

## **CATEGORIA 3**

# **APLICAÇÃO DA ANÁLISE RELACIONAL GREY NA PRIORIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM SUBESTAÇÕES**

## **AUTOR**

**LINCOLN NAGAKI**

## **INTRODUÇÃO**

O objetivo principal do trabalho é apresentar a utilização de algumas ferramentas de gestão que podem auxiliar na priorização das atividades dos trabalhos de manutenção preventiva em campo, levando-se em consideração o reduzido tempo que as equipes possuem para a liberação de um equipamento para a Operação, apresentando um comparativo dos resultados obtidos quando implantados em um equipamento de tração elétrica real. Este estudo baseia-se no levantamento e análise das falhas ocorridas por um período de aproximadamente cinco anos nas subestações de tração do sistema em estudo, sendo escolhido para esta análise os disjuntores alimentadores de tração elétrica (feeders), responsáveis pela proteção e seccionamento dos circuitos elétricos de forma segura, sempre que necessário. Através de consulta a profissionais do setor foi levantada a planilha de percepção de risco, calculando-se o RPN - *Risk Priority*

*Number*, vindo a compará-lo com os resultados obtidos ao aplicar a Análise Relacional Grey, inserindo pesos nos índices de ocorrência, detecção e severidade sugeridos por autores que apresentaram artigos do tema.

### **PERCEPÇÃO DE RISCO**

Leal *et al.* (2006) sugerem as tabelas de priorização para o índice de ocorrência, detecção e severidade, adaptado da Ford Motor Company (1988):

Para a ocorrência da falha, na Tabela 1, pode-se verificar o nível de risco de ocorrência de falha onde, quanto maior for o grau da percepção de risco de ocorrência da falha, maior será o risco de ocorrência de falhas, sendo, por exemplo, estipulada a nota “1” onde a ocorrência de uma falha é quase impossível de acontecer com determinado equipamento ou componente e a nota “10” determina que ocorram falhas recorrentes.

**Tabela 1** - Percepção de risco de ocorrência da falha

<b>EFEITO</b>	<b>GRAU</b>
EXTREMAMENTE ALTA (QUASE INEVITÁVEL)	10
MUITO ALTA	9
REPETIDAS FALHAS	8
ALTA	7
MODERADAMENTE ALTA	6
MODERADA	5
RELATIVAMENTE BAIXA	4
BAIXA	3
REMOTA	2
QUASE IMPOSSÍVEL	1

**Fonte: Leal *et al.* (2006)**

A Tabela 2 apresenta a percepção de risco de detecção de falha, onde o grau de percepção de risco de detecção da falha vai aumentando à medida que se consegue melhor prever a ocorrência de falhas em determinado componente ou equipamento.

**Tabela 2** - Percepção de risco de detecção da falha

<b>DETECÇÃO</b>	<b>GRAU</b>
ABSOLUTAMENTE INCERTA	10
MUITO REMOTA	9
REMOTA	8
MUITO BAIXA	7
BAIXA	6
MODERADA	5
MODERADAMENTE ALTA	4
ALTA	3
MUITO ALTA	2
QUASE CERTA	1

**Fonte: Leal et al. (2006)**

Para o grau de percepção de risco de severidade dos efeitos da falha (Tabela 3), o grau “1” significa que, caso o equipamento ou componente falhe, as consequências são insignificativas para o resto do sistema.

**Tabela 3** - Percepção de risco de severidade dos efeitos da falha

<b>EFEITO</b>	<b>GRAU</b>
PERIGOSO	10
SÉRIO	9
IMPORTANTE	8
IMPACTANTE	7
SIGNIFICATIVO	6
MODERADO	5
BAIXO	4
DESPREZÍVEL	3
MUITO DESPREZÍVEL	2
NENHUM	1

**Fonte: Leal *et al.* (2006)**

Quanto maior o grau de percepção de risco de severidade, a ocorrência de uma falha poderá causar danos expressivos ao equipamento ou sistema.

## **DIAGNÓSTICO**

Através do banco de dados do sistema do centro de informação da manutenção, foram levantadas as falhas de aproximadamente cinco anos a fim de se realizar esta análise. De posse dos dados coletados, as falhas foram filtradas, de forma a não contabilizar as ocasionadas por atos de vandalismo, intempéries e acidentes.

Diante dos dados filtrados, foi escolhido o equipamento a ser realizado o estudo, levando-se em consideração o número de falhas geradas no período, assim como o domínio que as equipes de manutenção poderiam ter em relação à periodicidade de manutenção deste equipamento, a fim de minimizar a ocorrência de falhas.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

1. Com o equipamento e o método a ser utilizado definidos, foi realizado um brainstorming com 8 (oito) profissionais do setor com experiência de 4 (quatro) a 21 (vinte um) anos na área, avaliando a priorização de cada componente deste equipamento, apontando notas para sua ocorrência, severidade e detecção. Com a formulação do FMEA, foi aplicada a obtenção do RPN pelo método tradicional e pela Análise Relacional Grey, comparando os resultados e reaplicando em campo para verificação e validação.

