



## XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP - Brasil

### Confiabilidade e Análise de Risco de Transformadores de Força

<b>Ana Paula Pereira Tsuyuguchi Caetano</b>	<b>Jair Alberto Doniak</b>
<b>Enersul</b>	<b>Enersul</b>
anapaula.tsuyuguchi@enersul.com.br	Jair.doniak@enersul.com.br

#### Palavras-chave

Transformador de força

Análise de Risco

Confiabilidade

Logística

Custo

#### RESUMO

Atualmente, o sistema elétrico da Enersul - Empresa Energética de Mato Grosso do Sul (concessionária de energia elétrica para 92% do estado de Mato Grosso do Sul) possui 93 subestações nas classes tensão 34,5, 69 e 138 kV distribuídas estrategicamente e 163 transformadores de força em operação.

O transformador de força é o principal e mais caro equipamento de uma subestação de energia elétrica, por isso, e devido a crescente necessidade de reduzir as interrupções de energia elétrica (indicadores), reduzir custos e aumentar a confiabilidade e disponibilidade do sistema, foi desenvolvida a análise de risco, de forma simples e fácil visualização, com utilização de pontuações para atributos relacionados com o transformador de força.

Os atributos foram divididos em três grupos: Criticidade (idade, histórico de falhas, resultados de ensaios), Importância (clientes atendidos, valor/potência e carregamento) e Logística (tempo de restabelecimento).

Desta forma tem sido possível avaliar os riscos de perda da função dos equipamentos, subsidiando ações de planejamento para determinar remanejamentos, estratégias de manutenção. Pode-se ainda simular cenários futuros, bem como alterações de localização de transformadores, de modo a reduzir riscos com otimização da confiabilidade e da disponibilidade, minimizando-se os recursos OPEX e CAPEX.

#### 1. INTRODUÇÃO

O sistema da Enersul praticamente não possui redundância ou mesmo flexibilidade operativa, afetando consideravelmente os transformadores de força, resultando disso a necessidade de avaliações, principalmente em função da contínua redução dos indicadores de continuidade (DEC, FEC, DMIC, DIC e FIC) e da necessidade de redução de custos de O&M. Portanto, tópicos como disponibilidade, confiabilidade, aumento do carregamento, envelhecimento dos equipamentos, redução de custos,

podem dificultar o cumprimento das metas estabelecidas pela ANEEL com aumento das penalidade e da insatisfação dos consumidores.

O trabalho é baseado em fatores que estão diretamente relacionados ao funcionamento e desempenho dos transformadores de força, com utilização de informações de fácil acesso, como: ano de fabricação, histórico de falha, resultado de ensaios, número de clientes atendidos por transformador, potência, carregamento e, em caso de falha do transformador de força, o tempo de restabelecimento.

Para cada fator foi atribuído uma pontuação e com isso estabelecido um gráfico com os quadrantes de maiores e menores riscos, facilitando a visualização da situação atual, ou futura, dos equipamentos.

