

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

**VANDERLEI DA SILVA**

**CONFIABILIDADE NA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE  
SOLDA POR RESISTÊNCIA**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2016**

**VANDERLEI DA SILVA**

**CONFIABILIDADE NA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE  
SOLDA POR RESISTÊNCIA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Engenharia de Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientação: Prof. Carlos Henrique Mariano.

**CURITIBA  
2016**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação - DIRPPG  
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **CONFIABILIDADE NA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA**

**VANDERLEI DA SILVA**

Esta monografia foi apresentada em 23 de janeiro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.**  
Coordenador do Curso de Especialização em  
Engenharia da Confiabilidade

Banca Examinadora:

---

**Prof. Orientador**  
**UTFPR**

---

**Membro da Banca**  
**Instituição**

---

**Membro da Banca**  
**Instituição**

## LISTA DE TABELA

|  |    |
|--|----|
| TABELA 01 TABELA DE DADOS PARA CALCULO AQUISIÇÃO .....     | 38 |
| TABELA 02 TABELA COMPARATIVA ENTRE DOIS EQUIPAMENTOS ..... | 38 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 01 QUANTIDADES DE EQUIPAMENTOS INSTALADOS. ....   | 14 |
| FIGURA 02 GRÁFICO ACOMPANHAMENTO DE PERDAS POR FAMÍLIAS EQUIPAMENTOS. ....                             | 15 |
| FIGURA 03 CURVA DA PDF DE UMA FUNÇÃO. ....   | 17 |
| FIGURA 04 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE ....   | 18 |
| FIGURA 05 CURVA DA BANHEIRA E CICLO DE VIDA DE EQUIPAMENTOS ....                                       | 18 |
| FIGURA 06 PRINCIPAIS DISTRIBUIÇÕES E SUAS CORRELAÇÕES.....   | 20 |
| FIGURA 07 PROCESSO ESQUEMÁTICO PINÇA DE SOLDA POR RESISTÊNCIA. ....                                    | 22 |
| FIGURA 08 ARRANJO DO SISTEMA EM ESTUDO.....  | 25 |
| FIGURA 09 TESTE DE ADERÊNCIA SOFTWARE WEIBULL++.....   | 26 |
| FIGURA 10 PARÂMETROS DOS MODELOS AJUSTADOS PARA OS TEMPOS DE REPARO PTI/PTS SOFTWARE<br>WEIBULL++..... | 27 |
| FIGURA 11 - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DE REPARO – PTI X PTS.....                               | 28 |
| FIGURA 12 FOLIO DADOS PINÇA PTI LANÇADOS NO SOFTWARE WEIBULL .....                                     | 29 |
| FIGURA 13 SIMULAÇÃO DE CONFIABILIDADE X TEMPO.....   | 30 |
| FIGURA 14 COMPARATIVO DA FUNÇÃO PROBABILIDADE DE FALHA DAS PINÇAS. ....                                | 30 |
| FIGURA 16 TABUA DE SIMULAÇÃO VIDA MÉDIA PINÇA MODELO PTS/PTI.....                                      | 31 |
| FIGURA 17 GRÁFICO DA TAXA DE FALHA X TEMPO. ....   | 32 |
| FIGURA 18 SIMULAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE PINÇAS MODELO PTI.....                                       | 33 |
| FIGURA 19 VISÃO GERAL DA SIMULAÇÃO DE DISPONIBILIDADE PTI. ....  | 34 |
| FIGURA 20 SIMULAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE PINÇAS MODELO PTS .....                                      | 34 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| GRÁFICO 01 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA TOTAL DE HORAS/ CUSTO TOTAL..... | 35 |
| GRÁFICO 02 GASTOS COM MATERIAL SOBRESSALENTES .....               | 36 |

# SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>10</b> |
| 1.1      | TEMA.....  | 10        |
| 1.2      | DELIMITAÇÃO DO TEMA.....   | 10        |
| 1.3      | PROBLEMA DE PESQUISA .....   | 11        |
| 1.4      | OBJETIVOS GERAIS .....   | 12        |
| 1.5      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....  | 12        |
| 1.6      | JUSTIFICATIVA .....  | 13        |
| 1.7      | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....  | 16        |
| 1.8      | EMBASAMENTO TEÓRICO .....  | 16        |
| 1.9      | ESTRUTURA DO TRABALHO .....  | 20        |
| <b>2</b> | <b>O PROCESSO DE SOLDAGEM DA CARROCERIA.....</b>                                 | <b>21</b> |
| 2.1      | PINÇA DE SOLDA .....   | 21        |
| 2.1.1    | Pinças com Transformador Integrado (PTI) .....                                   | 22        |
| 2.1.2    | Pinças com Transformador Suspenso (PTS).....                                     | 23        |
| 2.2      | O PROCESSO DE SOLDA PONTO .....  | 23        |
| 2.3      | CARACTERIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DE SOLDA DO PROCESSO .....                           | 24        |
| <b>3</b> | <b>DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DO SISTEMA</b>      | <b>24</b> |
| 3.1      | METODOLOGIA .....  | 24        |
| 3.2      | LEVANTAMENTO DE DADOS E CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE BLOCOS DE CONFIABILIDADE ..... | 25        |
| 3.3      | ANALISE DO TEMPO MÉDIO DE REPARO (TMR) DAS PINÇAS PTI/PTS .....                  | 26        |
| 3.4      | ANALISE DO TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS DAS PINÇAS PTI/PTS .....                     | 28        |
| 3.5      | SIMULAÇÃO DISPONIBILIDADE PTI e PTS .....  | 32        |
| 4        | AValiação DOS CUSTOS.....  | 35        |
| 4.1      | CUSTOS OPERAÇÃO COM MÃO DE OBRA PINÇAS PTI / PTS.....                            | 35        |
| <b>5</b> | <b>APRESENTAÇÃO E ANALISE DOS RESULTADOS.....</b>                                | <b>36</b> |
| 5.1      | DEPRECIÇÃO .....   | 37        |
| 5.1.1    | Valor Residual de Ativos .....   | 37        |
| 5.2      | ANALISES DAS INFORMAÇÕES .....   | 38        |
| 5.2.1    | Comparativo da Média do Tempo Reparo – MTTR .....                                | 38        |
| 5.2.2    | Comparativo do tempo médio entre falhas .....                                    | 39        |
| 5.2.3    | Disponibilidade .....  | 39        |
| 5.2.4    | Confiabilidade Equipamentos.....   | 40        |
| 5.2.5    | Custos Totais.....   | 40        |
|          | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>44</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|             |   |
|-------------|---|
| <b>DPA</b>  | Disponibilidade Por Panes                                 |
| <b>DGA</b>  | Direção Geral de Fabricação                               |
| <b>FPPM</b> | Frequência Panes por Mil Peças                            |
| <b>GATM</b> | Grupo Apoio Técnico Manutenção                            |
| <b>MTBF</b> | Mean Time Between Failure - Tempo Médio Bom Funcionamento |
| <b>MTTR</b> | Mean Time to Repair - Tempo Médio de Reparo               |
| <b>PTI</b>  | Pinça Transformador Integrado                             |
| <b>PTS</b>  | Pinça Transformador Suspenso                              |
| <b>SMF</b>  | Supervisor Manutenção Fabricação                          |
| <b>TM</b>   | Técnico de Manutenção                                     |
| <b>TMP</b>  | Tempo de Máquina Parada                                   |

## RESUMO

SILVA, Vanderlei da. **Confiabilidade na Instalação de Equipamentos de Solda por Resistência**: 2016. 41 f. Monografia do curso de Especialização em Engenharia de Confiabilidade - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. CURITIBA, 2016.

A sobrevivência ou descontinuidade de um negócio está diretamente ligada ao quanto de lucro se obtém. Um dos fatores importante para que isso aconteça é a qualidade do produto, o respeito ao cliente e um preço competitivo. Neste contexto a manutenção tem um papel importante, pois afeta diretamente o processo fabril, portanto, quanto maior for a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos instalados menor será a perda de produção. O processo de solda por resistência no setor de carroceria é o mais importante que apresenta um grande índice de quebras e reparos, mais específicos essas pinças são tipicamente de dois modelos: PTI - Pinça Transformador Integrado e PTS - Pinça Transformador Suspenso as quais dos modelos PTS são consideradas obsoletas para o processo de fabricação. Além de ser obsoleto o custo para reparo é alto, na maioria das vezes não possui peças de reposição e cada vez mais o setor de manutenção é cobrado para reparos eficiente e rápido. Portanto o presente estudo tem por finalidade principal, fazer uma análise de confiabilidade dos dois modelos de equipamentos citados. Essa análise de confiabilidade será elaborada com auxílio do *software* weibull e *block sim* da Relia Soft. Após comprovação da curva de confiabilidade e custos será proposto para o setor de projetos a inovação de tecnologia para futuros projetos.

Palavras Chave: Confiabilidade. Obsolescência. Taxa de Falhas. Custos.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMA

As empresas buscam constantemente melhorias em seus processos produtivos e a consequente redução de custos com aumento de produtividade. A competitividade atual funciona como um elemento de pressão, sobre empresas e pessoas que nelas atuam. Neste cenário as organizações buscam melhores práticas para tomarem suas decisões da melhor maneira possível para que traga rentabilidade e lucro, e a manutenção desempenha um importante papel neste cenário, pois sempre esta ligada diretamente com custos e controle dos indicadores de eficiência dos processos produtivos.

Manutenção e Confiabilidade se interpenetram quando se considera a funcionabilidade dos itens ou equipamentos nas condições especificadas de operação. Então primeiramente, define-se funcionabilidade como “uma característica inerente do produto relacionada com sua habilidade para desempenhar uma função específica de acordo com os requerimentos especificados sob condições específicas de operação”. Funcionabilidade abarca três condições ou aspectos: 1. Funcionalidade; 2. Desempenho de maneira satisfatória; 3. Condições específicas de operação.

Consequentemente, e baseado no conceito de funcionabilidade, pode-se definir confiabilidade como “uma característica inerente de um item relacionada com sua habilidade de manter sua funcionabilidade quando utilizado segundo suas especificações”, certamente esta definição contém aspectos qualitativos relacionados à manutenção dado que cabe a esta última manter a funcionabilidade dos sistemas reparáveis nas organizações industriais é da manutenção.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente estudo está focado na análise de confiabilidade de um equipamento específico do setor de carrocerias de uma indústria automobilística situada na região metropolitana de Curitiba. A principal atividade agregada no setor de carrocerias é o processo de soldagem, que tem como função principal a transformação da matéria prima em produto com formato geométrico, e a manutenção desempenha um importante papel nesse cenário pois é de

responsabilidade da mesma realizar os devidos reparos e controle de gastos do setor e para isso é organizada da seguinte maneira:

A organização da Manutenção segue o padrão preconizado pela Direção de Fabricação DGA (Direção Geral de Administração) manutenção. Dentro de cada métier Fabricação (estamparia, carroceria, pintura e montagem) o respectivo Gerente tem sob sua responsabilidade hierárquica uma área de manutenção (denominada Manutenção Fabricação) composta de: Supervisor Manutenção Fabricação (SMF), Grupo de Assistência Técnica de Manutenção (GATM) e Técnicos de Manutenção (TM). Cada um dos métiers Fabricação é responsável pela manutenção e desempenho dos seus meios de produção. Os SMF respondem funcionalmente ao responsável geral da Manutenção da Fábrica de Veículos (Gerente de Manutenção - GM), que garante sua coordenação, fornece o suporte transversal necessário (pool de especialistas técnicos, desenvolvimento da política de manutenção e sínteses de Qualidade, Custo, Prazo, Segurança). Além disso, o gerente de manutenção é responsável hierárquico pelo departamento de Manutenção Central.

