

PROPOSIÇÃO DE MODELO DO CÁLCULO DE VIDA ÚTIL PARA EMPRESAS DE PAGAMENTOS POR CARTÃO

Amanda Q. Avoleta Ferrari

Prof. Lars Sanches

Universidade Estadual de Campinas

LALT Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes

RESUMO

O objetivo desse trabalho é desenvolver um modelo que determine a vida útil de um equipamento e, conseqüentemente o momento em que o mesmo deva ser obsoleto, em uma cadeia de suprimentos de laço fechado, para empresas de pagamentos por cartão ou as chamadas adquirentes. O pagamento é feito por um equipamento eletrônico chamado nesse mercado de terminal. É responsabilidade das adquirentes a entrega desse equipamento no cliente, sejam eles adquiridos por compra ou aluguel. Para o segundo caso, também é responsabilidade da adquirente o recolhimento do terminal quando o estabelecimento opta por cancelar o serviço, ou quando, ele apresenta alguma falha. Os terminais retornados são então reparados quando possível ou descartados quando o reparo é maior que a compra de um novo, esse valor é determinado pela quantidade de vezes que ele retornou à cadeia. A proposta desse trabalho é desenvolver um modelo através da análise de confiabilidade dos terminais pela “Curva da Banheira”, e encontrar a taxa de falha por idade dos terminais, o que possibilitará a determinação de sua vida útil e o momento ideal de sua obsolescência, através da viabilidade econômica do reparo, só que agora, pela idade do terminal.

ABSTRACT

The objective of this work is to develop a model that determines the useful life of an equipment and, consequently, the time when it must be withdrawn, in a closed loop supply chain, for card payment companies also called cardholders. Payment is made by an electronic equipment called terminal. It is the responsibility of the cardholders to deliver this equipment to the customer, acquired by purchase or rent. For the second case, it is also the responsibility of the cardholders to collect the terminal when the establishment chooses to cancel the service, or when it has a failure. The returned terminals are then repaired when possible or discarded when the repair is more expensive than the purchase of a new, this value is determined by the number of times it has returned to the chain. The proposal of this work is to develop a model through the analysis of reliability of the terminals by the "Bathtub Curve", and to find the failure rate by age of the terminals, which will allow the determination of their useful life and the ideal moment of their obsolescence, through the economic viability of repair, but now, by the age of the terminal.

1. INTRODUÇÃO

As empresas de pagamentos de cartão, chamados de adquirência, fazem parte de um mercado muito promissor, e em constante crescimento. Isso é comprovado com o surgimento de muitas startups nesse setor. A diferença entre essas e as adquirentes há mais tempo no mercado, é que geralmente as antigas trabalham com o respaldo de um banco, sendo ele responsável pela emissão do cartão, injetor de capital e a possibilidade de vendas de serviços “casados”, exemplo terminal mais benefícios bancários.

A adquirente é o intermediador entre o cliente e o estabelecimento. Essa intermediação é feita através de um equipamento chamado nesse mercado de terminal, sendo ele responsável pela captura de transação através de cartão de débito e crédito.

Os terminais são adquiridos pelos estabelecimentos comerciais através de pagamento de aluguel, onde o adquirente é responsável pelo ativo e sua manutenção no cliente, ou por compra, onde o ativo passa a ser responsabilidade do cliente/estabelecimento comercial, e, portanto, a manutenção não é mais responsabilidade do adquirente.

No primeiro caso, dado que o terminal é um ativo da empresa, quando um cliente desiste do equipamento ou quando ele apresenta alguma falha, é responsabilidade do adquirente fazer a coleta, chamado de desinstalação, ou fazer a troca por um equipamento que não apresente falha e conseqüentemente a manutenção do que falhou, sendo esse processo chamado de troca.