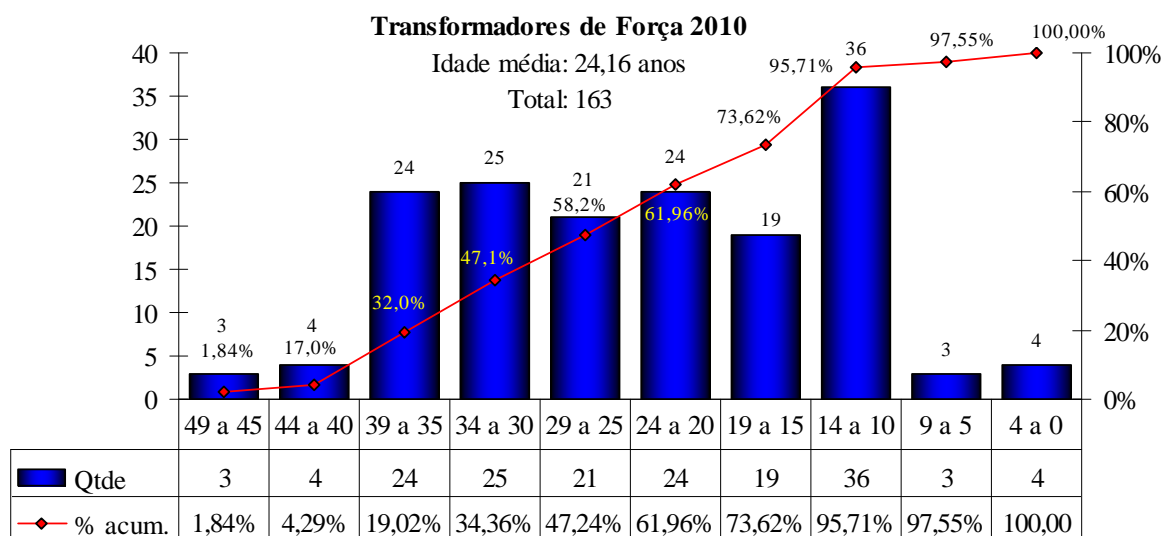
## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é auxiliar de forma simples e eficiente à engenharia de planejamento e à equipe de manutenção, utilizando-se o gráfico de avaliação de risco nos planejamentos e simulações, visando as melhorias necessárias para que o sistema continue com as funções requeridas, proporcionando-se maior confiabilidade.

#### 2.1.1 APLICAÇÃO

A média de idade do total de 163 transformadores de força das subestações de energia elétrica da Enersul é de 24,16 anos, porém, quase 2/3 dos transformadores de força estão entre 20 e 39 anos de idade. Este é um fato que preocupa a engenharia de manutenção da Enersul, pois, com o envelhecimento dos equipamentos aumenta o risco de falha.



Este trabalho foi aplicado para os transformadores de 34,5, 69 e 138kV e também para linhas de subtransmissão, reatores e disjuntores, sendo que para estes últimos usou-se atributos e pontuações diferentes.

Será exemplificado o caso de transformadores de força de 138kV. Para as demais classes o procedimento é idêntico.

#### 2.1.1.1 ATRIBUTOS:

Os atributos e pontuação foram estabelecidos pela equipe de engenharia e manutenção de subestação e divididos em: Criticidade (Idade, Histórico de Falha, Resultado de ensaios), Importância (Clientes Atendidos, Valor/Potência e Carregamento) e Logística (Tempo de Restabelecimento).

2.1.1.1.1 CRITICIDADE (40%)

Idade	Pontuação
0 a 15 anos	0
16 a 25 anos	5
26 a 30 anos	10
31 a 35 anos	15
acima de 35 anos	20

Histórico de Falhas	Pontuação
Não	0
Sim	10

Resultados de Ensaios	Pontuação
Normal	0
Com anormalidade estável	10
Anormalidade em evolução	15

2.1.1.1.2 IMPORTÂNCIA (25%)

Cientes atendidos	Pontuação
até 10.000	0
entre 10.001 e 25.000	5
acima de 25.000	10

Valor/Potência	Pontuação
10/16	0
20/25/33/41	5

Carregamento	Pontuação
até 80%	0
entre 81 e 90%	5
acima de 90%	10

2.1.1.1.3 LOGÍSTICA (35%)

Tempo Restabelecimento Carga	Pontuação
De 1h a 30h	1 ponto por hora

2.1.1.1.4 QUADRO MÁXIMO

Atributos	Pontuação Max.
Resultados Ensaios*	15
Histórico Falhas*	10
Idade*	20
Quantidade Clientes*	10
Valor / Potência*	05
Carregamento*	10
Tempo Restabelecimento**	30
<b>Máximo</b>	<b>100</b>

**\* Criticidade / Importância; \*\* Logística**

2.1.1.1.5 TABELAS

Foram relacionados todos os transformadores conforme as tabelas abaixo:

Exemplo de dados dos transformadores de força.