### 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O processo de solda por resistência é o principal processo no setor de carroceria das indústrias automobilística, a matéria prima utilizada no departamento são chapas, as quais são unidas por meio de solda a ponto por resistência.

Mais especificamente esses processos de solda são realizados por dois modelos de equipamentos: a) pinças com transformador integrado (PTI) e; b) pinça com transformador suspenso (PTS). Dos modelos mencionados a PTS, que para o processo fabril é considerado obsoleta, apresenta os maiores índices de quebras, cujas causas não são analisadas sistematicamente pela empresa e, como continua sendo utilizado no processo, há uma carência de análises para sua troca ou substituição.

Além de obsoleta, seu custo para reparo é alto e na maioria das vezes não existem peças sobressalentes para efetuar a substituição e cada vez mais o setor de manutenção é cobrado para realizar reparos eficientes e rápidos.

Então o problema em questão é, se o processo de solda, por meio das pinças PTS, deve permanecer com seu alto custo de manutenção ou ser substituído pelo modelo PTI.

Para isso se avaliará o custo de aquisição da PTI x custos de operação de manutenção da PTS como também a disponibilidade por meio de uma simulação da operação do sistema que incorpore os seguintes tempos: “*Mean Time Between Failure*” MTBF e o “*Mean Time To Repair*” MTTR.

#### 1.4 OBJETIVOS GERAIS

Comparar o desempenho dos equipamentos de solda PTI x PTS em linha de produção automotiva por meio de análise da confiabilidade.

#### 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Também será analisada das curvas de confiabilidade dos dois modelos descritos acima. Os dados para a obtenção das métricas de confiabilidade ( $f(t)$ ,  $F(t)$ ,  $R(t)$ ,  $Q(t)$  e  $\lambda(t)$ ) do software de gerenciamento interno da empresa e na sequência com auxílio do software Weibull ++ e BlockSim, ambos da *Reliasoft Corporation*, serão obtidas as métricas de confiabilidade.

Por meio da análise das métricas de confiabilidade foi analisado o ciclo de vida útil para os modelos de pinça em questão. Sendo assim os objetivos específicos são assim definidos:

1. **Coleta dos tempos de falha:** etapa onde os dados de falhas de cada equipamento serão coletados provenientes dos bancos de dados já existentes.
2. **Coleta dos tempos de reparo:** os dados coletados serão integrados para visualizar os tempos de falhas dos equipamentos em questão.
3. **Coleta dos tempos do homem/hora.**
4. Por meio do software Weibull ++ encontrar os modelos probabilístico das funções de distribuição  $F(t)$  acumulada de falha/reparo, funções densidade de probabilidade de falha/reparo  $F(t)$ , função confiabilidade

R(t) equipamento/manutenção, função não confiabilidade F(t) função taxa de falha ou taxa de reparo.

5. Com as informações anteriores e com os custos *de peças* de reposição, custos recuperação de peças, custos com homem hora dos equipamentos será criado o diagrama de blocos da confiabilidade para o processo de simulação que será realizado por meio do software BlockSim.
6. Obtenção e análise dos resultados
7. Conclusão.

## 1.6 JUSTIFICATIVA

Os equipamentos analisados por este trabalho são os mais importantes do setor de carroceria, pois representam grande dos equipamentos instalados. A pinça de solda por resistência é responsável pela união de chapas que proporcionam a conformidade geométrica e o formato da estrutura de um veículo.

Justifica-se a escolha do tema, pela necessidade de se conhecer a situação das perdas relacionadas a equipamentos com degradação avançada instalados em uma linha da produção de veículos em série, e que leva em consideração a análise de custos com peças, tempo de máquina parada, gasto de homem hora e métricas de confiabilidade dos equipamentos em estudo. As pinças de solda manual representam uma proporcionalidade de 16,97% da totalidade dos equipamentos, como demonstrado no gráfico 01.

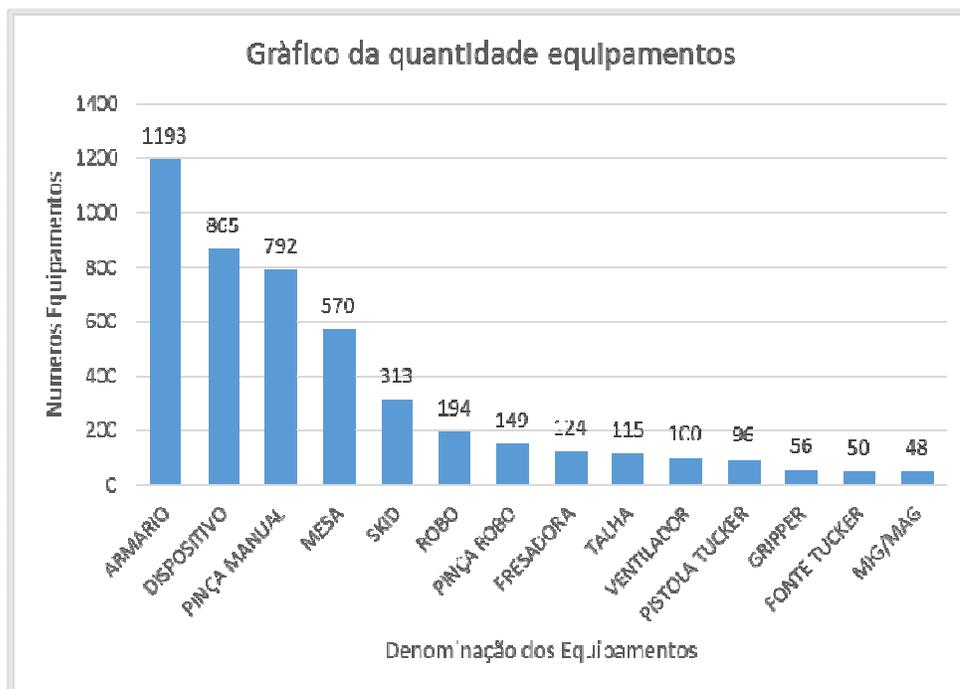


Figura 01 Quantidades de equipamentos instalados.

Fonte: Autoria Própria.

Para um controle efetivo dos dados de manutenção é necessário ter uma visão das principais famílias de perdas do setor de carroceria. Esses dados foram retirados do apontamento de produção local da medição da disponibilidade geral do setor. Os dados a serem considerados nessa monografia é o desabastecimento da linha final, pois os módulos ou bases são responsáveis pelo abastecimento da linha principal onde os dados são acompanhados. Na figura 02 está representado as perdas da manutenção com pinças de solda manual.

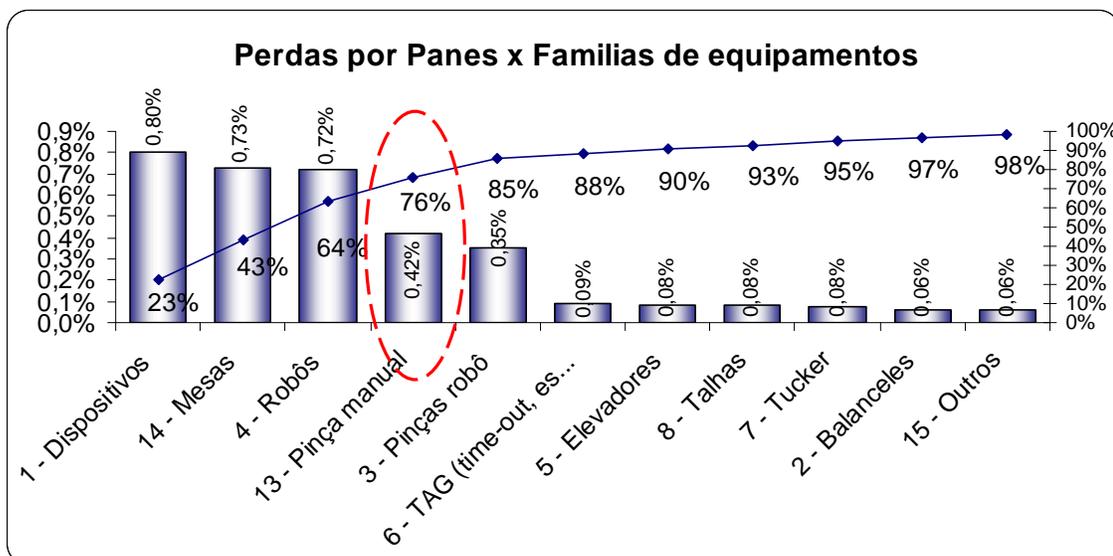


Figura 02 Gráfico acompanhamento de perdas por famílias equipamentos.

Fonte: Autoria Própria.

A família de pinça manual está entre os tops de perdas significativas com o valor de 12 pontos percentuais no acumulado. As perdas totais da manutenção representam um valor de 3,47% para todas as famílias indicadas no painel de perdas. Em específico as pinças manuais representam 0,42% desse total, a representatividade desse percentual pode ser calculada da seguinte maneira:

O tempo total de funcionamento da planta em porcentagem perdas com pinça  
 $= \text{Tempo Minutos} / \text{Tempo ciclo}$ .

Tempo total de funcionamento = 633 dias x 920 minutos = 582,360 minutos, então teremos:

$$582,360 \times 0,42\% = 2,445.9 \text{min.} / 1,17 \text{min} = 2,090 \text{ carrocerias.}$$

Como resultado espera-se a troca dos equipamentos obsoletos ou a continuidade até a exaustão do seu ciclo de vida e ainda anexada a futuros projetos contendo todos os dados e análises comprovando as confiabilidades e gastos com os dois equipamentos.

O setor de manutenção é o principal prejudicado com esses equipamentos com altos índices de falha, pois panes são frequentes e as quebras são constantes e, a

cada dia os indicadores de manutenção estão apertados tornando-se necessário que estejam alinhados com volume de produção.

Com a concorrência acirrada no mercado automobilístico, cada minuto perdido pode representar a insatisfação ou a perda de um cliente e ainda outro agravante o aumento do valor do produto final. Por este motivo que um cuidado maior com a mitigação ou eliminação completa das falhas se faz necessário e principalmente agregando ao processo de análise dos ativos a avaliação da confiabilidade.

## 1.7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento do projeto se iniciará com o levantamento de dados por meio de dois sistemas interno onde são armazenadas todas as informações referentes ao histórico de falhas de equipamentos custos com mão de obra, custos com materiais e obsolescência. O período de ensaio compreende dois anos letivos.

Aplicação da análise de dados da vida paramétricas para obtenção das funções mencionadas no item 4, objetivos específicos de posse das informações foi desenvolvida um diagrama de blocos de confiabilidade para a realização da simulação de um ciclo e operação de 10 anos funcionalidade.

