâmetros indicativos de mal estado mesmo que muitos outros indiquem o contrário;
- Utilização de inteligência artificial para análise de ensaios e aumento da confiabilidade dos laudos;
- Aprofundamento da análise dos equipamentos por meio de HI individuais para subsistemas e parâmetros.

Essas características garantem que o HI possa ser aplicado em qualquer empresa e em qualquer tipo de equipamento, e ainda assim ser comparado de forma consistente, inclusive ao longo do tempo.

A metodologia de Escala de Hierarquização, por sua vez, tem a função de priorizar os transformadores e reatores que mais necessitam de monitoramento on-line e recomendar os tipos de monitoramento indicados para cada situação. Esta metodologia, totalmente inédita, possui os seguintes aspectos originais:

- Hierarquização dos ativos para suporte às tomadas de decisão de Engenharia de Manutenção e Gestão de Ativos com base em critérios mensuráveis e alinhada aos valores e objetivos estratégicos da empresa, em linha com as boas práticas de gestão de ativos segundo a ISO 55.000;
- Aplicação de critérios que caracterizam o entorno do equipamento de forma ampla;
- Integração do Health Index dos equipamentos, associando-o com a probabilidade de falha dos ativos;
- Redução do risco de falha catastrófica dos transformadores e reatores ao estabelecer uma prioridade objetiva para instalação de monitoramento on-line naqueles em estado mais crítico, com maior impacto ou maior risco, garantindo que sejam supervisionados on-line e auxiliando no planejamento das manutenções;

- Apresenta modelo para recomendar automaticamente os tipos de monitoramento on-line mais indicados para instalação nos equipamentos prioritizados, tomando como base o valor atual do Health Index de cada parâmetro do equipamento e o potencial de severidade desses mesmos parâmetros;
- Permite expansão a outros equipamentos de alta tensão, com as adaptações necessárias.

A implantação em larga escala dessas ferramentas ao parque de transformadores e reatores veio agregar valor técnico e econômico para o grupo Taesa, possibilitando o mesmo para outras empresas transmissoras, assim como para geradoras, distribuidoras e mesmo outras indústrias que façam uso intensivo de energia elétrica, o que garante excelente aplicabilidade dos resultados do projeto como produtos de mercado.

Por fim, esta implantação demonstra um projeto de P&D Aneel que alcançou plenamente os objetivos desse programa, que é a geração de inovações que impactam o dia a dia das concessionárias e chega ao mercado.

## 6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CIGRÉ WORKING GROUP C1.1, Brochure 309 – Asset Management of Transmission Systems and Associated CIGRÉ Activities, December 2006
- (2) Especificação Disponível Publicamente PAS 55 – 2008 – Gestão de Ativos – BSI – British Standards Institution.
- (3) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 55001:2014 – Asset Management – Management Systems – Requirements. 2014.
- (4) MARTINS, C. H. R. Desenvolvimento de uma abordagem de sistemas inteligentes para diagnóstico de faltas em transformadores de potência. 72 p. Tese de doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2018.
- (5) MARTINS, C. H. R., ARAUJO, M. A. A., FLAUZINO, R. A. Power transformer fault diagnosis using DGA and group decision making with intuitionistic fuzzy preference relations. 2015 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT LATAM). 2015.
- (6) ALVES, M. E. G. et al. Desenvolvimento de Metodologias Multicritérios para criar Escala de Hierarquização de Transformadores e de Reatores, para Monitoramento on-line, Suportadas por Software Experimental. In: Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos, 34., 2019, Vitória.
- (7) ALVES, M. E. G. et al. Uso do Índice De Estado (Health Index) de Transformadores e Reatores para Definição da Necessidade de Monitoramento. In: Encontro Regional Ibero-Americano do Cigré, 17., 2019, Foz do Iguaçu.
- (8) ALVES, M. E. G. et al. Uso do Índice de Estado (Health Index) de Transformadores e Reatores para Definição da Necessidade de Monitoramento. In: ERIAC, 18., 2019, Foz do Iguaçu.
- (9) DA SILVA, I. N. Deep Neural Network to Diagnose the Operational State of Power Transformers. In: World Congress on Artificial Intelligence and Machine Learning, 2019, Valência.
- (10) MARTINS, C. H. R., FLAUZINO, R. A., LOPES, S. M. A. A soft computing approach for incipient fault diagnosis in power transformers. Applied Soft Computing.
- (11) ALVES, M. E. G. et al. Metodologia para Determinação de Índice de Estado (Health Index) de Transformadores e Reatores - Estudo de Caso. SNPTEE, 2019, Brasil, Belo Horizonte - MG.
- (12) SIMÕES, A. J. M., ALVES, M. E. G. et al. Integração de Monitoração On-line nas Rotinas da Engenharia de Manutenção. SNPTEE 2017, Brasil, Curitiba - PR
- (13) SANTOS, D. P., ALVES, M. E. G., MOURA, G. Experiência com a implantação de um centro nacional de gestão inteligente de ativos no Paraguai. SNPTEE, 2015, Brasil, Foz do Iguaçu - PR
- (14) SANTOS, C., SANTOS, D. P., ALVES, M. E. G. Sensoriamento inteligente de transformadores para integração a sistemas de gestão. SNPTEE, 2015, Brasil, Foz do Iguaçu - PR