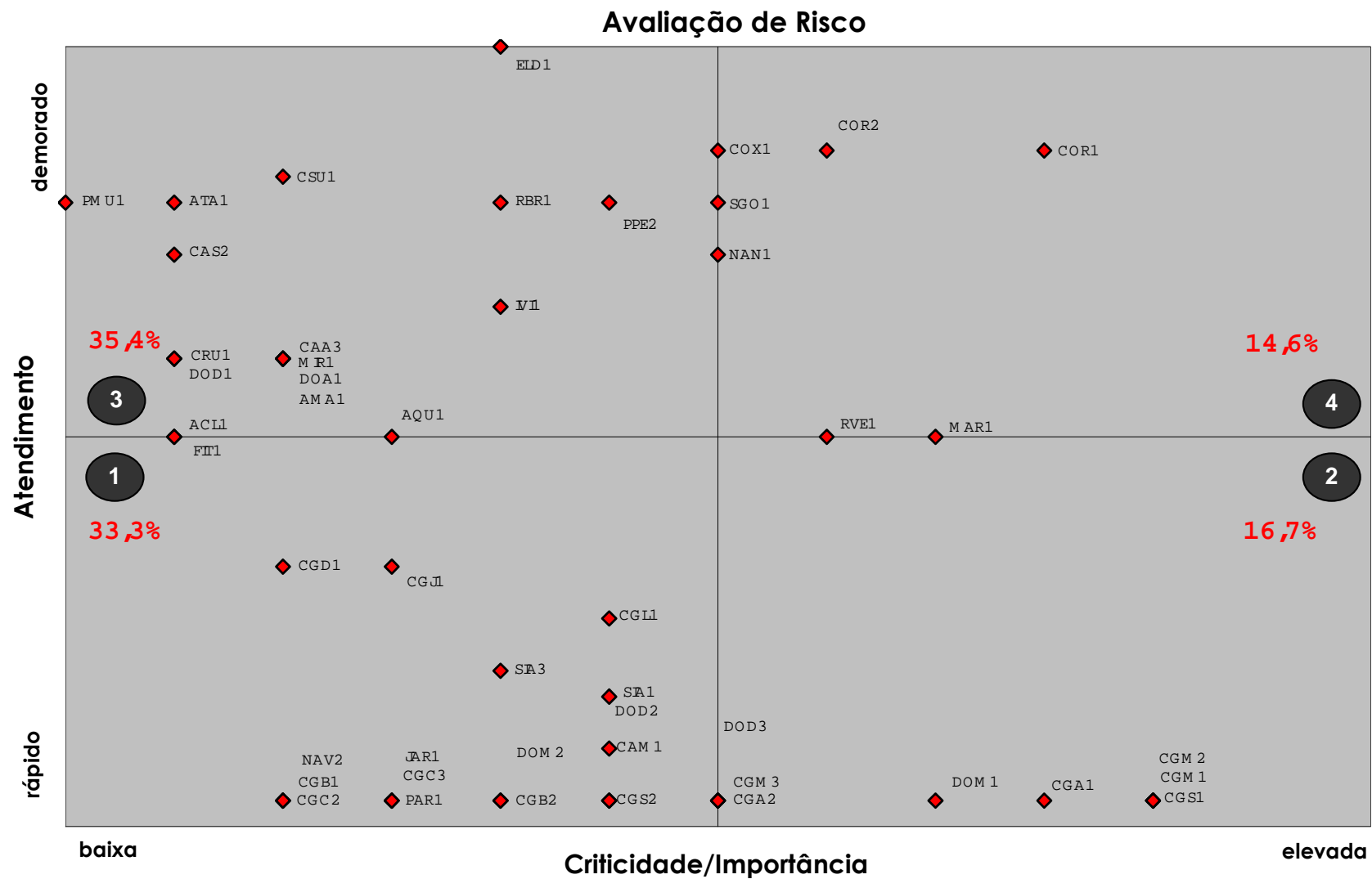
Local	Código Operac.	Pot. (MVA)	Ano Fabric.	Falha?	Resultado Ensaio	Clientes (mil)	Carregamento (%)	Tempo Rest. (h)
SACL	74TF-01	12,5	1986	Não	Normal	4402	48	15
SCAM	754TF-01	20	1982	Sim	Normal	5702	37	3
SCGA	74TF-01	41	1982	Sim	Normal	32805	92	1
SCOR	74TF-01	20	1991	Sim	Anormalidade em Evolução	18302	88	26

Exemplo de pontuação dos transformadores de força.

