

# **P67 – Desenvolvimento de Metodologia Para Quantificação de Confiabilidade, Risco, Mantenabilidade, Disponibilidade e suas Aplicações na Gestão Econômica de Ativos de Distribuição de Gás - Ciclo 2008/2009**

Osvair V. Trevisan<sup>1</sup>, Gabriel A Costa Lima<sup>1</sup>, Marcos Henrique Carvalho<sup>1</sup>, Antônio Elias Júnior<sup>1</sup>, Igor Gimenes Cesca<sup>1</sup>, Bruno Guimarães<sup>1</sup>, Virgílio Marques<sup>1</sup>, Sérgio Rodrigues<sup>2</sup>, Adilson C. Marques<sup>2</sup>, Diego C. Castilho<sup>2</sup>, Paulo Ricardo<sup>2</sup>, Paula Oliveira<sup>2</sup>, Sérgio Kampenish<sup>2</sup>

1 – UNICAMP

2 – Comgás

**Resumo** – A história da confiabilidade remonta ao ano de 1930 quando os conceitos de probabilidade foram aplicados aos problemas relacionados à geração de energia elétrica. Durante a II Guerra Mundial, os alemães aplicaram os conceitos básicos de modelagem de confiabilidade para melhorar a assertividade de seus foguetes V1 e V2. A seguir, em 1947, a Aeronautical Radio Inc. e a Cornell University realizaram um estudo de confiabilidade em mais de 100.000 tubos eletrônicos que eram, naquele tempo, muito usados em sistemas militares como aviões, mísseis, etc. Atualmente a técnica de análise de confiabilidade é aplicada em muitas áreas, com destaque para a comunidade de manutenção, desenvolvimento de projetos, novos processos, dentre outros. Há uma grande literatura sobre aplicações de confiabilidade para solução de problemas diversos. Nesse trabalho foi desenvolvido um modelo para o gerenciamento do estoque dos equipamentos de conjuntos de regulação de pressão da Comgás. Realizou-se um levantamento de todos os equipamentos do sistema, uma modelagem e ajuste de distribuição de probabilidade da variável tempo até o evento de interesse do equipamento e a aplicação do Teorema de Bayes nos cálculos de probabilidades. Das distribuições de probabilidade ajustadas ao histórico dos eventos dos equipamentos, a mais utilizada foi a Weibull devido à sua versatilidade em se adaptar às dispersões com taxas instantâneas de ocorrências crescentes ou não-crescentes no tempo. Buscou-se apresentar, neste trabalho, o comportamento das curvas de confiabilidade de alguns equipamentos estudados. Através dessas curvas foi desenvolvida uma planilha para determinação do risco, por grupo, dos equipamentos. Uma vez definida a zona de risco, determinou-se quais equipamentos e em qual quantidade deveriam possuir reserva de estoque.

Palavras-chave: confiabilidade, risco, manutenabilidade, disponibilidade, quantificação, gestão

## **Introdução**

Existem diferentes abordagens para realizar os cálculos de confiabilidade, sendo os dois mais conhecidos, o método não-paramétrico e o método paramétrico. Neste artigo, o método adotado é o paramétrico, descrito em [1]. Em [2], além de abordarem o método paramétrico, também descrevem outros métodos de análise como o semi-paramétrico e de riscos proporcionais de Cox, além do modelo de riscos aditivos de Aalen. Segundo a norma ABNT-NBR-5462/94, a confiabilidade é definida pela “capacidade de um item

desempenhar uma função especificada, sob condições de tempo predeterminado”. Portanto, definir o que constitui uma falha é a parte vital de qualquer estudo de confiabilidade e deve ser bem clara para que a análise final não seja comprometida. A análise de confiabilidade aplicada neste artigo tem como objetivo ajudar a resolver um dos grandes problemas a ser superado pelas empresas, que é o gerenciamento ótimo de estoque. Isto porque há duas correntes com interesses opostos: (1) há pressão na área de manutenção no sentido de terem garantia que na necessidade de substituição de um

componente haverá outro disponível em estoque; (2) há pressão sobre a área de suprimentos para manter um estoque mínimo a fim de evitar custo de armazenamento e oportunidade de capital. Assim, um desafio importante consiste em determinar uma quantidade ótima de unidades em estoques de modo a controlar o custo na área de manutenção e de suprimento, sendo isso um desafio recorrente nas empresas. No entanto, este problema pode ser resolvido empregando-se a abordagem de modelagem de confiabilidade, ou seja, análise estatística aplicada na solução de problemas típicos de engenharia.

## Desenvolvimento

Neste artigo, foi empregada a metodologia de análise estatística de confiabilidade para estimar a quantidade de eventos dos componentes de modo a determinar a quantidade ótima a ser alocada na forma de estoque por meio das seguintes etapas: 1) primeiramente foi realizado um levantamento de todos os equipamentos cujos modelos devem ser previstos, sendo o critério estabelecido a partir de características tanto físicas quanto operacionais dos equipamentos; 2) modelagem e ajuste de distribuições de probabilidade para a variável tempo de vida dos componentes de modo a conhecer a lei que rege a aleatoriedade da ocorrência do evento de interesse; 3) tomando como referência o tempo de vida atual do componente, foi realizado as estimativas de probabilidade empregando-se o conceito do teorema de Bayes [5] sobre probabilidade condicional com a finalidade de encontrar quais componentes que apresentam maior risco de falha.

Na primeira etapa do estudo foi realizado um levantamento de todos os equipamentos que seriam utilizados na análise. Estes equipamentos foram divididos em alguns grupos, levando em consideração o arranjo físico e também as condições de operação, mas, neste artigo, serão apresentados apenas 3, que foram identificados por: A1, A2, A3. Após as definições dos equipamentos que fariam parte do estudo, para realizar a análise de confiabilidade, o evento de interesse modelado foi o “tempo até a ocorrência de interesse do componente”, sendo o evento de interesse uma diferença de pressão, fato também que não implica no desabastecimento de gás. A importância da definição do evento de interesse é fundamental em uma análise de confiabilidade, pois uma dúbia definição pode

levar a conclusões equivocadas sobre a confiabilidade do objeto de análise.

## Resultados

Como as ocorrências dos equipamentos ficam registradas em um banco de dados, se fez necessário expurgar alguns dados que foram registrados ao equipamento que não são caracterizados de acordo com o evento de interesse. Nesta definição proposta, dos dados registrados, os aproveitados para análise estão na Tabela 1.

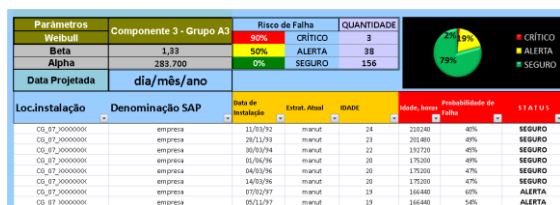
**Tabela 1:** Parte do resumo dos dados coletados de ocorrências para análise.

DADOS: Grupo / Componente	Redução
Grupo A1 - Componente 1	95%
Grupo A2 - Componente 2	7%
Grupo A3 - Componente 3	6%

Depois de obtido os dados necessários para análise fez-se uma modelagem estatística. Na modelagem, foram utilizadas as distribuições de probabilidade normal, log-normal, exponencial, gama e Weibull. Dentre as distribuições utilizadas, a que melhor se ajustou aos dados foi a distribuição de probabilidade Weibull. A distribuição Weibull apresenta uma grande versatilidade quanto a sua forma, se ajustando bem quando os comportamentos dos equipamentos modelados apresentam taxas instantâneas de ocorrências crescentes no tempo, e mesmo quando os equipamentos possuem a característica de taxas de ocorrências instantâneas não crescentes no tempo. Encontradas as distribuições de probabilidade que modelam o comportamento do tempo até o evento de interesse dos equipamentos, o teorema de Bayes foi utilizado a fim de determinar o risco de falha dos equipamentos presentes em cada grupo de equipamento. Como a estrutura do banco de dados dispõe das datas de instalações de todos os equipamentos, assim como suas últimas manutenções corretivas, tornou-se possível determinar o risco dos equipamentos falharem se operarem um determinado tempo a mais. Assim, tomando como  $t_1$  a data da última manutenção ou a data da instalação e  $\Delta t$  como sendo um tempo adicional no qual se deseja realizar a previsão, ou seja,  $\Delta t = t_2 - t_1$ , o risco de falha do equipamento pode ser calculado

levando em consideração o tempo de operação atual que este se encontra.

Na Figura 1 encontra-se um exemplo dos resultados obtidos para o componente 3 do grupo A3, sendo que do total de equipamentos que compõem esse grupo, 3 apresentam estado “crítico”, 38 “alerta” e 156 no estado “seguro”. Neste exemplo, é mostrada a data de instalação do equipamento, sua idade atual e o tempo esperado que ele irá operar, que depende da data projetada. Sendo assim, para o exemplo dos 197 equipamentos, há uma necessidade de que 41 equipamentos sejam mantidos em estoque para o período desejado e tenham suas manutenções preventivas programadas. Ainda, com o auxílio da planilha sabe-se de antemão quais são os 3 equipamentos mais prováveis de ocasionarem um evento, o que auxilia e norteia a priorização da manutenção preventiva.



**Figura 1:** Um exemplo da planilha desenvolvida dos riscos dos equipamentos do grupo Conjunto de Regulagem Grupo A3.

Deixando a planilha Excel pré-programada, a coluna “Status” e o gráfico atualizam à medida que cada variável, como idade, data projetada ou distribuição de probabilidade vão sendo alteradas. Ainda, aumentando a data projetada, determina-se como as falhas dos equipamentos irão se comportar com o tempo.

## Conclusões e Contribuições

Ao conhecer as informações dos tempos de operações e os riscos de eventos associados a estes equipamentos, pode-se ter um mapa de classificação dos ativos quanto aos riscos no momento da análise. Esta abordagem permitiu realizar uma previsão da quantidade de equipamentos que estão mais sujeitos a falhar em um determinado período. Contudo, a área de suprimentos poderá iniciar a aquisição daqueles equipamentos cujo fornecedor requer maior demora na entrega e, então, o tempo de indisponibilidade tenderá a zero. A partir da metodologia de análise de confiabilidade no presente trabalho, foi possível estruturar uma planilha dinâmica no Excel que auxilia tanto a área de manutenção, no sentido de terem

garantia de que na necessidade de substituição de um componente haverá outro disponível em estoque, quanto a área de suprimentos, em manter um estoque mínimo a fim de evitar custo de armazenamento e oportunidade de capital.

## Referências

[1] MANN, N. R., SCHAFER, R. E., SINPURWALLA, E. N. D. “Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data”. New York: Wiley, 1974.

[2] LAWLESS, J. F. “Statistical Models and Methods for Lifetime Data”. New York: Wiley, 1982.

[3] WAYNE, N. “Applied Life Data Analysis”. New York : John Wiley & Sons, Inc, 1982.

[4] DHILLON, B. S. “Design Reliability: Fundamentals and Applications”. CRC Press, ISBN 0-8493-1465-8, 1999.

[5] JAMES, B. R. Probabilidade: um curso a nível intermediário. Projeto Euclides. IMPA.