2. Médias das notas atribuídas:

<b>COMPONENTE</b>	<b>OCORRÊNCIA</b>	<b>SEVERIDADE</b>	<b>DETECÇÃO</b>
Cornetas de sopro	1,4	8,8	3,8
Peça polar da bobina de sopro	1,4	8,6	4,0
Contato fixo	3,8	8,0	5,8
Contato elástico superior	3,8	8,0	6,0
Braço de contato	1,8	5,2	5,0
Molas de retorno dos braços de contato	2,2	5,4	6,0
Alavanca de armadura	1,2	5,2	5,6
Pacote de lâminas da espira de disparo	1,2	4,2	5,6
Batente elástico inferior	1,0	4,2	5,6
Bobina de fechamento	5,2	7,6	4,6
Pacote de lâminas shunt da espira de	1,0	3,8	2,8
Circuito magnético da bobina de	3,8	4,8	3,8
Extremidade da alavanca de armadura	1,4	3,8	5,2
Alavanca de fechamento	1,2	1,8	3,2
Câmara de arco	5,2	8,6	6,0
Bobina auxiliar de sopro	3,0	8,6	5,0
Bobina de sopro	3,6	8,8	5,0
Tomada de corrente	1,0	6,8	5,4
Pacote de lâminas de circuito magnético	1,2	6,6	4,6

**26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



Pacote de lâminas da alavanca de	1,0	7,2	4,6
Espira de disparo	1,0	6,4	5,4
Régua graduada	1,0	1,4	7,2
Parafuso de afinação	1,8	4,6	5,6
Bobina de retenção	4,0	8,4	4,8
Shunt da espira de disparo	1,0	4,2	5,0
Shunt flexível	1,0	2,8	3,8
Articulação da alavanca de armadura H	1,0	2,6	4,0
Articulação do braço de contato F	1,0	2,6	4,4

Pela tabela pode-se observar que as maiores notas atribuídas para o atributo ocorrência foram para a câmara de arco e a bobina de fechamento, ou seja: são os itens que mais apresentam falhas segundo os especialistas.

Para o atributo severidade, o conjunto de sopro magnético (corneta e bobina de sopro) recebeu a maior nota, visto que uma falha nestes componentes pode levar a um direcionamento incorreto do arco voltaico formado nas aberturas do feeder, com consequências catastróficas ao equipamento, algumas vezes até causando sua perda, sem possibilidade de reparo (destruição total), visto os altos níveis de correntes de rupturas a que estes equipamentos estão sujeitos.

3. Verifica-se uma elevada nota atribuída para o atributo detecção para a régua graduada devido a sua facilidade na detecção de falhas, por estar totalmente exposta.

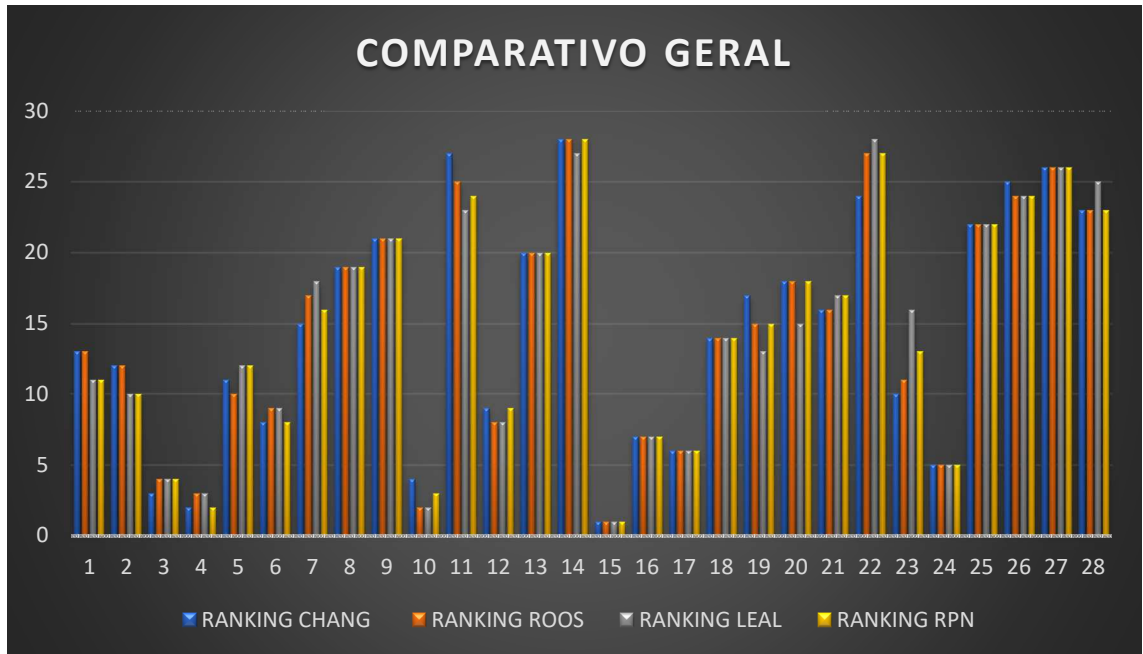
- **Ranking gerado pelo RPN**

<b>COMPONENTE</b>	<b>RPN</b>	<b>RANKING</b>
Câmara de arco	268,3	1
Contato elástico superior	182,4	2
Bobina de fechamento	181,8	3