## DADOS BIOGRÁFICOS



Marcos Alves é Doutor em Ciências desde 2013 pela USP/IEE, Mestre em Ciências (2005) pela USP/Poli e Engenheiro Eletricista pela USJT (2001). É Diretor de P&D na Radice Tecnologia, onde supervisiona projetos de PD&I, e Diretor de Tecnologia na Tretech Tecnologia, onde atua desde 1992. É especializado em sistemas de sensoriamento, diagnóstico e prognóstico de estado e gestão de equipamentos de alta tensão. Tem larga experiência em sensores eletrônicos inteligentes (IEDs) e sistemas de monitoramento on-line, gestão de manutenção e gestão de ativos. É membro do IEEE/PES desde 2007 e do Cigré desde 2001.

- (2) CATIA PEDROSA URAS  
Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica pela Faculdade de Engenharia de São Paulo – FESP, Mestrado em Administração pelo Instituto COPPEAD / Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ, especialização como Operadora de Mercado Financeiro, pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, FEAUSP, São Paulo, Brasil. Tem experiência na área de desenvolvimento de produtos, com ênfase em Engenharia da Confiabilidade, análise de estratégias corporativas e processos, gestão e supervisão dos procedimentos operacionais, contratos jurídicos e de propriedade intelectual e industrial.

(3) MURILO MARQUES PINTO  
Murilo Marques é graduado em Engenharia Eletrônica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e cursando mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2021). Atualmente trabalha na Radice Tecnologia. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica/Eletrônica, nas áreas de programação, Data Science, inteligência artificial, processamento digital de sinais, projetos de circuitos eletrônicos, diagnóstico de falhas e sistemas de potência.

(4) DARA GIOVANA SENCIANI MENDES  
Técnica em eletroeletrônica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (2012-2014), graduada em ciência e tecnologia (2016-2020) e graduanda em engenharia biomédica pela Universidade Federal do ABC. Atualmente estagiária de Pesquisa e Desenvolvimento na Radice Tecnologia.

(5) RENATO TEIXEIRA LIMA  
Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrotécnica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow - Rio de Janeiro (2005). Atua como Gerente de Planejamento e Desempenho dos ativos de transmissão da TAESA - Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A.

(6) JAMERSON CARVALHO ARAUJO  
Engenheiro Eletricista pela Universidade Veiga de Almeida desde 2013 e cursando Especialização em Equipamentos Elétricos de Alta Tensão na PUC Minas. Engenheiro de Transmissão na TAESA onde atua na elaboração de especificações técnicas, aprovações de projetos, ensaios e testes/ comissionamentos, bem como no planejamento das manutenções preventivas e corretivas de equipamento de subestação de alta tensão.

(7) BRUNO FERNANDES SARDINHA  
Bruno Sardinha é formado em Engenharia Elétrica pela UFRN e em Eletrotécnica pelo IFRN. De 2013 a 2017 atuou como Gerente de Projetos na Treotech Sistemas Digitais e atualmente é Analista de Projetos Sênior na Radice Tecnologia. Possui em seu histórico projetos de implantação de sistemas de monitoramento de ativos de subestações, tendo como clientes: Cemig, Eletronorte, FURNAS, Enel, Energisa, Celeo Redes, TAESA, Petrobrás, Andrade Gutierrez, Arcelormittal e Dow Corning. Atualmente trabalha(ou) em projeto de P&D ANEEL com as concessionárias: TAESA, CEB, Neenergia Distribuição Brasília, Queiroz Galvão Energia, Ibitu e FURNAS.

(8) MARCIO DA COSTA  
Especialista, Diretor Comercial, Engenharia de Aplicação, Pesquisador. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Mackenzie e especialização em Proteção de Sistemas Elétricos na FUPAI (UNIFEI). Possui mais de 25 anos de experiência no setor elétrico e de telecomunicações, nas áreas de Engenharia de Aplicação em medições de grandezas elétricas, mecânicas e químicas. Atualmente lidera o time comercial da Radice auxiliando na promoção de inovação nos setores de Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica.