

Análise da Coleta de Dados para confiabilidade e Risco - Estudo de caso - Sistemas de bombeamento de esgotos

C.L.S. Figueirôa Filho¹, E. M. Assis², A. L. B. Costa², L. S. Jordi²,

¹ *Universidade Federal da Bahia,*

Postgraduate Program in Industrial Engineering, Salvador, Brazil

²*Universidade Católica do Salvador, Department of Mechanical Engineering, Salvador, Brazil*

e-mail: celso_lsf@hotmail.com

Resumo: Este artigo é uma continuidade do estudo apresentado no Congresso ABRISCO 2013 ([1], 2013) que investigou as inconsistências dos dados de falhas de equipamentos para uso nas análises de confiabilidade e risco e propôs uma metodologia para estruturação destes bancos de dados. O atual trabalho é um aprofundamento da investigação sobre tais inconsistências. Foram utilizados dados de 25 meses coletados de estações de elevação de esgotos na região metropolitana de Salvador. Foi verificado que os processos atuais de coleta dos dados não atendiam ao formato para uso nas avaliações de confiabilidade e risco. Foi aplicado um método de investigação para revisão dos dados disponíveis de tempos entre estados de falha. O método consiste i) na realização de entrevistas com os operadores do sistema para correção das informações encontradas, ii) na remoção dos dados das análises e iii) na verificação de um modelo probabilístico com utilização de gráficos de ajustes lineares. Foram elaboradas representações estatísticas da vida útil dos sistemas e equipamentos para a predição de alguns modos de falhas mais recorrentes. O ganho de qualidade do ajuste estatístico após a aplicação do método foi utilizado como medida da redução das inconsistências. Foram realizadas as estimativas dos parâmetros da distribuição estatística escolhida considerando 3 perspectivas como exemplos. A primeira perspectiva é sobre os dados encontrados que se referem ao modo de falha descritos pelos operadores. A segunda trabalha dados obtidos referentes a elementos físicos do sistema. A terceira trabalha modos de falha do subsistema elétrico. Os resultados dos ajustes do modelo escolhido mostram que o detalhamento da informação influi na qualidade da predição. Os processos atuais de coleta de informações da manutenção não conseguiriam garantir, sem um acompanhamento posterior, dados com qualidade adequada para serem usados nas avaliações da confiabilidade. O tratamento destes dados tem como resultado melhores ajustes dos modelos matemáticos de previsão das falhas. A origem das inconsistências dos dados foram verificadas, seguindo a estrutura dos fatores estabelecida no primeiro artigo. Dentre os fatores analisados quanto à influência no processo de coleta de dados, os organizacionais e os processuais são mais relevantes. Os fatores relacionados com o contexto das instalações (contextuais) foram os menos relevantes quando comparados aos outros.

Palavras-chave: aquisição de dados; confiabilidade; bombas; representações estatísticas.

1. INTRODUÇÃO

Existem dois tipos de dados que são freqüentemente usados para prever falhas: dados de vida útil e dados de monitoramento de condições. Para a maioria dos métodos tradicionais de análise de

confiabilidade, a função de distribuição de falhas é estimada por dados históricos da vida útil e a falha a probabilidade em qualquer momento pode ser obtida. [6]

O lançamento dos dados e a listagem dos modos de falha associados precisam representar a realidade dos eventos e serem registrados de forma estruturada para que representem uma informação confiável. Para [3] falhas registradas incorretamente, falhas não registradas e pressupostos implícitos são comuns durante a coleta de dados, tais como: (i) falta de correlação em série entre tempos de inter-falhas, (ii) falta de heterogeneidade, (iii) falta de *outliers* e (iv) falta de dependências entre os tempos de falha. Além disso, os autores afirmam que a coleta de dados no campo é normalmente focada no gerenciamento de manutenção e não na confiabilidade, o que torna o conteúdo da informação fraco e enganador.

Frequentemente utilizada pela engenharia de confiabilidade para estudar os tempos de vida, a distribuição de Weibull é ajustada a um conjunto de dados e permite uma análise paramétrica da confiabilidade e da função taxa de falhas. Para a demonstração da melhoria dos dados de entrada foi usado como critério a melhora no ajuste estatístico ao modelo matemático.

Os fatores que influenciam a coleta de dados foram classificados no artigo anterior [1] da seguinte forma:

- a) contextuais - relacionados à configuração física do sistema e ao ambiente de aplicação;
- b) organizacionais - relacionados aos processos das empresas e a infra-estrutura disponível;
- c) conjunturais humanos - relacionados a definições dos conceito de falha, padronização de termos relacionados e da qualificação das equipes quanto ao entendimento das teorias de confiabilidade.

O objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação do sistema de coleta dos dados de falhas de sistemas de bombeamento de esgotamento sanitário por representações estatísticas, análise probabilística para predição de falhas, e avaliar os fatores que influenciam nas inconsistências dos dados obtidos para uso nas avaliações de confiabilidade e risco.

2. METODOLOGIA

O processo definido para avaliar os dados que são retirados diretamente do sistema existente de coleta de informações é composto por O método consiste i) na realização de entrevistas com os usuários do sistema computacional onde são alocados os registros para correção das informações encontradas, ii) na remoção dos dados das análises e iii) na verificação de um modelo probabilístico com utilização de gráficos de ajustes lineares.

Nas entrevistas com pessoal de manutenção foram realizadas também avaliações dos fatores influentes (contextuais, organizacionais, humanos). Nestas foram necessárias a compreensão sobre os processos existentes de coleta de dados.

2.1 Origem dos Dados

Os dados usados como referência neste trabalho tiveram origem no conjunto de todas as estações de bombeamento de esgoto da região metropolitana de Salvador na Bahia, incluindo cidades de Lauro de

Freitas, Camaçari, Simões Filho e Mata de São João. A concessionária enviou planilhas baixadas do seu sistema de acompanhamento de ordens de manutenção do período de 2014 até 2016.