## 1.8 EMBASAMENTO TEÓRICO

Para RAUSAND e HOYLAND (2004) “O conceito de confiabilidade é empregado em vários campos de conhecimento, inclusive a gestão da manutenção. Confiabilidade é a probabilidade de um sistema exercer sem falhas a função para a qual foi projetado, por um determinado período de tempo e sob um conjunto de condições pré-estabelecidas”.

Segundo LAFRAIA (2001) “A confiabilidade basicamente apoia-se em quatro funções: função confiabilidade  $R(t)$ , função probabilidade de falha  $F(t)$ , função densidade de probabilidade de falha  $f(t)$  e função taxa de falha  $h(t)$ . Dado um conjunto de condições operacionais, a função confiabilidade  $R(t)$  de um componente ou sistema é a probabilidade que o sistema não venha a falhar (sobreviva) até o tempo  $t$ . A função probabilidade de falha  $F(t)$  é o complemento de  $R(t)$ . A função densidade de probabilidade *fdp* ou *pdf* (*probability density*

*function*) é a probabilidade que a falha venha a ocorrer no tempo entre  $t$  e  $[t + \Delta t]$ . A função taxa de falha  $h(t)$  é a probabilidade condicional de que, dado que o item não falhou até  $t$ , falhará em  $[t + \Delta t]$ .

$$R(t) = \exp \left[ - \int_0^t h(t) dt \right] \quad (1)$$

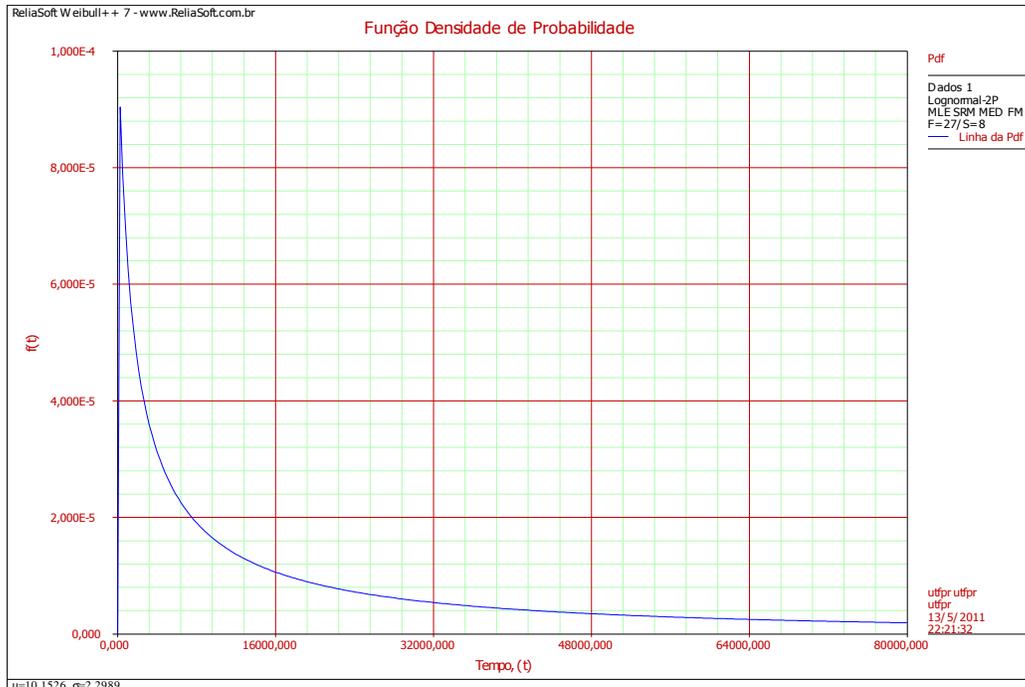


Figura 03 Curva da PDF de uma função.

Fonte: Relia Software

“Falha é definida como o evento ou o estado de inoperância de um sistema ou subsistema de produção que não executa a função para a qual foi especificado. Assim, pode-se também definir confiabilidade como a probabilidade do evento falha de um sistema produtivo não ocorrer antes do tempo  $t$ ” (RAUSAND e HOYLAND, 2004).

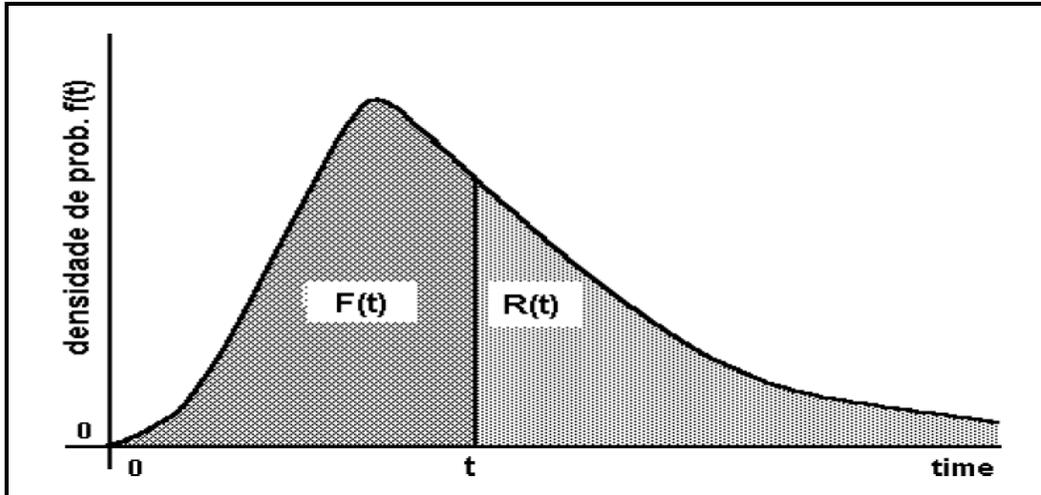


Figura 04 Função Densidade de Probabilidade

Fonte: Pena (2003)

“Outra definição para falha é o fim da capacidade de um sistema em desempenhar uma função. Por sua vez, função pode ser definida como as ações desempenhadas e as características apresentadas por um componente, subsistema ou sistema produtivo” (RAUSAND e OIEN, 1996).

Para SELLITTO (2005) “A análise do comportamento da taxa de falhas de um equipamento ao longo do tempo pode ser representada por uma curva que tem formato de banheira”. As curvas representam as fases da vida características de um sistema. As fases estão associadas ao fator  $\gamma$  que estão associadas à distribuição de Weibull.

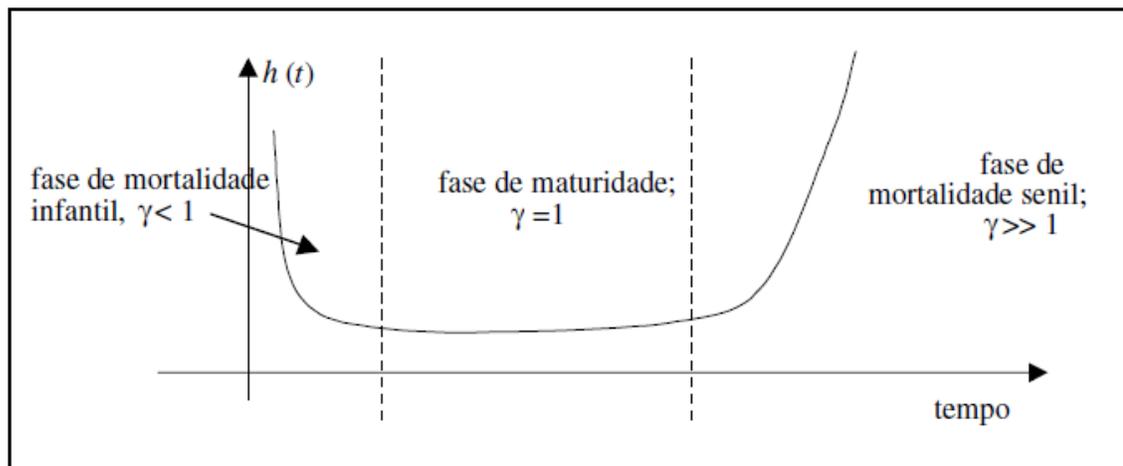


Figura 05 Curva da Banheira e ciclo de vida de equipamentos

Fonte: Sellitto, 2005.

Fase de mortalidade infantil  $\gamma < 1$  representa normalmente a fase de projetos onde ocorrem vários defeitos tais como: montagem incorreta, peças defeituosas, erro de projeto e transportes inadequados, essa fase é decrescente em função das correções realizadas. Conforme SELLITO, essa fase é recomendada à manutenção corretiva.

Fase de maturidade  $\gamma = 1$  período de vida útil do equipamento onde a taxa média de falha é constante. Aconselha SELLITTO(2005) a melhor estratégia a ser adotada nessa fase é manutenção preditiva afim detectar o início da fase desgaste. Fase de mortalidade senil  $\gamma \gg 1$  período de fim de vida do equipamento, taxa de falha crescente devido a vários fatores, desgastes, fadiga e corrosão. Para PENA(2003) é necessário realizar um estudo técnico/econômico para avaliar a necessidade de substituição ou reengenharia do equipamento. E ainda SELLITO(2005) “aponta que a melhor manutenção nesse período e manutenção preventiva, ou seja, o equipamento irá falhar cabe apenas a manutenção definir qual o melhor momento para substituir ou reformar”.

Segundo RAUSAND e HOYLAND(2004) “Para estudos de confiabilidade em manutenção, é necessário determinar uma distribuição de probabilidade que se ajuste aos dados de tempo de vida do sistema”.

“As de interesse da manutenção são: normal, lognormal, Weibull, exponencial e gamma. A distribuição normal pode descrever tempos até falhas originadas de causas que se somam; a lognormal, quando a falha se origina de causas que se multiplicam, tal como corrosão; a Weibull, quando várias causas competem e a primeira que ocorre causa a falha (sistemas em série); a exponencial, quando a falha ocorre por motivos aleatórios; e a gamma, quando a última causa que ocorre dispara a falha (sistemas paralelos)”.