Dessa maneira, a caracterização da cadeia de suprimentos logística das adquirentes que alugam os terminais é representada pela de suprimentos de laço fechado, pois possui a logística direta (entrega de terminais) e a reversa (coleta ou troca dos terminais). Tais equipamentos regressam para que sejam enviados a reparos, ou descartados por conta de inviabilidade econômica para o reparo.

A identificação da obsolescência por inviabilidade econômica do reparo é feita apenas no momento em que o mesmo retorna ao centro de distribuição e o número de vezes que retornou independente de sua idade. Dessa forma, não há hoje um modelo que representa a idade dos terminais na cadeia, e nem o MTBF (*Mean Time Between Failures*) por idade. Além disso, o lead time de entrega de um novo terminal é de pelo menos 90 dias. Portanto, a compra de novos terminais precisa ser muito bem planejada, a fim, de evitar rupturas na cadeia.

Diante desse cenário, coloca-se a questão de pesquisa do trabalho, como desenvolver um modelo para determinação de vida útil ou obsolescência por idade para empresas do mercado de adquirentes.

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo que determine a vida útil de um produto eletrônico, e por consequência, determine o momento de obsolescência desse produto pela idade e a inviabilidade econômica do reparo, em uma cadeia de suprimentos de laço fechado, ou seja, em uma cadeia onde os produtos são reparados e reintroduzidos novamente à cadeia,

usando métodos estatísticos e aplicando o conceito da Confiabilidade para obter a “Curva da Banheira” através da taxa de falha por idade do produto.

1.2.Oportunidade/Justificativa

Segundo Avoleta (2013) a vantagem competitiva de uma cadeia de suprimentos está em seu gerenciamento, e em uma cadeia de laço fechado esse gerenciamento é ainda mais desafiador, pois acontece nos dois sentidos de movimentação de materiais – o fluxo direto e o fluxo reverso.

Esse processo de retorno gera impacto na gestão da cadeia, pois os produtos, enquanto retornam, garantem a continuidade do processo de abastecimento e de suprimento. Os produtos em seu fim de vida útil, quando reintroduzidos à cadeia, provocam uma queda em seu MTBF, que por sua vez gera um impacto no nível de serviço e no suprimento da cadeia, pois o produto retorna antes do prazo esperado.

Atualmente os meios de pagamentos mais utilizados são os cartões de débito e crédito, e, portanto, o custo da falta, no mercado de aquisição de meios de pagamentos, está relacionado diretamente com a sua receita, que fatura por transação realizada. Dessa forma, um terminal que não transaciona ou que possui alguma dificuldade para a mesma, além de impactar o faturamento de ambos os lados (adquirente e cliente/estabelecimento) pela venda não realizada, pode também impactar no nível de serviço do estabelecimento, e na imagem de seu cliente. Para a cadeia de suprimento, o impacto, além de todos os citados, reflete também na fluidez e no custo de seu processo. Na fluidez porque o processo de abastecimento pode sofrer ruptura, e no custo porque o reparo dos terminais com foco em sua reintrodução à cadeia pode ser inviável economicamente.

Portanto, diante de tantas variáveis que afetam o *trade-off* entre a compra de um terminal e seu reparo no mercado de adquirente, a proposição de uma metodologia para determinar a vida útil de um terminal, e por consequência o momento de sua obsolescência, além de ser desafiadora contribuirá para o melhor desempenho da cadeia associada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