2.2 Processo de Reorganização e Coleta dos Dados

O processo de organização de dados seguiu um conjunto de etapas a fim de realizar a preparação dos dados até a fase do cálculo e a análise dos resultados. Resumidamente estes passos foram:

- correção da falta de padronização no registro de modos de falha;
- eliminação dos modos de falhas com informações incompletas;
- divisão dos modos de falhas por características semelhantes;
- cálculo dos tempos entre falhas com modos de falhas semelhantes;
- separação das estações com maior número de falhas;
- eliminação das ordens de manutenção preventiva (serviços programados);
- dos tempos entre falhas no *software* DIMEMA;
- apresentação dos resultados e discussão entre os interessados.

A Tabela 1 apresenta o estado em que foram enviadas as informações, ou seja, como são baixadas as informações do sistema computacional para a análise da equipe de manutenção. A planilha original era composta de mais colunas, mas apenas estas apresentadas na Tabela 1 tinham uso para as análises de confiabilidade.

Tabela 1 - Formato original do banco de dados de falhas

Equipamento	Cód. Causa (Descrição)	Início Avaria	Fim Avaria	Nome da instalação
Evaporador 01 - Motor	Curto-Circuito	00/00/00	00/00/00	ETE BAI - A
Gerador Móvel - 01 - Motor	Falha Operacional	00/00/00	00/00/00	ETE PC- A
Grupo Gerador - Motor	---	03/27/14	00/00/00	ETE PC- A
Grupo Gerador- Motor	Falha Operacional	12/01/14	12/01/14	ETE GV-R I-A
---	---	05/13/15	05/15/15	ETE GVR I-A
Gerador - Motor	Falha Operacional	11/06/14	11/06/14	ETE GVR I-A
Motor Diesel - Gerador	Problemas elétricos	06/20/15	06/20/15	BBV - A
Grupo Gerador Emergência - Motor	Temperatura Superior a Normal	03/28/15	03/28/15	BBV- A
E.E.Esgoto P F II - Camping	Problemas elétricos	03/21/15	03/21/15	BBV- A
Gerador Móvel - 02 - Motor	Falha Operacional	07/17/15	07/17/15	E.E.E AN 2
Grupo Gerador - Motor	Falha Operacional	20/10/14	20/10/14	ETE AN/ A
Alta Carga - Bolandeira	Falha Operacional	30/12/15	30/12/15	ETE AN/ A
Cabine de Jateamento	Falha Operacional	14/10/14	14/10/14	ETE AN/ A
Agitador 06 - Motor	Curto-Circuito	00/00/00	00/00/00	ETE BAI- A
Agitador 17 - Motor	Falha Operacional	05/16/15	05/16/15	ETE PC - A
ETE Paralela Park / Paralela	Problemas elétricos	14/12/14	14/12/14	ETE PC - A

Ponte Rolante - Translação	Falha Operacional	01/20/16	01/20/16	E.E.E AN 2
Ponte Rolante - Elevação	Problemas elétricos	07/18/15	07/18/15	E.E.E AN 2
Ponte Rolante - Translação	Extravasamento	00/00/00	00/00/00	ETE BA- A

A Tabela 2 é a versão trabalhada para um equipamento que é um elemento do sistema 'estações de bombeamento de esgoto'.

Tabela 2 - Formato reorganizado do banco de dados de falhas para o Modo de Falha 'Extravasamento'

Equipamento	Início Avaria	Fim Avaria	Nome da instalação
Painel Comando Força - Bomba 01	20/04/14	20/04/14	ETE PC - A
Painel Comando Força p/ Bombas	28/05/14	28/05/14	ETE AN / A
Painel Comando Força 01 - Elev.Emissário	14/06/14	14/06/14	ETE PC - A
Painel Comando Força - Bombas 01/02	21/09/14	22/09/14	ETE AN / A
Painel Comando Força p/Bombas	14/10/14	14/10/14	E.E.E AN 2
Painel Comando Força p/Bombas	16/10/14	16/10/14	E.E.E AN 2
Painel Comando Força p/ Bombas	20/10/14	20/10/14	E.E.E AN 2
Painel Comando Força para Bomba 01	20/10/14	20/10/14	ETE GC C
Painel Comando Força para Bomba 01	21/10/14	21/10/14	E.E.E AN 2
Painel Comando Força 02 - Elev.Emissário	22/10/14	22/10/14	E.E.E AN 2
Painel Comando Força - Bomba 01	05/11/14	05/11/14	E.E.E AN 2
Painel Comando Força Bombas 01/02	06/11/14	06/11/14	E.E.E AN 2
Painel Comando Força Bombas 01/02/03/04	24/12/14	24/12/14	E.E.E ML-C
Painel Comando Força 01 - Elev.Emissário	05/01/15	05/01/15	E.E.E AN 2
Painel Comando Força - Bomba 01	10/01/15	10/01/15	E.E.E AN 2
Painel Comando Força para Bomba 01	16/02/15	16/02/15	E.E.E ML-C
Painel Comando Força Bombas 01/02	27/03/15	27/03/15	E.E.E AN 2
Painel Comando Força p/as Bombas 01/02	27/03/15	27/03/15	ETE PC - A
Painel Comando Força Bombas	01/05/15	01/05/15	E.E.E AN 2

2.3 Modelagem de Distribuição para Dados de Tempos de Vida

O modelo matemático de Weibull, composto de até 3 parâmetros, foi adotado devido ao conhecimento das aplicações deste modelo na análise de falhas de equipamentos industriais. O processo de ajuste ao modelo é composto pelas etapas de i) encontrar estimadores estatísticos de posição não paramétricos para a função acumulada de falhas $F(t)$ (ranking pela média, ranking pela Mediana, White Ranking); ii) realizar por um processo de otimização a maximização do coeficiente de determinação R^2 ; iii) analisar a plotagem gráfica verificando o ajuste do coeficiente.