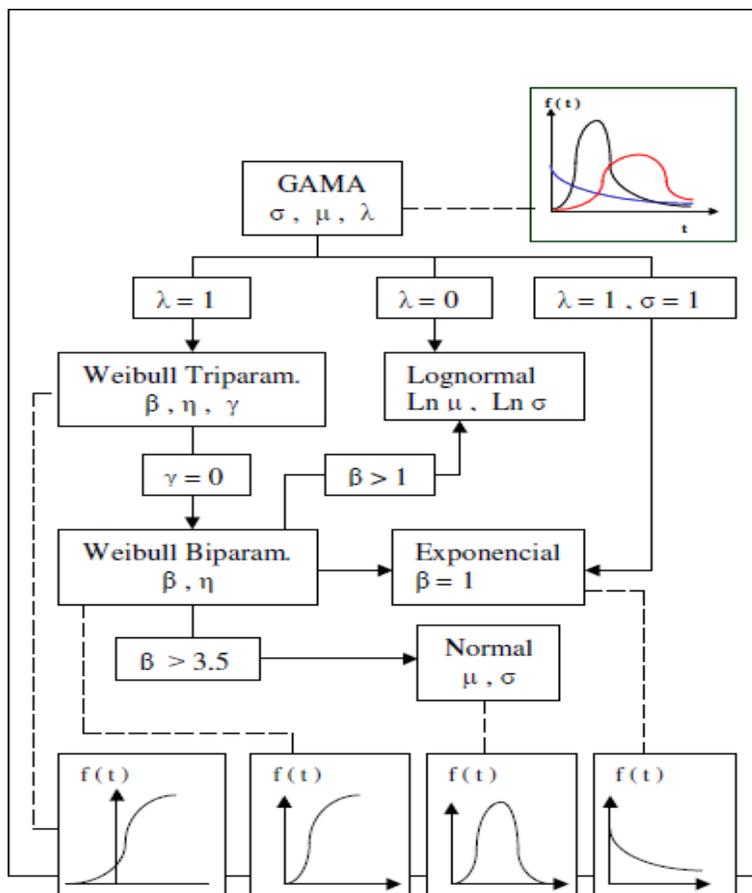


Figura 06 Principais Distribuições e Suas Correlações

Fonte: Pallerosi, (2006)

Para PALLEROSI (2006) a distribuição mais utilizada é a Weibull pela facilidade nos cálculos e sua boa representatividade.

## 1.9 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 - Introdução com apresentação do tema, problemas, objetivos principais e metodologia da pesquisa

Capítulo 2 – O processo onde está inserido Pinça de solda.

Capítulo 3 – Vantagens e desvantagens da pinça PTI x PTS

Capítulo 4 – Análise de dados levantados levando em consideração custo de homem hora, perda de produção. Experimentos e análise de dados –

Por meio da análise de dados e software como BlockSim comprovar as considerações mencionadas nos objetivos.

Capítulo 5 - Considerações Finais

Conclusão

Referências

## **2 O PROCESSO DE SOLDAGEM DA CARROCERIA**

O presente capítulo tem como finalidade demonstrar funcionalidade de uma pinça de solda no processo de solda, e qual sua aplicabilidade no sistema, as principais vantagens e desvantagens para utilização dos modelos de pinças utilizados.

### **2.1 PINÇA DE SOLDA**

A pinça de solda pode ser dividida basicamente em três grandes partes físicas: o circuito elétrico de potência, armário de comando, circuito pneumático/hidráulico e os parâmetros de soldagem que resumidamente é controle de força, tempo de soldagem e corrente de solda, para maiores informações consultar CRAGGS, (2002), AMERICAN WELDING SOCIETY (2002), CHIEN (2002), BRANDI (2004), AGASHE e VOGLER (2003), BREKELEY (2000), RENAULT (2004), VARGAS (2006), SOLON ALVARENGA (1993), INTERMACHINERY (2003).

Segue um modelo esquemático abaixo do funcionamento de uma pinça de solda por resistência.

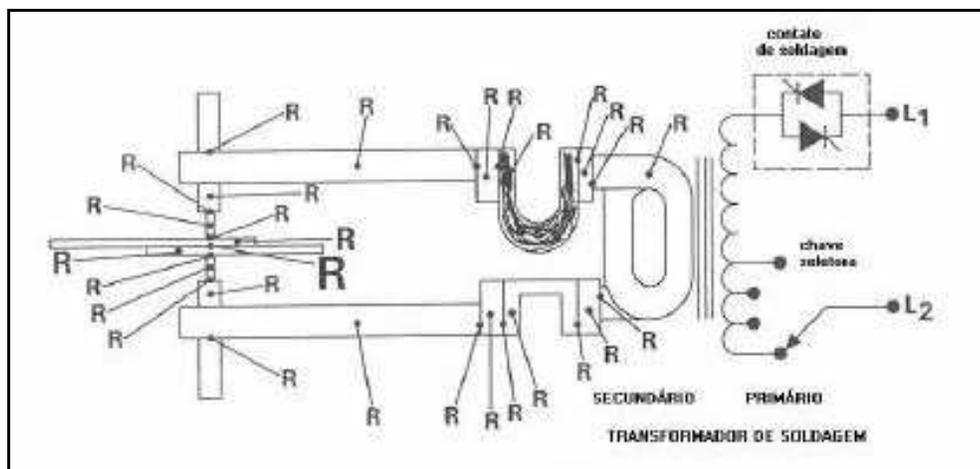


Figura 07 Processo esquemático pinça de solda por Resistência.

Fonte: Intermachinery.

Segundo VARGAS, (2006) “a soldagem a ponto por resistência é amplamente usada na indústria, principalmente na automobilística, em virtude da simplicidade, alta confiabilidade, rapidez de execução, não utilização de metal de adição e relativamente fácil de controle”. Obtém-se uma solda de qualidade e resistência satisfatórias quando comparado a outros processos de soldagem, não necessitando alto grau de experiência do operador. Devido à simplicidade do equipamento torna-se viável para a manutenção equipamento de solda por resistência.

### 2.1.1 Pinças com Transformador Integrado (PTI)

As pinças com transformadores integrado apresentam vários aspectos favoráveis para utilização:

Vantagens:

- 1 – Manuseio, ergonomicamente mais leve;
- 2 – Consumíveis, menor número peças estocadas;
- 3 – Tamanho físico menor;
- 4 – Redução de peso;
- 5 – Valor agregado menor;
- 6 – Confiabilidade mais elevada;
- 7 – Manutenibilidade;
- 8 – Menor custo de manutenção;
- 9 – Maior controle de parâmetros solda;

Desvantagens:

- 1 – Não acessível em lugares pequenos, devido transformador acoplado.

### 2.1.2 Pinças com Transformador Suspenso (PTS)

As pinças com transformadores suspensos apresentam seus aspectos de vantagens e desvantagens para utilização:

Vantagens:

- 1 – Pode se obter corrente de solda elevada;
- 2 – Acesso em local pequenos;

Desvantagens:

- 1 – Ergonomia ruim;
- 3 – Peso elevado;
- 4 – Dificuldade manuseio;
- 5 – manutenabilidade ruim;
- 6 - Alto índice de quebra;
- 7 – Custo elevado com peças reposição;

## 2.2 O PROCESSO DE SOLDA PONTO

O processo de solda ponto na fabricação de carroceria é mais importante do setor, dentre os principais processos podemos citar, soldas automatizadas, soldas semi-automáticas ou manual, pois parte do princípio básico da união de chapas metálicas ou não metálicas para resultar na conformação mecânica de várias partes, onde pode ser exemplificado como transformação final de um veículo, no entanto esse processo de solda é realizado desde as pequenas partes.

A manufatura do setor de carroceria é resumida a chapas metálicas ou não metálicas, então a união ou conformação das peças integrantes é realizada por solda a ponto por resistência, a pinça de solda por resistência representa a maioria desses processos. Por exemplo uma lateral de um veículo é subdivida em 10 partes que irão sendo unidas ao longo do processo para conformar uma única peça, essas uniões são todas realizadas com solda a ponto, outro exemplo é do assoalho que é subdividido em 18 partes, que se conformarão em uma parte única que será assoalho, então o processo de soldagem é responsável desde a união de pequenas

peças soldadas uma a outra até grandes partes tais como: união do assoalho com lateral, união do teto com lateral até a forma geométrica de um veículo.

Para Solon Alvarenga (1993, p.49) “a teoria básica de solda a ponto é o processo de unir duas ou mais peças metálicas numa pequena área localizada, pela aplicação de calor e pressão, no qual o calor usado é resultante da resistência do metal ao fluxo de uma corrente elétrica, num circuito do qual a própria peça é parte resultante”.

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DE SOLDA DO PROCESSO

O processo de aplicação de solda está presente em todas as incorporações que fazem parte do ramo automobilístico. São exaustivamente utilizados devido ao seu baixo custo, praticidade, boa qualidade, não necessita da inserção de material, não utiliza gases, e diminui o risco de corrosão e ainda de fácil manuseio.

Assim o processo de solda pode ser caracterizado de três maneiras: manual, semiautomático e automatizado. O processo manual de solda é realizado totalmente com auxílio de um operador, o semiautomático basicamente é quando necessita em alguma das fases a intervenção humana e o processo automatizado é quando não necessita de nenhum procedimento manual.

## **3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DO SISTEMA**

### 3.1 METODOLOGIA

O presente capítulo tem por finalidade apresentar as características, as vantagens as desvantagens dos dois modelos de pinça utilizados para a pesquisa e demonstrar o arranjo utilizado para realizar os testes.

### 3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE BLOCOS DE CONFIABILIDADE

Os dados foram coletados no sistema interno da empresa e compreendem o período de 05/2010 a 05/2012. Portanto, para qualquer simulação demonstrada nesse trabalho foi considerado o período de 02 anos. Os dados serão tratados através dos softwares da ReliaSoft BlockSim e Weibull ++.

Compreende-se perda da função quando o equipamento ou máquina perde sua função requerida, ou seja, não executa solda.

Segue a representação do sistema por meio do Diagrama de Blocos de Confiabilidade ( “*Reliability Diagram Block*” – RDB) o sistema com a representação RDB dos arranjos que foi aplicada neste trabalho.

O sistema será representado por um sistema k de n, essa configuração possui  $n$  blocos em paralelo e para que um sistema formado por esse arranjo funcione é necessário que pelo menos um k dos  $n$  blocos estejam em funcionamento, cada componente em um modelo RDB possui suas métricas dependabilidade<sup>1</sup>, a figura abaixo demonstra o modelo RDB implementado.

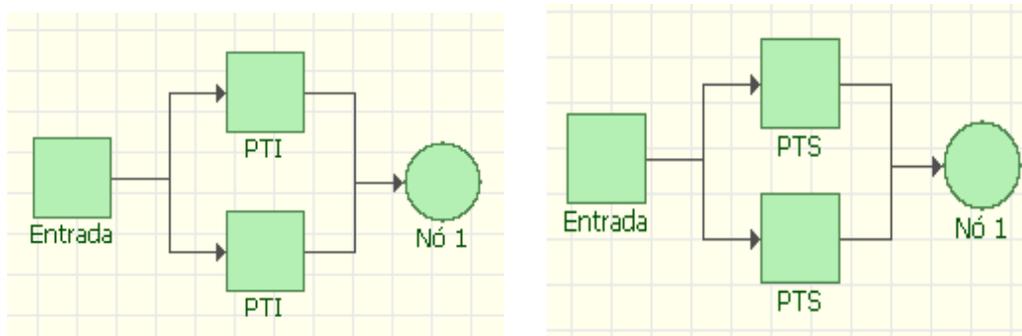


Figura 08 Arranjo do sistema em estudo.

Fonte: Autoria Própria.

1 – Dependabilidade – termo utilizado para descrever a disponibilidade, utilização do trabalho dependabilidade de atributos esta ligado diretamente a Disponibilidade, Confiabilidade e Manutenibilidade.