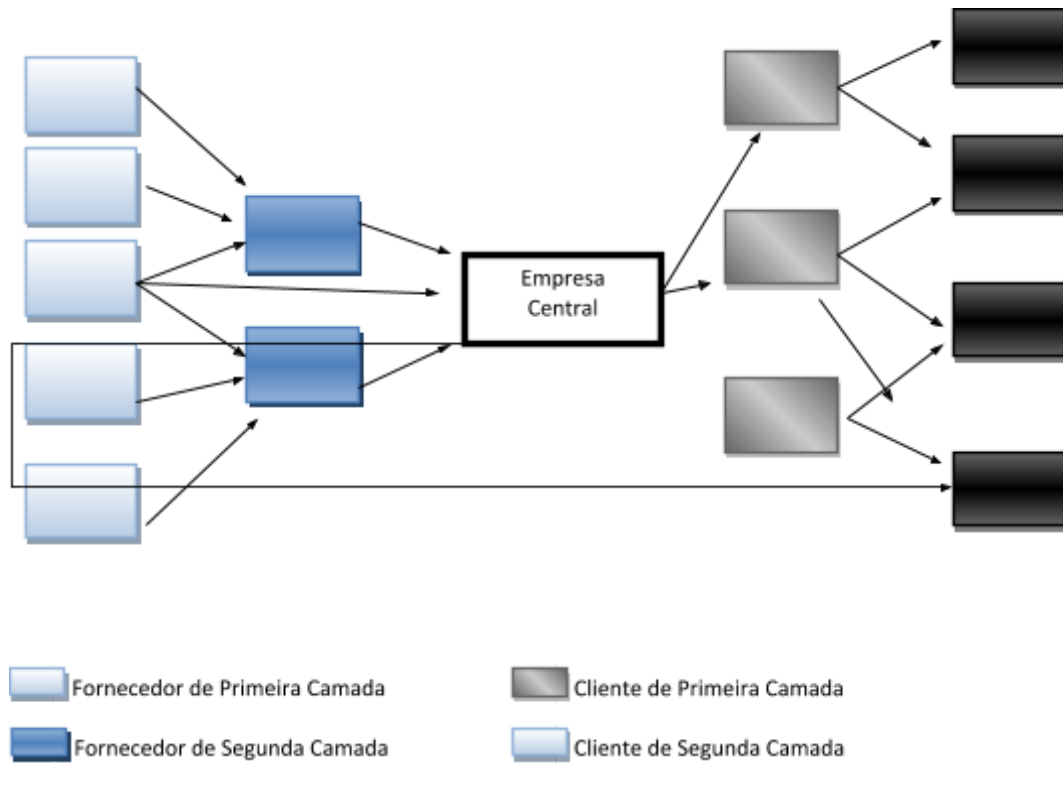
2.1.Cadeia de suprimentos

Segundo Parra (2000), a competição entre as empresas vem crescendo desde os anos 1990, intensificada pela globalização, que permitiu a dominação de marcas e companhias globais, sendo essas as responsáveis pelas padronizações do produto. O diferencial competitivo passou de aspectos produtivos para os serviços prestados, tais como qualidade, preço, agilidade de entrega, disponibilização do produto, nível de serviço e etc. A globalização também permitiu o distanciamento entre fornecedores e compradores, que passaram a operar a nível global de acordo com Christopher (1989).

Silva e Oliveira (2002) citam o exemplo da empresa de hardware Dell, que opera com fornecedores em diversos lugares do mundo que são lideradas pela própria Dell, chamada

nesse novo processo, de empresa central, e responsável pela sincronização do processo, caracterizando uma cadeia de suprimentos, conforme mostra a Figura 1.

Para Taylor (2005) cadeia de suprimento é um conjunto de instalações conectadas por rotas de transportes, que englobam todas as atividades envolvidas no processo, desde a obtenção de matéria-prima, até a chegada dos produtos acabados aos clientes. É constituída de todas as partes envolvidas, direta ou indiretamente, na realização do pedido de um cliente (CHOPRA et al., 2011). Portanto a cadeia é formada por elos conectados com o mesmo objetivo final.