Para realizar este processo foi usado o *software* DIMEMA de desenvolvimento próprio, para forma a acelerar as análises.

2.4 Estudo de Caso

A aplicação de referência usada neste trabalho foi feita sobre a estrutura da região metropolitana de Salvador de estações de bombeamento de esgotos. Incluem não só estações de elevação como também sistemas bombeamento nas estações de tratamento. é um sistema com espalhamento físico entre estações que supera distâncias de 80 Km entre eles. As equipes de manutenção são setorizadas por região geográfica para maior eficiência e na rotina tem como elo apenas o setor de planejamento e controle da manutenção.

Prestadoras de serviço de águas e saneamento oferecem para à população um serviço básico de grande importância para a vida humana. É necessário adotar sistemas de captação, distribuição, tratamento e destinação final das águas e resíduos com confiabilidades adequadas ao risco tolerável de falha destes sistemas. Uma confiabilidades maior torna o sistema mais eficiente, reduzindo instabilidades e perdas do fluido transportado.

O sistema usado na empresa é o mais usado como ERP (*Enterprise Resource Planning*) nas empresas de médio e grande porte no Brasil. O sistema foi estruturado na sua implantação com uma lógica focada na facilidade de identificação dos seus equipamentos e para gerar os relatórios gerenciais de disponibilidade e de custos. Apesar da concessionária usar vários módulos dos sistema apenas o de manutenção foi usado para gerar os dados deste trabalho. Todo as ações de manutenção são primeiramente abertas na forma de uma Ordem de Manutenção neste sistema para depois serem realizadas. Após o serviço executado, os supervisores fecham as Ordens ou enviam aos planejadores de manutenção para fechá-las no sistema com as informações de tempo de execução.

A definição da falha ocorrida pode ter sua origem nas equipes de manutenção, de operação ou da engenharia. A definição da causa da falha e de qual elemento do sistema que estava em falha é apenas das equipes de manutenção.

3. RESULTADOS

A primeira constatação feita foi da falta dos tempos das máquina em operação na lista de informações do relatório de manutenção. No sistema de coleta de informações existe a disponibilidade deste dado devido ao estado atual da automação das estações, porém o processo não considerou a necessidade deste dado para a equipe de manutenção. Foi necessária uma revisão das planilhas para posteriormente encontrar os tempo de operação entre estados de falhas dos equipamentos para aplicar nas distribuições estatísticas. Na Tabela 1 existem exemplos de Início e Fim de Avaria zerados, que foi uma das situações encontradas.

Um outro aspecto verificado foi a lógica usada para separar modos de falha, causas de falha, mecanismos de falha e o tipo de manutenção. É provável que essa confusão tenha se estabelecido devido

a falta de comunicação entre os funcionários na verificação dos registros e na coleta de falhas. Um mecanismo de falha leva a uma fator causal que se apresenta como um modo de falha que leva a um tipo de ação manutenção para vai corrigir, mitigar o efeito ou prevenir o problema. Esta sequência lógica de acontecimentos não estava clara nos lançamentos das informações.

Na planilha não estavam separados ações de correção após um parada do sistema de ações de preventivas antes de ocorrência da falha. Se é realizada uma ação de manutenção preventiva ou uma ação programada para corrigir um defeito já ocorrido anteriormente, por definição não ocorreu uma falha. Nestes casos os dados devem ser suspensos, ou seja, estes tempos entre paradas dos sistemas não devem participar da avaliação de confiabilidade.

Também foi necessário descartar algumas análises de falhas as quais, devido às informações incorretas, incompletas ou incoerentes com o evento, não foram possíveis de serem aproveitadas. São informações que poderiam ser relevantes para avaliação de uma causa de falha ou para uma previsão de falha mais precisa e que foram perdidas no processo de coleta.

Um dos modos de falha identificados que geram informações incoerentes foi a falha comum do painel elétrico e do painel de comando. Em algumas estações de pequeno porte existe apenas um painel que é usado para as funções de comando, alimentação e proteção e em outras são painéis separados. No momento da categorização para realizar as estatísticas os lançamentos geram inconsistências devido aos relatos de campo com termos parecidos. Este exemplo seguiu o processo de reorganização dos dados e ao final foi possível gerar uma modelagem consistente.

Considerando os achados acima podemos avaliar que as inconsistências se referem aos aspectos organizacionais e processuais. Dentre os organizacionais, que são associados ao momento em que são realizados os registros, destacam-se neste estudo:

- a) a capacidade tecnológica utilizada para analisar a falha em cada nível organizacional (indisponibilidade de testes, ensaios ou equipamentos de análise que possibilitem a identificação da causa);
- b) o nível de reparo (sistema, componente, peça ou item da peça) dos diversos departamentos da empresa, derivando, a cada situação, num registro de falha diferente para um mesmo evento .
- c) o tipo de ação de reparo. O reparo da peça pode ocorrer no local, pode haver a substituição de um item recuperável, ou a substituição de uma peça, por exemplo.

É relevante observar que as empresas variam muito em relação a estruturação dos seus processos internos, porém em virtude usarem um mesmo sistema computacional a similaridade das situações encontradas é significativa. A similaridade também é reforçada pelo efeito de rede entre os profissionais de manutenção e seus gestores que trocam informações com usuários do sistema computacional de outros setores industriais.

Os aspectos processuais tratam dos processos e das ferramentas disponíveis de coleta e análise. Apesar da experiência e boa formação da equipe, não há cultura e metodologia padronizada para a realização de análise de causa raiz. Também não foi identificado uma sistemática de registro de falhas, apesar de definição gerencial para cumprimento pelo sistema computacional.