Local	Código Operac.	Pontuação							
		Criticidade			Importância			Critic + Import	Logística
		Idade	Hist. Falha	Ensaio	Clientes	Valor	Carregamento		
SACL	74TF-01	5	0	0	0	0	0	5	15
SCAM	754TF-01	10	10	0	0	5	0	25	3
SCGA	74TF-01	10	10	0	10	5	10	45	1
SCOR	74TF-01	5	10	15	5	5	5	45	26

Para facilitar a visualização dos transformadores de força conforme o risco foi gerado o gráfico de “Avaliação de Risco”, no qual, foi determinado que a Criticidade e Importância compusessem o eixo X e a Logística o eixo Y.

2.1.1.1.6 GRÁFICO DE RISCO



- Quadrante 1 - Baixa importância/criticidade com reduzido tempo de restabelecimento;
- Quadrante 2 - Elevada importância/criticidade com reduzido tempo de restabelecimento;
- Quadrante 3 - Baixa importância/criticidade com elevado tempo de restabelecimento;
- Quadrante 4 - Elevada importância/criticidade com elevado tempo de restabelecimento.

Transformadores que estão no quadrante 4 estão com maior risco, por terem um atendimento demorado e Criticidade/Importância elevada, portanto deve-se ter um acompanhamento constante e manutenção em dia. No caso de falha, o atendimento dos transformadores de força que estão no quadrante 3 será demorado e portanto devem ter sua integridade funcional mantidas ao máximo, aumentando-se a confiabilidade. Transformadores de força no quadrante 2 não possuem um atendimento demorado, mas devem ser monitorados quanto a manutenção, pois possuem um alto risco de falha. Transformadores no quadrante 1 apresentam baixo risco de falha e atendimento rápido. Desde modo tem-se hoje o controle de quantos e quais transformadores de força estão em situação crítica e com maior risco de falhas.

A classificação, conforme quadrantes de riscos, dos 48 transformadores de força de 138kV que estão em operação na Enersul é:

Quantidade e percentual dos transformadores de força de 138kV distribuído por quadrante.

<b>Quadrante</b>	<b>Qtde</b>	<b>%</b>
<b>1</b>	16	33,33
<b>2</b>	8	16,67
<b>3</b>	17	35,42
<b>4</b>	7	14,58
<b>Total</b>	48	100,00

Esta análise de risco é disponibilizada no servidor da empresa através do PORTAL - GESTÃO DA MANUTENÇÃO, sendo acessível aos colaboradores e a direção da empresa, de forma que todos possam visualizar a situação atualizada dos transformadores de força.

### **3. CONCLUSÕES**

O sistema em utilização na Enersul desde o final de 2008 tem possibilitado:

- Aplicação simples e rápida, com fácil visualização para o corpo técnico e direção da empresa;
- Utilização como base para solicitação de melhorias, adaptações e investimentos;
- Fácil atualização, com monitoramento constante das condições dos equipamentos, subsidiando ações da manutenção;
- Realização de simulações a curto e longo prazos, conseguindo atuar preventivamente nos equipamentos que apresentarem evolução de riscos;
- Maior controle da situação dos equipamentos, com isso, aumento da confiabilidade e disponibilidade do sistema.
- Redução de custos de O&M.

### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E/OU BIBLIOGRAFIA**

LIMA, Luciano D M. Transformadores - Reatores - Reguladores. Recife, ED. Edições Bagaço, 2005.