2.2. Logística Reversa

A globalização também trouxe a conscientização em relação ao meio ambiente e a escassez dos recursos naturais, obrigando as empresas a repensarem seu processo logístico, através da destinação adequada dos seus produtos no fim de sua vida útil. O sentido da cadeia de suprimentos direta começa com a obtenção de matérias primas e acaba na entrega ao cliente final. Em uma cadeia reversa, o sentido inicial está no cliente final, e na própria cadeia o destino final, ou seja, ela caminha no sentido contrário ao da cadeia direta. Para Leite (2003) há duas principais configurações das cadeias de suprimentos reversas:

Cadeia reversa de pós-consumo: são os produtos obsoletos, e sem possibilidade de reuso, tais produtos vão virar resíduos sólidos e precisam de um destino final adequado (LEITE, 2003).

Cadeia reversa de pós-venda: são os produtos devolvidos por uma variedade de motivos, tais como término de validade, excesso em estoque, consignação, problemas de qualidade e defeito; os quais podem ser reintroduzidos na cadeia, após passarem por processos de reciclagem (LEITE, 2003), essa cadeia recebe o nome de Cadeia de Suprimentos de Laço Fechado, traduzida do inglês *Closed Loop*. Para Kleindorfer et al. (2005), o nome dessa cadeia tem relação com o fato de o produto vir na direção direta da cadeia e, em algum momento, retornar, num fluxo reverso, e, após passar por algum tipo de processamento, retornar novamente à cadeia no fluxo direto, fechando, assim, um fluxo cíclico.

A diferença entre as cadeias citadas acima, não está no sentido do caminho do retorno, mas sim, no processamento final do produto. Na cadeia reversa de pós-venda é possível a reintrodução do produto à cadeia de suprimentos, ou seja, é possível esse produto chegar novamente a um cliente final. Enquanto que a de pós-consumo, o produto já está em sua fase final de vida útil, precisa apenas de um destino final adequado.

Assim como a cadeia de suprimentos direta, a cadeia reversa também precisa de bom planejamento e controle do seu fluxo, porém no sentido reverso, feito pela logística, agora chamada de logística reversa.

2.3. Definições e objetivos do estoque

Com a redução do nível de diferenciação entre os produtos concorrentes, a decisão de compra por parte do cliente passou a ser influenciada não só pela relação entre o valor percebido do produto e seu preço, mas também pela comparação entre a qualidade do serviço oferecido, e o custo desse serviço para o cliente (FIGUEIREDO, 2002) e, talvez o mais importante atualmente, os menores prazos relacionados à entrega (CHRISTOPHER, 1997).

O mercado em constante evolução reduziu o nível do ciclo de vida do produto e conseqüentemente afetou a sua previsão de demanda, que passou a ser probabilística e suscetível a erros (CHRISTOPHER e BRAITHWAITE, 1989), podendo resultar na indisponibilidade de produto no mercado, afetando o seu nível de serviço, e obrigando as empresas armazenarem produtos, ou em outras palavras, fazerem estoque.

Para Braga et al. (2010) o estoque é um conjunto de bens físicos acumulados pela empresa e tratados como ativos, pois é fruto de seu investimento e, portanto, possuem valor agregado.

Embora o estoque seja formado por ativos com teor físico quando comercializados tornam-se ativos financeiros através da receita gerada. Portanto, o estoque pode ser considerado segundo Ballou (2001) o pulmão de uma empresa, por ser capaz de gerar receita. Ao mesmo tempo em que traz benefícios, através da acessibilidade dos produtos demandados, pode trazer prejuízos quando a demanda é menor que a oferta, ocasionando capital parado.