### 3.3 ANALISE DO TEMPO MÉDIO DE REPARO (TMR) DAS PINÇAS PTI/PTS

Os dados foram lançados e calculados no software da ReliaSoftware Weibull++. A base de cálculos está lançada em dias, portanto a representação do tempo de reparo estará calculada em dias. Segue abaixo o teste de aderência para os dois modelos conforme Weibull ++. O teste de aderência testa, dentre 11 distribuições sugeridas, qual é que proporciona o melhor ajuste ao conjunto de dados inseridos. Os modelos com melhor ajuste, indicados pelo Weibull++, foram o Lognormal para a pinça PTI e o Exponencial para a pinça PTS de acordo as figuras 7 e 8.



Figura 09 Teste de aderência Software Weibull++.

FONTE: Autoria Própria.

O resultado do ajuste para pinça (PTI) foi a distribuição Lognormal dois parâmetros com Tempo médio de reparo  $\mu = -4,21$  dias e Desvio padrão é:  $\sigma = 0,7787$  e o resultado do ajuste para pinça (PTS) foi a distribuição exponencial 1 parâmetro com Tempo médio de reparo  $\lambda = 47,2274$  dias de acordo com a figura 8.

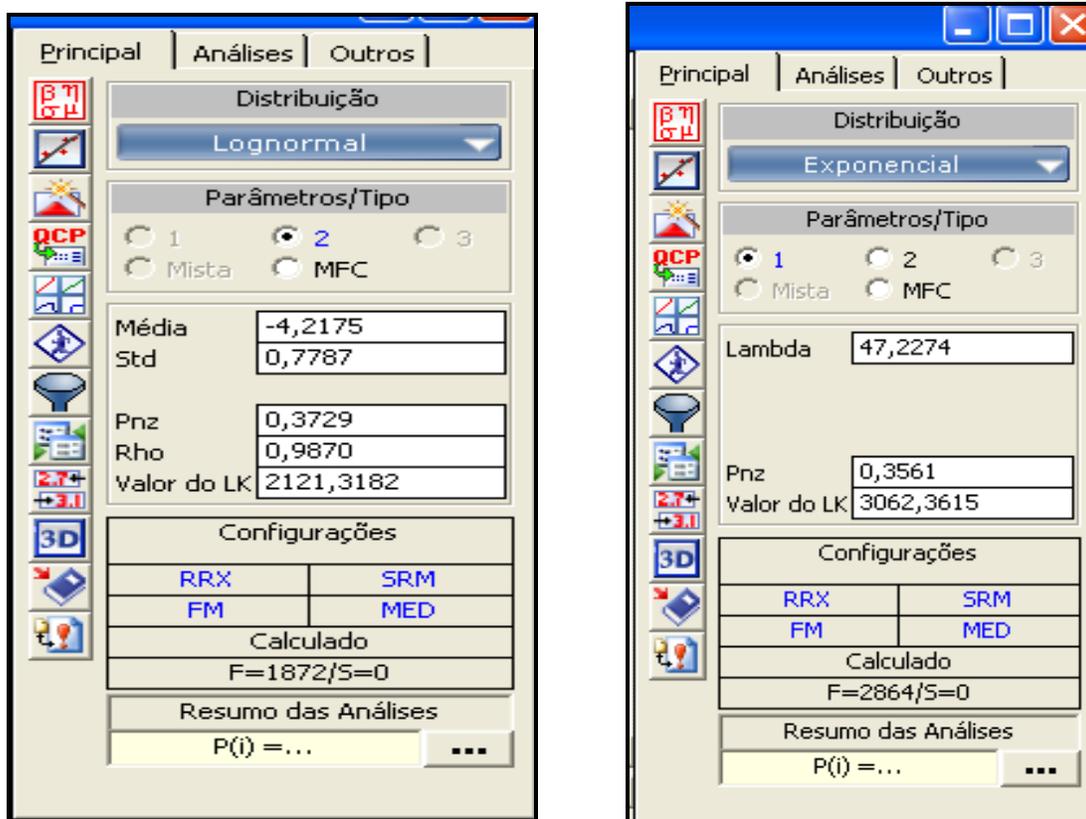


Figura 10 Parâmetros dos modelos ajustados para os tempos de reparo PTI/PTS Software Weibull++.  
FONTE: Autoria Própria.

Conforme Portal Action (2013) a lognormal é muito usada para caracterizar tempo de vida de produtos e materiais. Isso inclui fadiga de metal, semicondutores, diodos e isolamento elétrica.

Segundo PENA (2003) a distribuição exponencial é utilizada para representar a sobrevivência de um equipamento/componente durante um tempo  $t$ , desde que a taxa de falha mantenha-se constante. Substituindo a taxa de falha  $\lambda(t)$  pela constante  $\lambda$ , a função distribuição de probabilidade ( $fdp$ ) é dada por:

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Na qual  $\lambda$  representa a taxa de falhas e  $t$  indica o tempo até a falha. Pode ser considerado um caso especial da distribuição Weibull de  $\beta = 1$ .

Já a distribuição Weibull, por sua vez, pode ser utilizada em pequenas amostras e tem flexibilidade devido ao fator de forma  $\beta$ . A distribuição oferece informação para classificar tipos de falhas e suportar estratégias de manutenção. (DODSON e NOLAN, 2002).

As funções de densidade de probabilidade de reparo encontradas estão demonstradas na figura 11.



Figura 11 - Função Densidade de Probabilidade de Reparo – PTI x PTS.

Fonte: Extraído do software Weibull++ Reliasoft

### 3.4 ANALISE DO TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS DAS PINÇAS PTI/PTS

Os dados de falhas foram lançados no software Weibull ++, e realizado as simulações para geração dos gráficos de confiabilidade, segue abaixo o folio dos dados de simulação da pinça PTI.

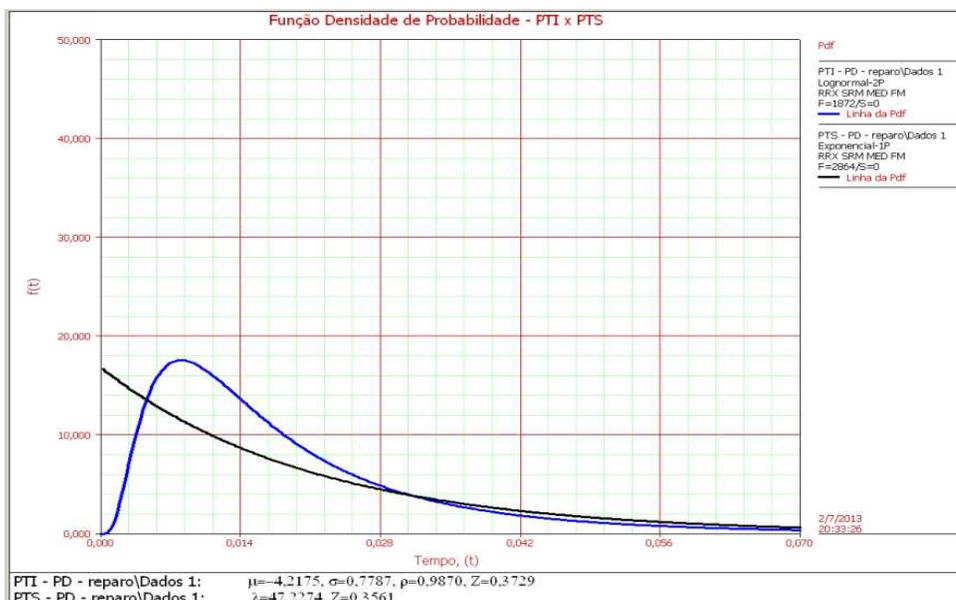


Figura 12 Folio dados pinça PTI lançados no software Weibull

Fonte: Autoria Própria.

A análise foi realizada para um intervalo de 02 anos, no qual pode ser verificado que a confiabilidade para os dois equipamentos tem a mesma tendência ou seja, os valores de  $\beta$  para as duas distribuições é:  $\beta = 1,0165$  para PTI e,  $\beta = 1,1057$  para PTS, conforme a regra da curva de Weibull para todos os valores  $> 1$ , os modos de falhas são predominantes, obteve-se então, a curva característica da PDF de Weibull.

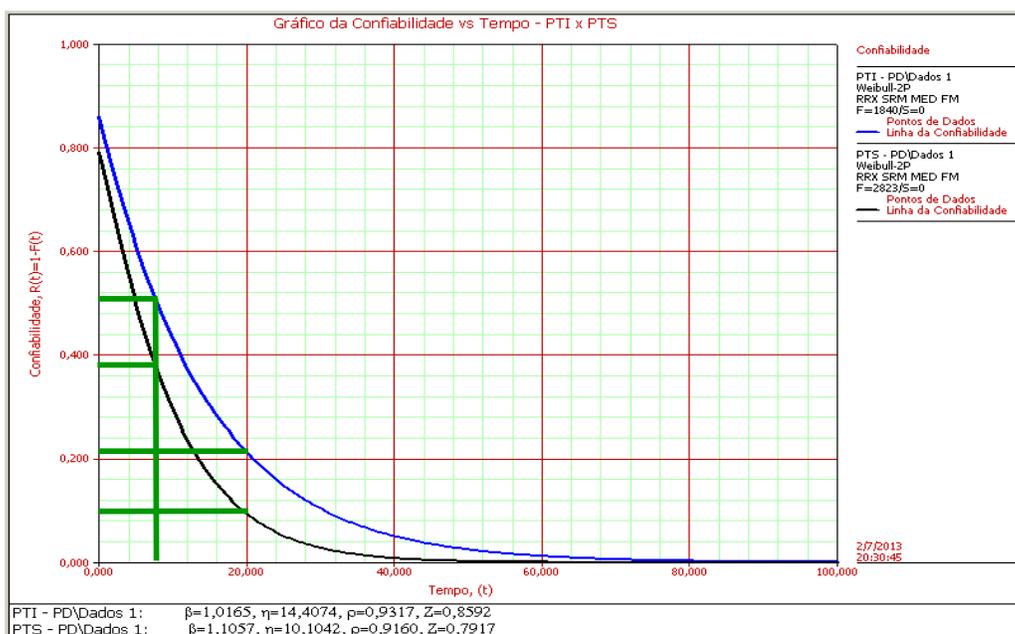


Figura 13 Simulação de confiabilidade x tempo

Fonte: Autoria Própria.

Portanto para fazer uma relação de confiabilidade para os dois equipamentos, utilizaremos o gráfico da figura 13. Então para um tempo de 4 dias a confiabilidade de  $R(t) = 0,36$  para a pinça PTS e para a pinça PTI a confiabilidade  $R(t) = 0,49$  e fazendo uma extrapolação para 20 dias de produção que equivale a 1 mês de fabricação temos um  $R(t) = 0,10$  para a pinça PTS e um  $R(t) = 0,21$  para o equipamento PTI.

A probabilidade de falha acumulada para os dois modelos de pinça foi representada na figura 14. Foi adotado para análise inicial o tempo de 4 dias então teremos: a) o  $F(t) = 0,64$  pinça PTS e; b) um  $F(t) = 0,51$  para PTI.