Como primeiro levantamento foram separados os modos de falha que poderiam ser caracterizados como do operador da estação. Este modos são mais genéricos, mas são a primeira referência para as avaliações da confiabilidade. A seguir são apresentados na Tabela 3 e nas Figuras 1 e 2 os resultados encontrados para dois modos de falha operacionais do sistema 'Estações de bombeamento de esgotos'.

Tabela 3 - Parâmetros obtidos para os modelos matemáticos por modo de falha da operação analisado

Modo de falha	β	θ (minutos)	t_0 (minutos)	R^2
Extravasamento	0.511	52696.991	699.587	0.9656
Quebra	0.372	24601.651	-17.019	0.9640

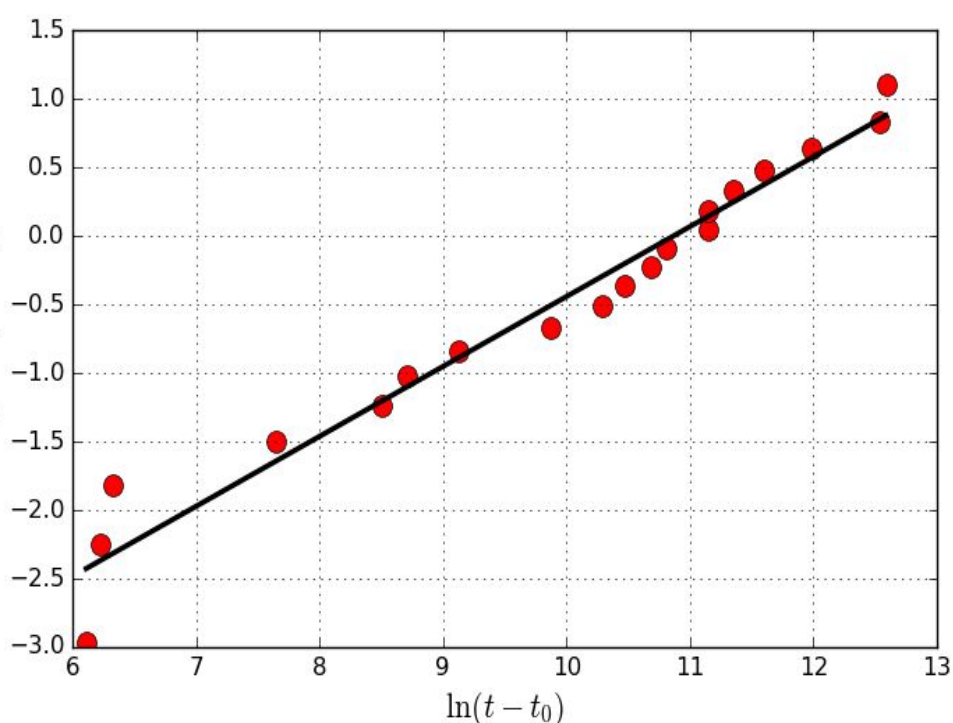


Figura 1 - Dados do modo de falha 'extravasamento' - aplicando Weibull com três parâmetros e o melhor estimador (mean rank) foram obtidos os parâmetros: $\beta = 0.511$; $\theta = 52696.991$ min; $t_0 = 699.587$ min; $R^2 = 0.9656$.

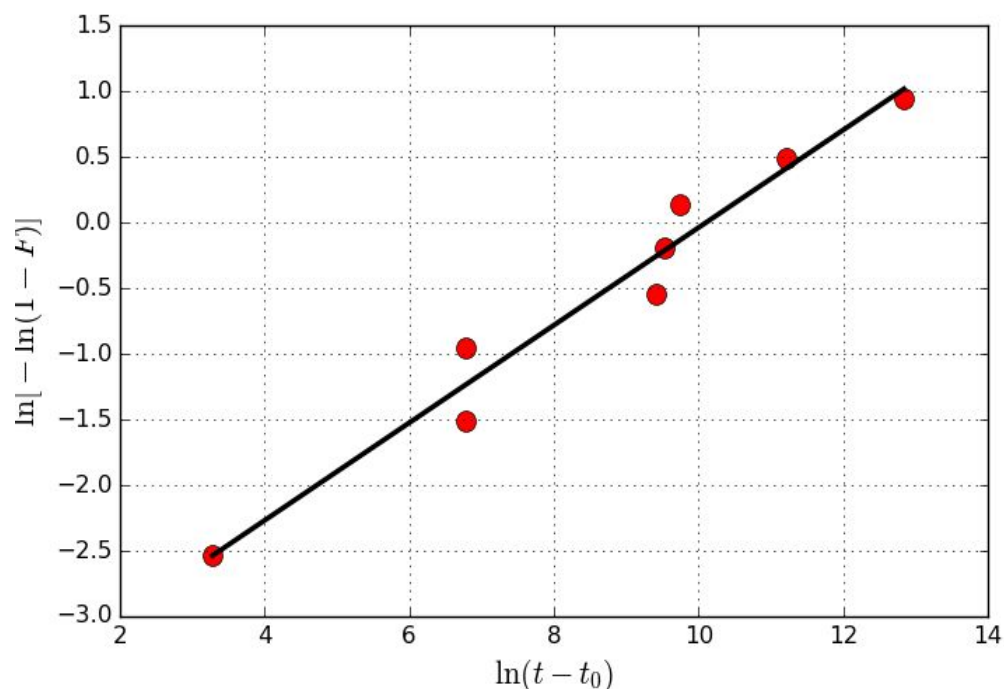


Figura 2 - Dados do modo de falha 'Quebra' - aplicando Weibull com três parâmetros e o melhor estimador (mean rank) foram obtidos os parâmetros: $\beta = 0.372$; $\theta = 24601$ min; $t_0 = -17.0$ min; $R^2 = 0.9640$.