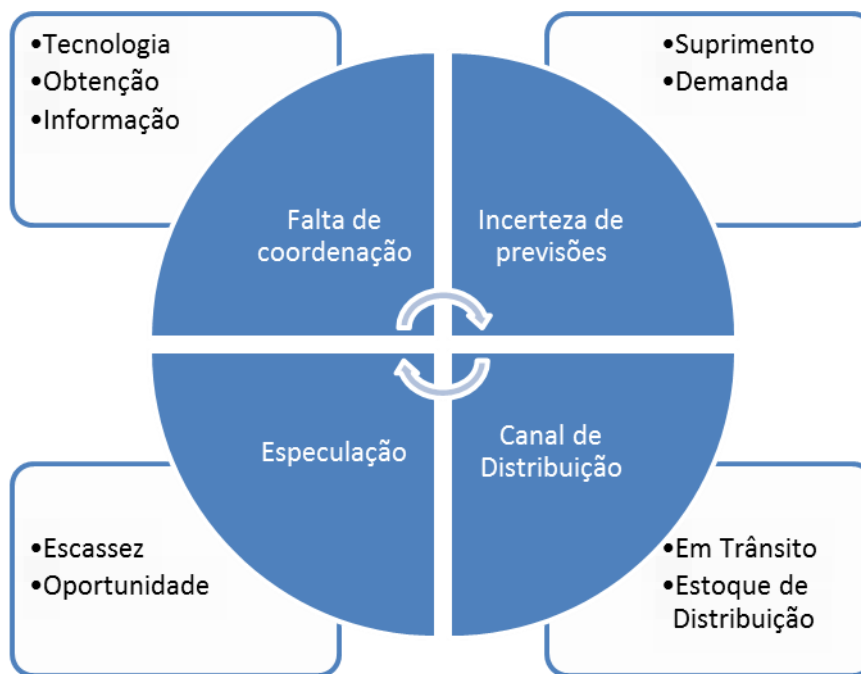


Figura 2-Principais motivos para o surgimento dos estoques
 Fonte: Corrêa (2010)

2.4. Confiabilidade em Manutenção e a Curva da banheira

O conceito de confiabilidade é empregado em vários campos de conhecimento, inclusive na gestão da manutenção, chamada de manutenção centrada na confiabilidade, em inglês, *reliability-centered maintenance* – RCM. Segundo Fogliatto (2009) a confiabilidade em manutenção está associada à operação bem sucedida de um produto ou sistema, em outras palavras à ausência de falhas ou quebras no decorrer da operacionalização do produto ou sistema. Segundo a norma brasileira NBR 5462-1994, confiabilidade de um item é a probabilidade desse item desempenhar suas funções requeridas de acordo com as definições de uso, por um determinado tempo.

O conceito de confiabilidade em manutenção foi introduzido na década de 1950, descrita no livro de Nowlan e Heap, nos Estados Unidos da América, através da certificação de operação do primeiro Boeing 747-100 comercial, pela *Federal Aviation Administration*, onde foi possível reorientar os procedimentos de manutenção (MOUBRAY, 1996).

Barros e Lima (2011) definem que a principal meta da RCM é identificar para cada equipamento ou sistema os modos de falhas e suas consequências, determinar a técnica adequada de manutenção com o melhor custo-benefício a fim de minimizar os riscos e impactos de falha.

Dentre os elementos mais comuns para análise da RCM de um sistema ou equipamentos, Sellitto (2005) destaca três principais: a função de confiabilidade $R(t)$; a função de risco $h(t)$ e os tempos médio entre falhas (MTBF - *Mean Time Between Failure*).

O MTBF é definido como o resultado entre o tempo total de disponibilidade do equipamento para a operação e o número de intervenções corretivas ocorridas nesse período, representada pela equação (1) (CARNAÚBA E SELLITTO,2013).

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n TBF}{n}$$

Onde TBF é o tempo entre falhas e n é o número de observações, o gráfico abaixo representa de forma ilustrativa o conceito do cálculo do MTBF.