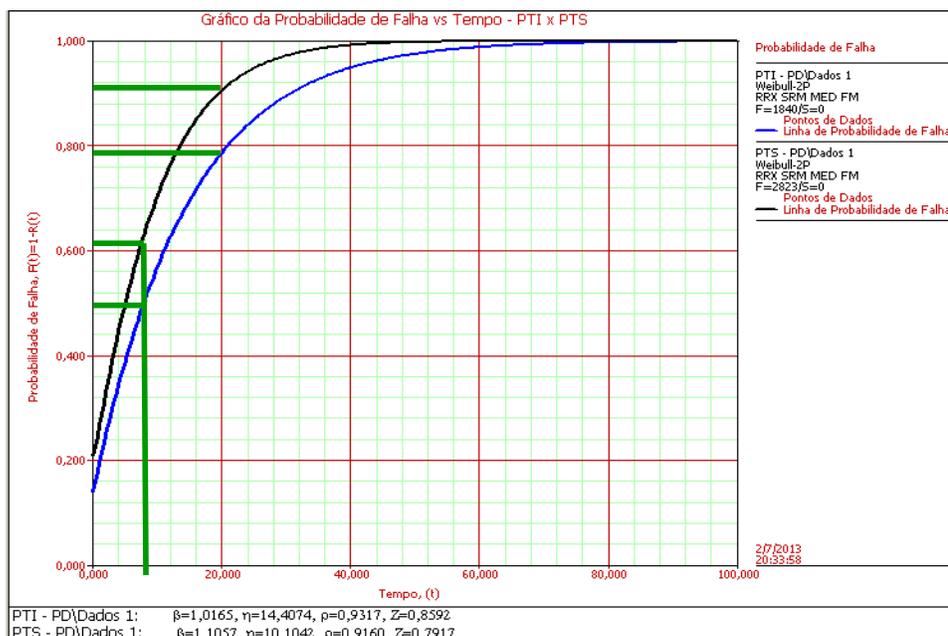


Figura 14 Comparativo da função probabilidade de falha das pinças.

Fonte: Autoria Própria.

No entanto se esse valor aumentar para 20 dias de fabricação o valor de  $F(t)$  para a pinça PTS é  $= 0,9$  enquanto que, para PTI é  $= 0,78$ .

Outro item a ser analisado é o valor vida média, pois mede o desempenho do equipamento, ou seja, medir a disponibilidade, em outras palavras, o tempo entre falhas. A figura 16 demonstra o cálculo realizado para pinça modelo PTS.

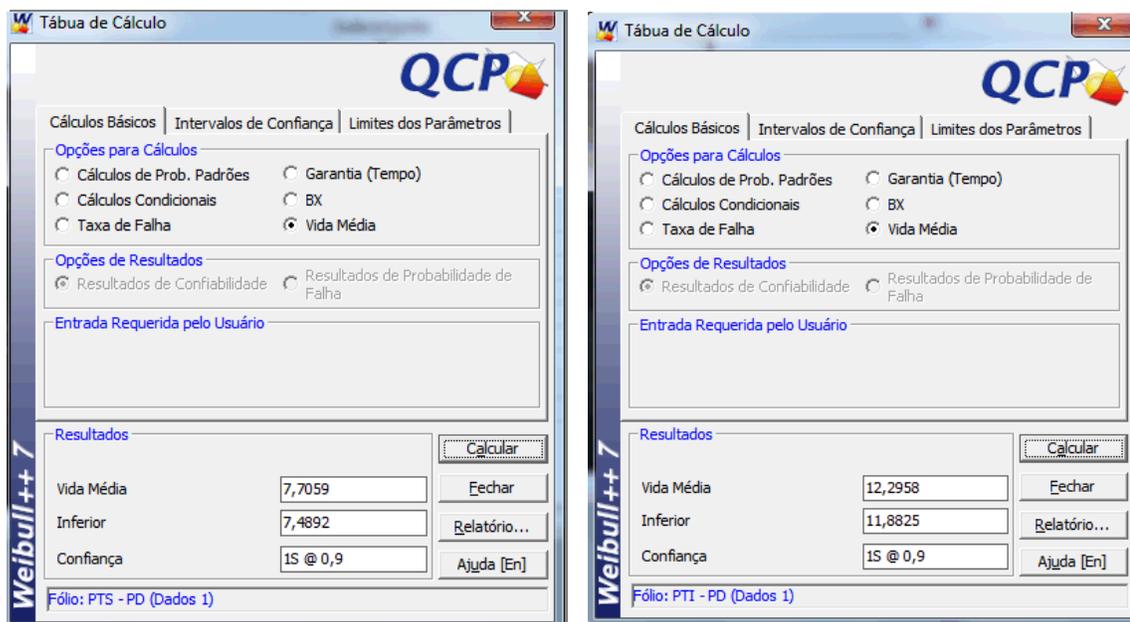


Figura 16 Tabua de simulação vida média pinça modelo PTS/PTI.

Fonte: Autoria Própria.

Considerando o valor calculado pela tabua de cálculo do Weibull ++ para pinça PTS temos uma média do tempo médio de falhas de 7,7059 e para pinça PTI temos um tempo médio entre falhas de 12,2958.

Conforme gráfico da figura 17 verifica-se uma taxa de falha crescente para a pinça PTS e constante para a PTI. Então para uma análise adotaremos uma base de tempo = 10 dias, nesse período de análise a PTS tem uma taxa de falha = 0,112 e para PTI = 0,072, e fazendo uma extrapolação para um tempo = dias essa taxa de falha permanece constante para PTI = 0,072 enquanto para PTS = 0,124

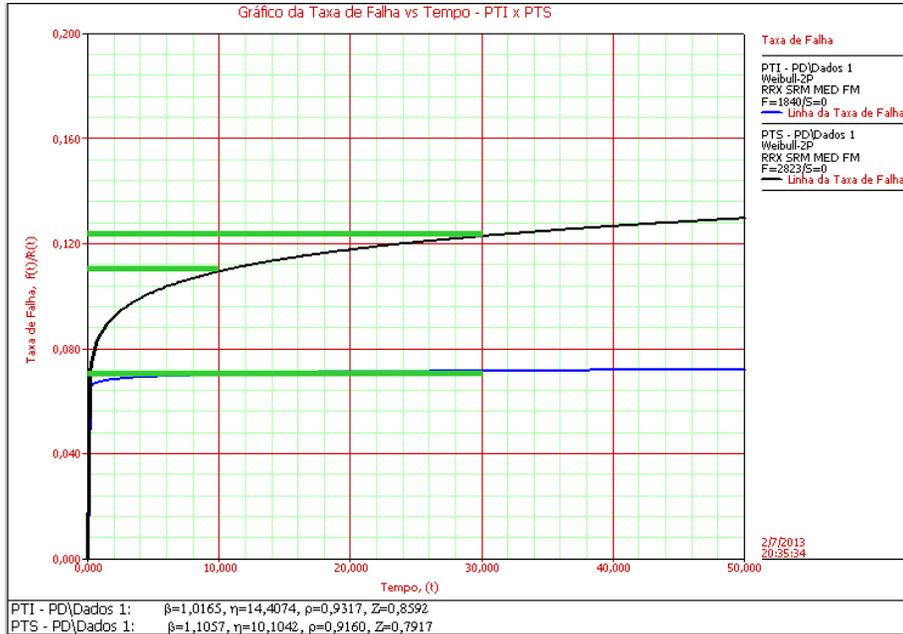


Figura 17 Gráfico da taxa de falha x tempo.

Fonte: Autoria Própria.

### 3.5 SIMULAÇÃO DISPONIBILIDADE PTI e PTS

A simulação de disponibilidade foi utilizada o software BlockSim, os dados foram importados do software Weibull++, as distribuições de falhas e de reparo encontradas.

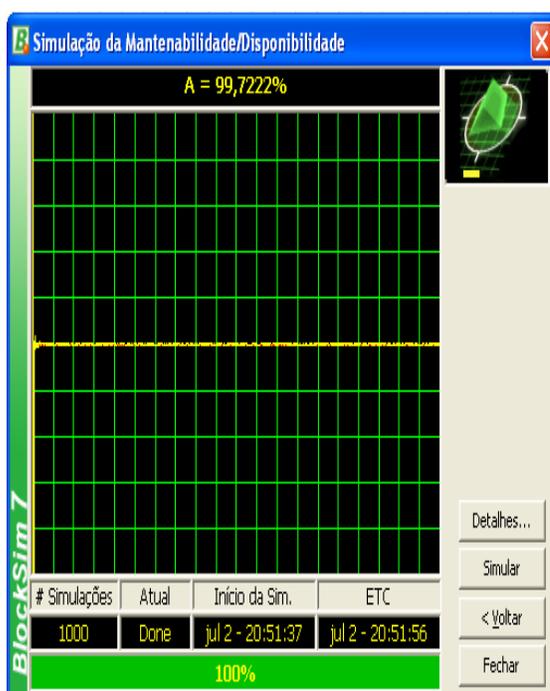
A figura 16 apresenta os parâmetros estabelecidos para a simulação da disponibilidade da pinça PTI.



Figura 18 Simulação de disponibilidade de pinças modelo PTI

Fonte: Extraído do software Weibull++ Reliasoft

Na simulação da manutenibilidade/disponibilidade para o modelo de pinça PTI observa-se uma disponibilidade média de 99,72% e uma quantidade de falhas de 90,67 com um desvio padrão de 9,33 e com um tempo total indisponível de 1,8955 dias de acordo com a figura 19.



| Visão Geral do Sistema                          |          |
|---|----------|
| <u>Geral</u>                                    |          |
| Disponibilidade Média (Todos Eventos):          | 0,9972   |
| Desvio Padrão:                                  | 0,0004   |
| Disponibilidade Média (sem MP & Inspeção):      | 0,9972   |
| Disponibilidade Pontual (Todos Eventos) em 650: | 0,998    |
| Confiabilidade(650):                            | 0        |
| Quantidade Esperada de Falhas:                  | 90,673   |
| Desvio Padrão (Quantidade de Falhas):           | 9,3354   |
| TMAPF:  | 7,241    |
| <u>Tempo Disponível/Indisponível do Sistema</u> |          |
| Tempo Disponível:                               | 648,1945 |
| Tempo Indisponível da MC:                       | 1,8055   |
| Tempo Indisponível da Inspeção:                 | 0        |
| Tempo Indisponível MP:                          | 0        |
| Tempo Indisponível Total:                       | 1,8055   |
| <u>Eventos de Parada do Sistema</u>             |          |
| Quantidade de Falhas:                           | 90,673   |
| Quantidade de MCs:                              | 90,673   |
| Quantidade de Inspeções:                        | 0        |
| Quantidade de MPs:                              | 0        |
| Total de Eventos:                               | 90,673   |
| <u>Custos</u>                                   |          |
| Custos Totais:                                  | 0        |
| <u>Produção (Somente Simulação)</u>             |          |
| Produção Total:                                 | 649,9474 |

Figura 19 Visão geral da Simulação de disponibilidade PTI.

Fonte: Extraído do software Weibull++ Reliasoft

A simulação da figura 18 representa a disponibilidade do equipamento de solda PTS.