Em outro levantamento realizado foram separados os modos de falha que podem ser caracterizados como de elementos do sistema estação de bombeamento de esgoto. Na Tabela 4 são apresentados dois casos de falhas relacionadas a elementos do sistema que podem levar ao modos de falha 'Quebra' e 'extravasamento'.

Tabela 4 - Parâmetros obtidos para os modelos matemáticos por equipamento generalizado

Modo de falha	β	θ (minutos)	t_0 (minutos)	R^2
Bomba 01 da ETE I	0.740	107150.009	-965.309	0.9880
Painel de comando	1.10	395897.362	-47571.599	0.9475

O modo de falha 'painel de comando' aparecia na coleta original no mesmo nível e categoria dos apresentados anteriormente. A Tabela 4 e a Figuras 3 mostram os resultados encontrados para este modo de falha.

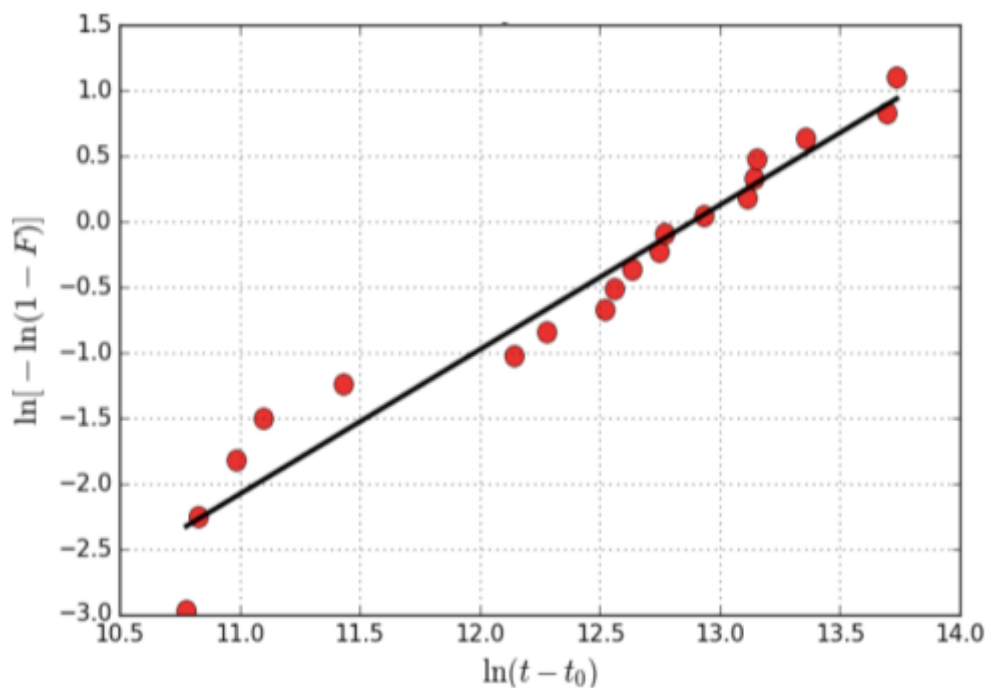


Figura 3 - Dados do painel de comando por estações - aplicando Weibull com três parâmetros e o melhor estimador (mean rank) foram obtidos os parâmetros: $\beta = 1.10$; $\theta = 395897$ min; $t_0 = -47572$ min; $R^2 = 0.9475$.

A identificação do caso da falha da bomba 01 foi o desdobramento da análise para uma estação específica de uma bomba específica que gerou o modo de falha da operação 'Extravasamento'. A Tabela 4 e a Figuras 4 mostram os resultados encontrados para este equipamento que pode ter falhado por vários modos de falhas específicos que levaram ao extravasamento do sistema.

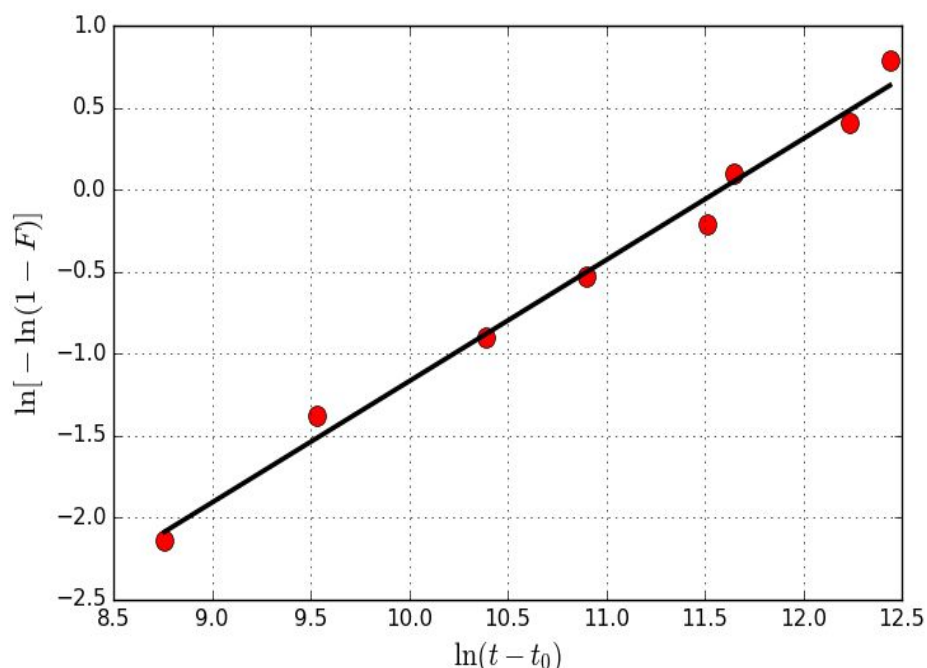


Figura 4 - Dados da Bomba 01 da ETE I - aplicando Weibull com três parâmetros e o melhor estimador (mean rank) incluindo todos os modos de falha ocorridos no equipamento, foram obtidos os parâmetros: $\beta = 0.740$; $\theta = 107150$ min; $t_0 = -965$ min; $R^2 = 0.9880$.