**26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



Contato fixo	176,3	4
Bobina de retenção	161,3	5
Bobina de sopra	158,4	6
Bobina auxiliar de sopra	129,0	7
Molas de retorno dos braços de contato	71,3	8
Circuito magnético da bobina de fechamento	69,3	9
Peça polar da bobina de sopra	48,2	10
Cornetas de sopra	46,8	11
Braço de contato	46,8	12
Parafuso de afinação	46,4	13
Tomada de corrente	36,7	14
Pacote de lâminas de circuito magnético de	36,4	15
Alavanca de armadura	34,9	16
Espira de disparo	34,6	17
Pacote de lâminas da alavanca de armadura	33,1	18
Pacote de lâminas da espira de disparo	28,2	19
Extremidade da alavanca de armadura	27,7	20
Batente elástico inferior	23,5	21
Shunt da espira de disparo	21,0	22
Articulação do braço de contato F	11,4	23
Pacote de lâminas shunt da espira de disparo	10,6	24
Shunt flexível	10,6	24
Articulação da alavanca de armadura H	10,4	26
Régua graduada	10,1	27
Alavanca de fechamento	6,9	28



Observa-se que a aplicação da Análise Relacional Grey apresentou resultados bastante coerentes quando comparados aos dados obtidos pelo RPN tradicional, se tornando uma ferramenta excelente para esta aplicação.

Deve-se considerar que esta priorização pode ser interpretada como sendo a necessidade de dar atenção a um item mais prioritário a ser verificado que outro, de uma forma mais minuciosa ou até mesmo, com a criação de um procedimento de manutenção específico para um certo quantitativo de itens que se destacam na tabela, parecido com uma análise do diagrama de Pareto, por exemplo. Esta verificação mais minuciosa ou com uma menor periodicidade tende a diminuir o número de ocorrências registradas neste determinado componente, sendo o ideal uma intervenção neste equipamento antes da ocorrência de uma falha.



## **CONCLUSÕES**

Através da literatura consultada pode-se observar a preocupação dos autores em propor melhorias na aplicação da FMEA tradicional, visto que este pode retratar resultados de priorização divergentes com a realidade, pois podemos ter diferentes percepções para os níveis de severidade, detecção e ocorrência, de acordo com o sistema em estudo.

Neste estudo em questão, em termos gerais, a diferença entre os resultados obtidos através do RPN foram muito parecidos com os extraídos pela Análise Relacional Grey, nos três diferentes conjuntos de  $\alpha$ s inseridos, demonstrando que a teoria segue resultados coerentes quando comparados com o método RPN tradicional, obtendo-se resultados mais apurados, proporcionando um “ajuste fino”, visto que, à medida que se inseriu índices distintos para ocorrência, detecção e severidade, os resultados sofreram alterações.

Pode-se afirmar que, tomando como exemplo este equipamento analisado, os resultados obtidos com a aplicação da Análise Relacional Grey foram bem satisfatórios para a realização da análise, muito similares aos obtidos pelo RPN tradicional, demonstrando-se que a ferramenta funciona de forma confiável, apresentando resultados mais apurados.

Esta cultura de formulação do FMEA deve ser estendida para outros setores e equipamentos da empresa em estudo, assim como a aplicação da Análise Relacional Grey.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**LEAL, F., PINHO, A. F. e ALMEIDA, D. A. 2006.** Análise de falhas através da aplicação do FMEA e da Teoria Grey. *Gestão Industrial*. 2006, Vol. 02.

**BRASIL, ENEL. 2018.** LIG AT - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão de Subtransmissão. <https://www.eneldistribuicaosp.com.br/normas-tecnicas>. [Online] 26 de 02 de 2018. <https://www.eneldistribuicaosp.com.br/normas-tecnicas>.

**CHANG, Ching Liang, WEI, Chiu Chi e LEE, Yeong Hoang. 1999.** Failure mode and effects analysis using fuzzy method and grey theory. *Kybernetes*. 1999, Vol. 28, pp. 1072-1080.

**SOFYALIOĞLU, Çiğdem e ÖZTÜRK, Şule . 2012.** APPLICATION OF GREY RELATIONAL ANALYSIS WITH FUZZY AHP TO FMEA METHOD. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*. 2012, pp. 114-130.

**ROOS, Cristiano, MORAES, Jorge André Ribas e ROSA, Leandro Cantorski da. 2008.** MELHORIA DA QUALIDADE NOS SERVIÇOS DE TRANSPORTE UTILIZANDO A FERRAMENTA FMEA. *Revista Gestão Industrial*. 2008, pp. 148-159.