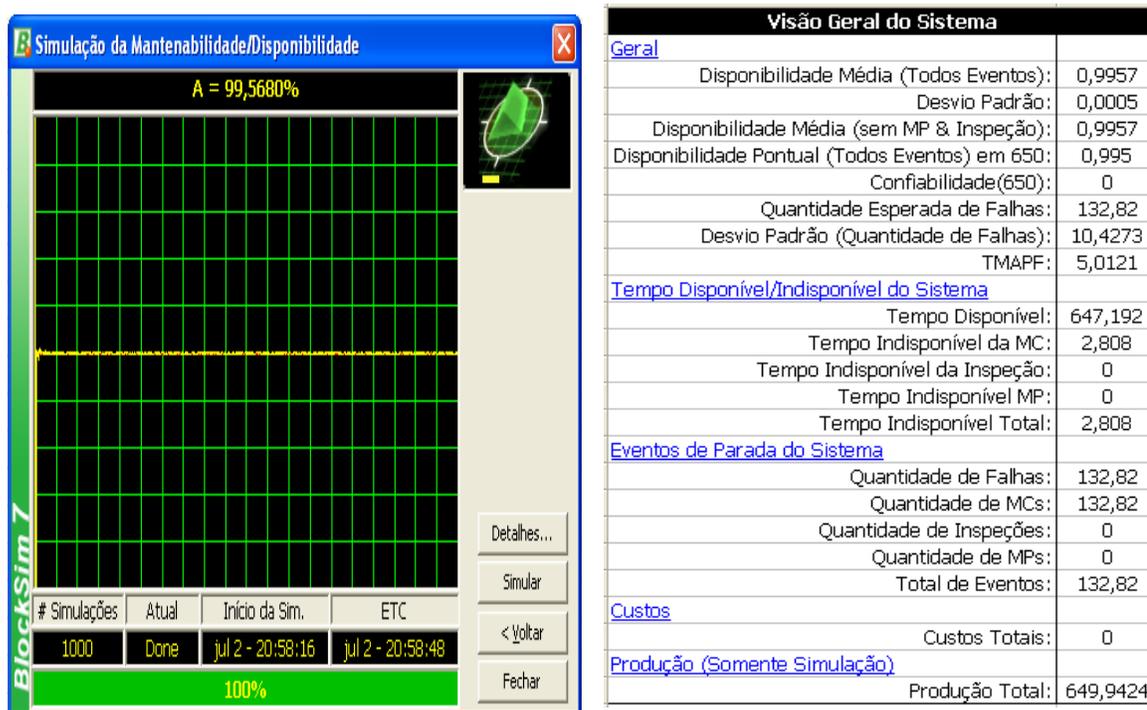


Figura 20 Simulação de disponibilidade de pinças modelo PTS

Fonte: Autoria Própria

A disponibilidade da pinça PTS é 99,56 com uma quantidade de falhas igual a 132,82 com um desvio padrão de 10,42 falhas e com um tempo total indisponível de 2,808 dias. Enquanto que a quantidade de falhas para a pinça PTI foi de 90,673 com um desvio padrão de 9,3354 falhas.

Os custos totais para os dois equipamentos conforme fôlio será apresentado na sequência, pois depende da integração de vários dados, tais como: gasto com oficina, reparos internos, custos com almoxarifado dentre outros.

## 4 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS

### 4.1 CUSTOS OPERAÇÃO COM MÃO DE OBRA PINÇAS PTI / PTS.

Segundo Carlos Alberto Gurski (2002, pg.8), em noções de confiabilidade e manutenção industrial o custo anual de manutenção representa, em média 4,39% do faturamento bruto das empresas, e por esse motivo, uma redução de custo na manutenção mal conduzida pode levar a perda de faturamento e lucro da organização.

A seguir serão calculados os custos envolvendo mão de obra, o período de avaliação é correspondente ao ano 2010 e 2012.

O valor custo com mão de obra foi calculado através de uma média do setor de manutenção, nesse valor foi calculado apenas o valor do salário dos técnicos de manutenção não levando em consideração qualquer tipo de encargos extras. Foi feito uma média do valor homem/hora de 30,00 R\$(valor estipulado apenas para efeito de cálculo não havendo nenhuma semelhança com cenário da empresa). Portanto para o modelo pinça PTS temos um gasto de R\$ 6.687.270,00 contra uma quantia de R\$ 2.600.700,00 para o modelo PTI. Esse cálculo foi realizado através do apontamento de OS (ordem de serviço), números de horas apontadas x valor homem/hora.

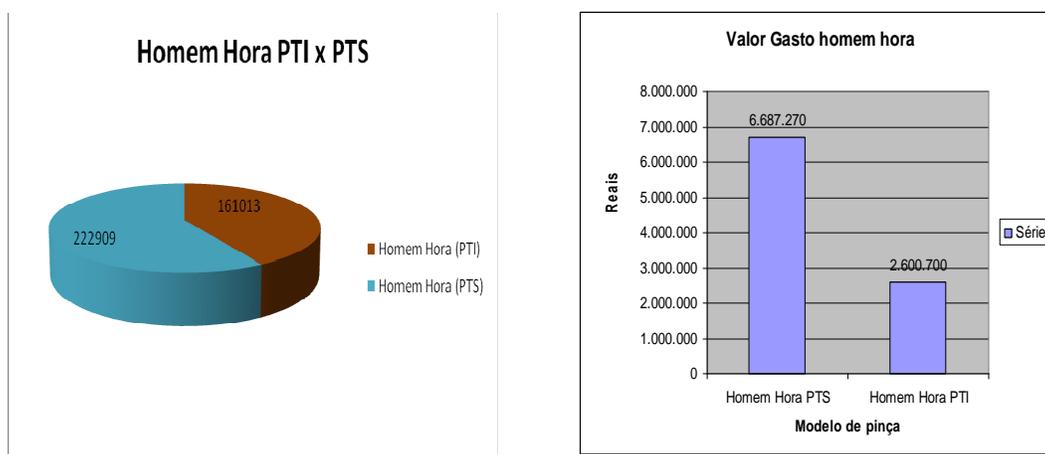


Gráfico 01 Representação gráfica total de horas/ custo total

Fonte: Autoria Própria

Os custos com materiais foram calculados através de cada centro de custo disponível no sistema interno da empresa em questão, também foram levados em consideração os custos com peças recuperadas internamente onde é feito um controle interno pelo setor de manutenção.

No gráfico 02 foi apresentado os valores de custo com peças de reposição.

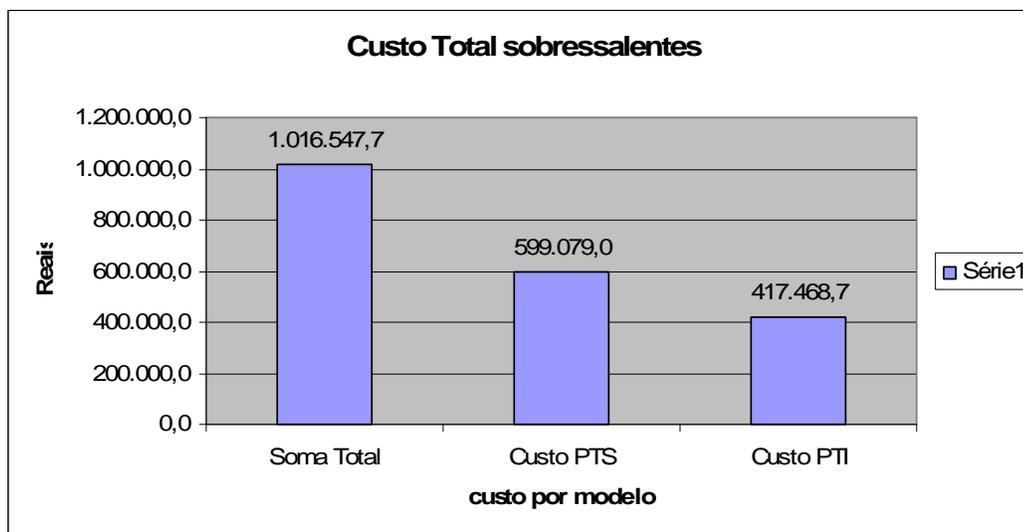


Gráfico 02 Gastos com material sobressalentes

Fonte: Aatoria Própria

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Quanto à questão de custo será levado em consideração a partir do momento que houve uma intervenção da manutenção ou custos com material. Os dados de custo com material foram levantados através do centro de custo de cada módulo envolvido no processo custos de almoxarifado, os gastos com mão de obra foram levantados através de O.S. (Ordem de Serviço) lançadas no sistema da empresa em questão. Os custos com recuperação de peças internas no setor de manutenção também serão incluídos na base de cálculos.

## 5.1 DEPRECIÇÃO

Depreciação significa a perda de valor de bens do ativo imobilizado pelo decorrer do tempo de uso, desgaste ou obsolescência.

Segundo Ludícibus (2000):

Ludícibus (2000) "Entende que a depreciação pode ser expressa como a diferença entre o valor de mercado do bem no fim e no início do período e que o cálculo pode ser feito pelos seguintes métodos: o método de cotas constantes ou alocação em linha reta, método de cotas variáveis, método de quotas crescentes e método de cotas decrescentes", para mais informações consultar Ludícibus (2000)".

O cálculo da depreciação é de forma simplificada, é o valor da aquisição do item dividido pela vida útil, subtraído do valor da aquisição, os equipamentos em questão têm uma vida útil de 08 anos, conforme informação do controle de gestão da empresa em questão. Para nosso estudo o valor do bem após vida útil é igual a zero, ou seja, não tem valor de revenda.

### 5.1.1 Valor Residual de Ativos

Foram levantados os valores ativos de cada equipamento e foi constatado que o valor de pinça do modelo PTS é igual à zero, a depreciação do valor equipamento já foi pago, esses valores foram coletados do controle de gestão da empresa em questão. E para aquisição de uma pinça do modelo atual a empresa pagaria um total de R\$ 30.000,00. A seguir será calculado o valor gasto para cada equipamento levando em consideração aquisição de um novo equipamento e com pagamento do valor a vista sem depreciação do valor. Para equipamento obsoleto serão levados em consideração apenas os gastos com mão de obra e custos com peças de reposição. Não serão contabilizadas horas com desenvolvimento com peças obsoletas. O universo de equipamentos em questão será de 49 pinças do modelo PTI e 47 PTS.

Na tabela abaixo foi levantado os valores de aquisição dos equipamentos em questão.

| MODELO | MÃO OBRA  | DEPRECIÇÃO   | SOBRESSALENTES | TOTAL | Soma        |
|--------|-----------|--------------|----------------|-------|-------------|
| PTS    | 6.687.700 | 0            | 599.079,00     | 47    | 155037,8511 |
| PTI    | 2.600.700 | 1.470.000,00 | 417.468,70     | 49    | 91.595,28   |

Tabela 01 Tabela de dados para calculo aquisição

Fonte: Autoria Própria

Os valores da soma foram divididos pelos números de equipamentos então temos os seguintes valores: para manter um equipamento do modelo PTS durante dois anos é de R\$ 155.037,85 mesmo com os valores depreciação igual à zero, o mesmo cálculo foi feito para PTI o valor final é R\$ 91.595,28 para os valores da PTI foi multiplicado o valor de depreciação por 49. Portanto o valor gasto para manter um equipamento PTS custa 40,92% superior ao outro equipamento.