Apesar dos equipamentos apresentados na tabela 4 ser generalizado para o caso do painel de comando (referente a todas as estações) ou específico para o caso da bomba, o valor de R^2 foi dentro do esperado para aceitar o ajuste do modelo matemático escolhido.

No 2 casos os resultados encontrados demonstram equipamentos que já entram em falha quando iniciam a operação (t_0 negativo), indicando uma falha prematura dos componentes, e em geral resultados relacionados a problemas de projeto ou operação.

Outra verificação realizada foi sobre os reportes para um dos vários sub-sistemas das estações. A Tabela 5 sumariza os resultados encontrados dos parâmetros e do coeficiente encontrado para falhas reportadas nos sub-sistemas elétricos das estações que levaram a parada da estação de bombeamento.

Tabela 5 - Parâmetros obtidos para os modelos matemáticos por modo de falha analisado

Modo de falha	β	θ (minutos)	t_0 (minutos)	R^2
Painel elétrico	0.696	37371.703	-334.872	0.9857
Fusível queimado	0.636	108206.335	2461.0887	0.9889
Curto-circuito	0.230	5492.8755	1.246	0.9558
Problemas elétricos	0.264	641930.023	2671.187	0.8702

A seguir são apresentados os gráficos referentes aos quatro modos de falha encontrados para o sub-sistema elétrico nas Figuras 5, 6, 7 e 8.

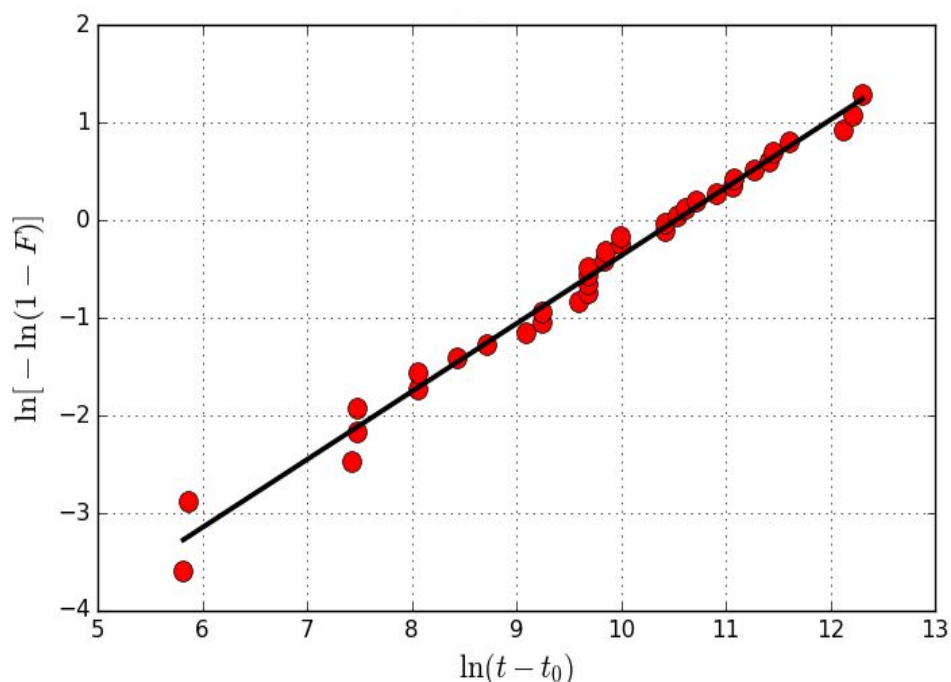


Figura 5 - Dados do modo de falha 'painel elétrico' por estações - aplicando Weibull com três parâmetros e o melhor estimador (mean rank) foram obtidos os parâmetros : $\beta = 0.696$; $\theta = 37371.703$ min; $t_0 = -334.872$ min; $R^2 = 0.9857$.

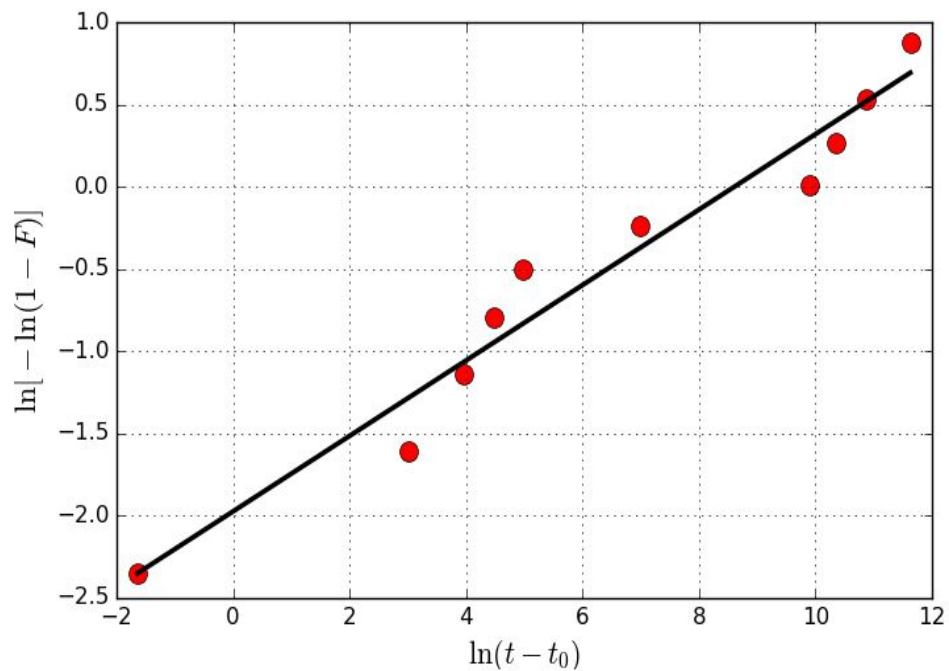


Figura 6 - Dados do modo de falha 'curto-circuito' - aplicando Weibull com três parâmetros e o melhor estimador (mean rank) foram obtidos os parâmetros: $\beta = 0.230$; $\theta = 5492$ min; $t_0 = 1.25$ min; $R^2 = 0.9558$.

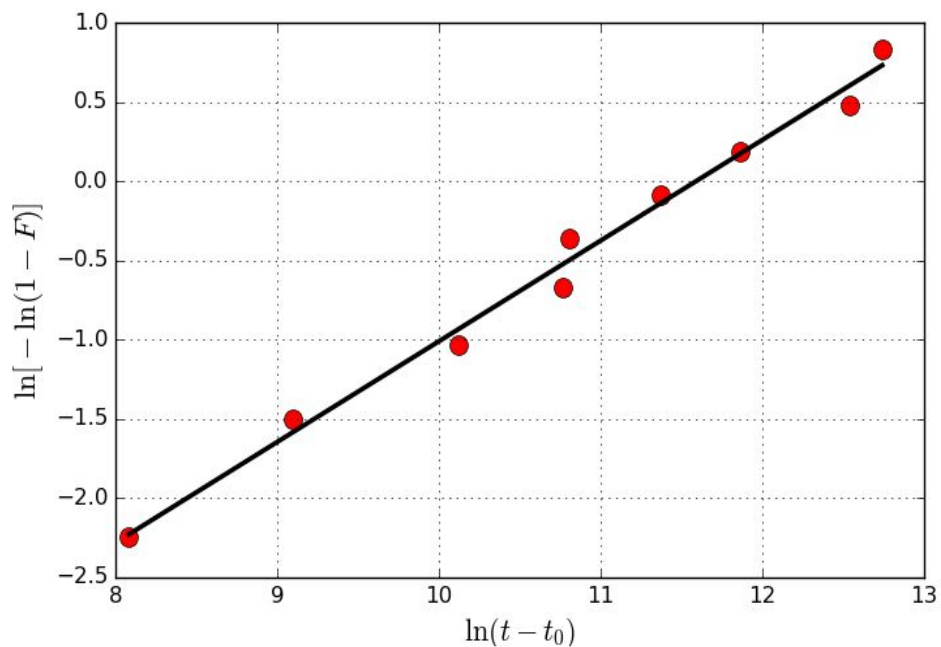


Figura 7 - Dados do modo de falha 'fusível queimado' - aplicando Weibull com três parâmetros e o melhor estimador (mean rank) foram obtidos os parâmetros: $\beta = 0.636$; $\theta = 108206$ min; $t_0 = 2461$ min; $R^2 = 0.9889$.

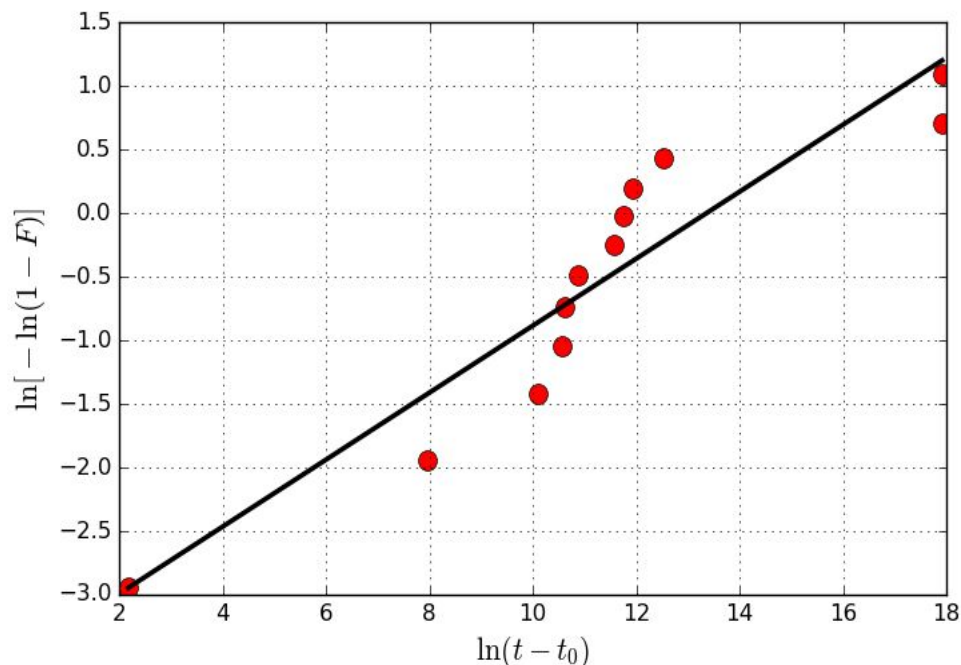


Figura 8 - Dados do modo de falha 'problemas elétrico' - aplicando Weibull com três parâmetros e o melhor estimador (mean rank) foram obtidos os parâmetros: $\beta = 0.264$; $\theta = 641930$ min; $t_0 = 2671$ min; $R^2 = 0.8702$.