## 5.2 ANALISES DAS INFORMAÇÕES

Após simulação dos dados, obtidos do modelo de simulação, é possível realizar comparativos, na tabela 02 está representado os dados coletados das simulações e serão apresentados na sequência.

|   | PTS          | PTI          | Diferença |
|---|--------------|--------------|-----------|
| <b>MTTR</b>   | 2,5          | 2            | 20%       |
| <b>MTBF tempo = 4 dias</b>                          | 7,7          | 12,29        | 59,55%    |
| <b>Disponibilidade tempo = 4 dias</b>               | 99,56        | 99,72        | 0,16%     |
| <b>Confiabilidade tempo = 4 dias</b>                | 0,36         | 0,49         | 36,11%    |
| <b>Probabilidade Acumulada F(t) tempo = 04 dias</b> | 0,64         | 0,51         | 25,49%    |
| <b>Taxa de Falha h(t) tempo = 10 dias</b>           | 0,112        | 0,72         | 86,67%    |
| <b>Custo mão Obra tempo = 02 anos</b>               | 6.687.270,00 | 2.600.700,00 | 157%      |
| <b>Custo Sobressalentes 02 anos</b>                 | 599.079,00   | 417.468,60   | 43,5%     |
| <b>Depreciação</b>                                  | 0            | 1.470,000,00 | 100%      |
| <b>Custo por Máquina</b>                            | 155.028,70   | 61.595,28    | 151,7%    |

Tabela 02 Tabela comparativa entre dois equipamentos

Fonte: Autoria Própria.

### 5.2.1 Comparativo da Média do Tempo Reparo – MTTR

Os MTTR's para os dois equipamentos divergem em 20%, essa tendência ocorre devido as particularidades de cada pinça de solda, a pinça PTS tem uma estrutura mecânica mais complexa, com itens de desgaste com maior frequência e

com um tempo alto de reparo, e ainda outro item a ser considerado é que a pinça PTS foi instalada em 2006 o período de análise é entre 2010 e 2012, então a mesma já apresenta desgaste devido ao uso. Então devido a particularidades de cada equipamento e ao tempo de instalação de cada máquina não é possível retirar nenhuma conclusão nesse quesito do MTTR.

### 5.2.2 Comparativo do tempo médio entre falhas

A análise do MTBF para os dois modelos de pinças simulados demonstrou uma diferença de 59,55% maior para o modelo de pinça PTI em relação à PTS, esses dados são confirmados através da tabua de cálculos para a pinça PTS na figura 14 e para a pinça PTI na figura 13 do capítulo 4. Então para o tempo de bom funcionamento entre equipamentos comprova-se que a pinça com transformador integrado oscila em torno de 60% a mais que a pinça com transformador integrado, essa oscilação gera perda de produção, gasto com homem/hora, gasto com desenvolvimento de peças obsoletas.

Os dados de cálculos de MTBF referem se ao mesmo período de tempo e com aplicações idênticas com um universo de equipamentos similar. Portanto considera-se que o equipamento PTS oscila 60% a mais que o mesmo equipamento de solda modelo PTI, essa perturbação pode ser com perda de produção, mão de obra técnica da manutenção, peças de reposição, com desenvolvimento de peças obsoletas e desgaste operacional.

Outro fator é a reposição de peças que não são mais disponibilizadas. Isso é um dos motivos que eleva o MTBF, pois é constatado anomalias em trabalho preventivo e não é possível realizar a troca imediata por falta de peça o que leva a uma quebra não esperada. Essa falta de peça de reposição desencadeia outros fatores tais como: erro no desenvolvimento de projeto de peças, perda de produção por peças não confiáveis ou com má qualidade do produto

### 5.2.3 Disponibilidade

Os valores de disponibilidade média para os dois equipamentos são muitos semelhantes divergindo em um valor inferior a 1% para um período de simulação de dois anos. A explicação para a disponibilidade ser tão próximo é devido ao arranjo do sistema, pois, trata-se de um sistema paralelo, no entanto podemos verificar que

o número de falhas esperadas para a pinça PTS foi superior em 42% em relação à PTI, e ainda para indisponibilidade do sistema a pinça PTS é de 2,808 dias enquanto que a da pinça PTI é de 1,808 dias.

Portanto, pode-se afirmar que os custos com manutenção, peças de reposição, mão de obra será bem superior para pinça PTS. Pois, o número de falhas e indisponibilidade é 55,56% superior. A manutenção estará realizando visita/reparo no equipamento PTS com uma frequência de 55% superior em relação a PTI. A disponibilidade do equipamento é a venda do produto para fabricação então a indisponibilidade e inversamente.

#### 5.2.4 Confiabilidade Equipamentos

A confiabilidade para o equipamento PTI é superior em 36,11% em relação a PTS.

A probabilidade de falha acumulada  $F(t)$  para o equipamento PTI é inferior a PTS em 25,49 %, para esse parâmetro quanto menor for à probabilidade de falha mais confiável será o equipamento.

A taxa de falha comprovada da pinça PTS foi superior em 86,67% em relação a PTI, então a inoperância da pinça PTS será muito superior, ou seja, a quantidade de falhas será bem maior.

#### 5.2.5 Custos Totais

Os custos com mão de obra para os dois equipamentos foi calculado e apresentou uma diferença de 157% de um modelo em relação ao outro, os custos com homem/hora com a pinça PTS foram muito superiores a PTI. Essa discrepância de gastos com a pinça PTS comprova-se principalmente pela taxa alta de falhas e MTBF

Os custos com peças de sobressalentes envolvem peças com almoxarifado e peças recuperadas internamente no setor de manutenção, a pinça PTI representou um custo inferior de 43,5%, sendo assim os reparos com peças da pinça PTS estão mais suscetíveis para a empresa, ou seja, os custos são bem menores para manter a PTI.

Para depreciação não será feita consideração de valores, pois a pinça PTS encontra-se com valor totalmente zerado, então o valor considerado será apenas custo por máquina, onde será feito o valor total para cada equipamento.

O custo por máquina foi englobado todos os valores de depreciação, custo com homem/hora e custo com sobressalentes, mesmo assim o valor total da pinça com transformador integrado foi 151,70% menor que a pinça PTS, então no ponto de vista de custo torna-se inviável manter esse equipamento em funcionamento. No entanto devido a política da empresa em questão esse equipamento ainda está operante, pois a visão da empresa é manter a disponibilidade e como equipamento é um paralelo a taxa de disponibilidade é alta, conforme comentado no item disponibilidade do equipamento.

## CONCLUSÃO

Conforme foi comprovado no estudo de confiabilidade e custos pode-se afirmar que a pinça do modelo PTI é bem mais viável que a PTS. O comparativo entre os dois equipamentos em questão em todos os quesitos a PTI foi superior, para o MTTR foi reparável com maior eficácia, o tempo médio de bom funcionamento foi superior, portanto a perturbação com esse equipamento será bem menor, no quesito disponibilidade ficou idêntico, porém como comentado anteriormente não é fator determinante para retirar conclusões pois é um sistema paralelo e dificilmente afeta a linha de produção, na confiabilidade a pinça com transformador integrado foi superior, então podemos afirmar que manterá a sua função requerida de maneira satisfatória, a probabilidade acumulada da taxa de falha foi menor então a conclusão que a pinça será mais confiável, a taxa de falha é inferior portanto o número de falhas será consideravelmente menor, quanto a questão dos custos como todos os dados de confiabilidade demonstraram a PTI tem um melhor desempenho, uma melhor performance e com um número de falhas inferior a PTS, os custos com mão de obra foram bem superiores para PTS, pois temos um MTBF menor um número de falhas maior então consequentemente temos mais gastos com mão de obra, assim como peças de sobressalência o gasto foi bem superior para a PTS. Então comprova-se em todos os itens analisados nesse trabalho que a pinça do modelo PTI, tem um custo menor para manutenção, assim como uma confiabilidade maior. Mesmo com várias comprovações de confiabilidade, disponibilidade e alto custo para manter equipamentos, alguns itens que são considerados importantes não foram analisados, então abaixo segue alguns estudos possíveis:

- Levantar o tempo ótimo para troca do equipamento PTI.
- O ciclo de vida econômica para equipamentos de solda.
- Depreciação dos equipamentos, alto custo de manutenção.
- Vida útil econômica.
- Ponto ideal para substituição de equipamentos.

Todas essas possibilidades de estudo são deixadas aqui como instrução para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, Solon Ávila, A Solda Por Resistência: **Noções Básicas e Aspectos Principais**. Porto Alegre. Sagra: DCLuzatto, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5462**: informação e documentação – lombada – apresentação. Rio de Janeiro, 2004.

DODSON, B.; NOLAN, D. Reliability engineering handbook. N. York: Marcel Dekker.2002

GURSKI, Carlos Alberto. **Curso de Formação de Operadores de Refinaria: Noções de Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Disponível em: <[http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe\\_QoAC/apostilas-petrobras-nocoesdaconfiabilidadeemanutencao](http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe_QoAC/apostilas-petrobras-nocoesdaconfiabilidadeemanutencao)>. Acesso em: 22 ago. 2012.

IUDÍCIBUS, Sérgio de. **Teoria da Contabilidade**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

LAFRAIA, J. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MANTER. **O portal da manutenção**. disponível em: <<http://www.manter.com.br>> Acesso em: 22 ago. 2012.

PALLEROSI, A. Carlos. **Coleção Confiabilidade: A quarta dimensão da Qualidade**. São Paulo: ReliaSoft, 2006. v. 1.

PORTAL ACTION. Distribuição log-normal. Disponível em : <http://www.portalaction.com.br/1308-distribui%C3%A7%C3%A3o-log-normal>. Aceso em: 09 julho 2013.

RELIA SOFT. **Weibull++**. Disponível em: <<http://www.reliasoft.com.br/Weibull/index.htm>>. Acesso em:15 jun. 2013.

RENAULT. **Guide ergonomique de conception des postes manuels de soudure S.R. en assemblage tôlerie** . Disponível em : < <http://www.cnomo.com/fr/>>. Acesso em: 05 fev. 2013.

RENAULT. **Soudage par résistance.Spécifications techniques des pinces manuelles à transformateur séparé et intégré, 2004**. Disponível em : <<http://www.cnomo.com/fr/>>. Acesso em: 23 fev. 2013.

REVISTA PRODUÇÃO ON LINE. Santa Catarina: 2008, ISSN 1676 – 1901 / Vol. VIII / Num. IV / 2008

REVISTA PRODUÇÃO ON LINE. Santa Catarina: 2013, 759 - 783 / Vol. 13 / Num. 2 / 2013

SELLITTO, M.; BORCHADT, M.; ARAÚJO, D. **Manutenção centrada em confiabilidade: uma abordagem quantitativa**. Anais do XXII ENEGEP. Curitiba: ABEPRO. 2002.

VARGAS, J.E. **Estudo da Formação, Geometria e Resistência do Ponto na Soldagem por Resistência: Uma Abordagem Estatística**. 2006. 164f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília.

WEINER, E., BRANDI, S.D., MELLO, F. D. H. **Soldagem: Processos e Metalurgia**. São Paulo. Edgard Blucher, 2004.