Como é possível verificar na última coluna da Tabela 5, os resultados dos ajustes do modelo obtidos quando se declara um modo de falha genérico (problemas elétricos) comparado a um reporte de problemas elétricos mais específicos (Curto-circuito, queima de fusível) geram ajustes piores. Quanto mais específico os modos de falhas melhor é a adequação da distribuição.

A falha do Painel Elétrico não pode ser considerada um modo de falha, uma causa de falha ou um mecanismo de falha. O que está sendo declarado é o elemento do sistema que falhou, que pode ter ocorrido por várias causas, vários processos que levaram a falha ou por modos de falha diferentes.

O modelo probabilístico de confiabilidade Weibull foi ajustado com sucesso na maioria dos dados tempos de operação entre estados falhos dos modos de falha analisados. Os coeficientes de determinação R^2 das análises alcançaram em sete das oito destas análises valores superiores a 0.94 indicando uma boa qualidade do ajuste.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O detalhamento dos dados de falha levou a resultados do ajustes ao modelo muito melhores ao encontrado no trabalho anteriormente apresentado em 2016 ($R^2 = 0.872$) que se aplicava a todos os modos de falhas de todas as estações. Isto demonstra que para ter uma melhor previsibilidade do momento de falhar a adequação dos dados de entrada é fundamental.

A necessidade de revisão das planilhas com os dados de falha apontam para uma série de inadequações, dentre elas:

- a) a coleta deveria ter o terno de falha Causa -Modo de falha- Efeito;
- b) as planilhas não informam de maneira segregada se o motivo da manutenção no sistema é por falha ou para a realização de atividades de prevenção do equipamento;
- c) as ordens de manutenção possuem datas, de início e término incoerentes com as datas de operação;
- d) os dados de tempo de operação do sistema não estão claramente definidos sendo necessária uma inferência pelos tempos de não operação;
- e) a falta de reportes de funcionamento e rotatividade de equipamentos nos locais (estação) da instalação;
- f) os modos de falhas declarados como causas;
- g) as falhas são cadastradas sem um detalhamento correto da identificação do equipamento;
- h) a falta de preenchimento dos acontecimentos em tempo real, ocorrendo diferenças de meses entre a data da ocorrência e seu registro;
- i) a falta de uma nomenclatura padronizada para as denominações de falhas e paradas.

É relevante mencionar que houve a oportunidade de entrevistar empresas que usam sistemas computacionais iguais ou semelhantes em outros setores econômicos (mineração, siderurgia, geração elétrica, transportes ferroviários, transportes terrestres). Como resultado destas entrevistas foi verificado que as outras empresas tem uma situação quanto ao seu processo de coleta de dados para as avaliações de confiabilidade muito parecida com as condições encontradas da empresa do estudo de caso. As entrevistas tinham uma preocupação comparativa dos fatos, mas sem aprofundamento das causas seriam comuns a todos os setores ou mesmo similares às da empresa de referência.

5. CONCLUSÃO

Como foi demonstrado, para obter uma previsão da confiabilidade dos sistemas é necessário ter informações consistentes dos tempos de operação, coerentes com uma lógica de causa e efeito e desenvolver um detalhamento para representar melhor o evento de falha específico que ocorre. O processo proposto para análise dos dados mostrou ser consistente para aplicação a outras avaliações.

Através da observação dos aspectos mencionados, uma melhor metodologia de organização e padronização precisa ser aplicada na concessionária, pois como foi constatado a falta de padronização no sistema acarreta dificuldade da coleta e interpretação de dados.

Através dos dados apresentados neste trabalho pode-se observar a ineficiência de alguns equipamentos. Porém a identificação destes problemas só foi possível após a reorganização dos dados e da inferência de algumas condições sobre o levantamento dos dados na empresa, o que pode causar uma insegurança dos ajustes dos dados com a realidade.

Com uma melhor apresentação dos dados e uma determinação melhor das ineficiências do sistemas é possível priorizar as ações de manutenção evitando problemas diversos para a concessionária e consequentemente para a população atendida pela empresa.

Não foram esgotadas as causas que levam a atual situação, podendo vir a ser um objeto de estudo de novos trabalhos de aprofundamento.

Como foram verificadas situações em outras empresas de outros setores bem distintos dos sistemas de tratamento de esgotos, é possível generalizar os resultados encontrados, porém sem generalizar ainda as causas comuns das inconsistências dos dados.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSIS, Edilson M; FIGUEIRÔA FILHO, Celso L S . "Diagnósticos dos registros de falhas e nova metodologia adequada às avaliações de confiabilidade e risco". In: ABRISCO, 3T1C-1, Rio de Janeiro, 2013.
- [2] L. Goel, G.B. Shrestha, A versatile tool for electric substation reliability assessment, *Computers & Electrical Engineering* 28 (2002) 561–576.
- [3] Louit, D. M. and Pascual, R. and Jardine, A. K S, "A practical procedure for the selection of time-to-failure models based on the assessment of trends in maintenance data", *Reliability Engineering and System Safety* (2009), 1618--1628.
- [4] RAMAKUMAR, R. *Engineering Reliability: Fundamentals and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall, 1993.
- [5] Troyer, Drew, 2014. *Reliability Engineering Principles for the Plant Engineer*, 25. November. <http://www.reliableplant.com/Read/18693/reliability-engineering-plant>.
- [6] Zhang, Q., Hua, C., and Xu, G. A mixture Weibull proportional hazard model for mechanical system failure prediction utilising lifetime and monitoring data. *Mech. Syst. Signal Process.*, 2014, 43, 103-112.
- [7] Almalki, Saad J. and Yuan, Jingsong, "A new modified Weibull distribution", *Reliability Engineering and System Safety* (2013), 164--170.
- [8] Rausand, Marvin and Hsyland, Arnljot, "System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications", *Wescon/96* (2004).