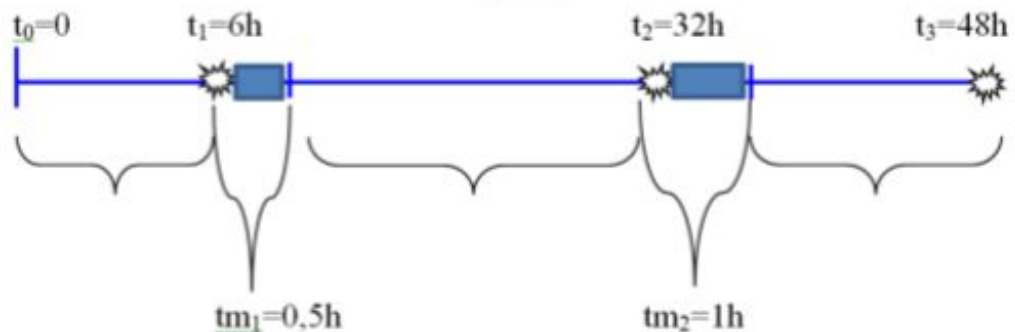




Figura 3 – Observações do TBF para a determinação do MTBF

Fonte: Prado, F. (2014)

 é o tempo em que a falha ocorreu

 é o tempo em que a manutenção é efetuada

$\frac{T_{m1}}{T_{m2}}$ é o tempo efetivo de manutenção

O MTBF pode ser calculado da seguinte forma:

Tempo entre o início e o 1º defeito ($\Delta d1$)= 6h

Tempo entre a 1º e a 2º defeito ($\Delta d2$)= 32h – 6,5h = 25,5h

Tempo entre a 2º a 3º defeito ($\Delta d3$)= 48h – 33h = 15h

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n TBF}{n} = \frac{6+25,5+15}{3} = 15,5 \text{ h}$$

Segundo Guardia (2014) o MTBF também serve como parâmetro para a definição do tempo de vida útil de um ativo. Segundo o mesmo autor, se um equipamento sofrer uma falha irreparável, ele chegou ao seu fim de vida útil, a idade da falha será calculada através da data de baixa desse ativo. Na literatura existem muitos modelos quantitativos para a definição de fim de vida útil de um equipamento ou sistema. Eles estão agrupados de acordo com o método

utilizado, os quais aumentam sua complexidade conforme a intensidade dos dados: modelos com base no conhecimento (fuzzy e expert systems), modelos estocásticos ou estatísticos, modelos de redes neurais artificiais e modelos físicos (SIKORSKA, HODKIEWICZ e MA, 2011).

Nos modelos estatísticos é possível determinar a expectativa de vida de uma população através de uma função paramétrica, se o tempo de vida observada seguir uma distribuição normal, ela terá a média e o desvio padrão como parâmetros para a definição do intervalo de vida da população (GUARDIA, 2014). Porém, para melhor representação da realidade da população, é necessário utilizar a distribuição que mais se adequa à população observada, que são as funções não paramétricas acrescidas da função de taxa de falhas, que representam a curva da banheira.

A curva da banheira, segundo Carnáuba e Sellitto (2013) é um importante recurso gráfico que representa a evolução de um equipamento ou sistema ao longo de seu ciclo de vida, conforme a Figura 4. É possível, através da curva da banheira identificar o período de vida útil de um equipamento ou sistema, que segundo Hnatek (2003) são três:

- i) Período da mortalidade infantil ou falhas prematuras
- ii) Período de vida útil ou maturidade
- iii) Período de envelhecimento ou mortalidade senil



Figura 4 - Curva da Banheira
Fonte: Sellitto (2005)

Os três períodos representado pela Curva da Banheira são determinados pela variação da taxa de falhas (λ) em função do tempo. A primeira fase, chamada de mortalidade infantil, apresenta taxas de falhas decrescentes e entende-se que os erros estão relacionados a erros

imatuross tais como: falta de habilidade operacional, erro de projetos, de fabricação, observa-se poucas variações na taxa de falhas e as mesmas são decrescentes. Na segunda fase, chamada de período de vida útil, observa-se pouca variação na taxa de falha e entende-se que o equipamento ou o sistema está maduro em sua funcionalidade, e espera-se que as falhas nesse caso sejam causadas por fatores aleatórios e externos. E, por último, a fase chamada de período de envelhecimento, apresenta taxas de falhas crescentes, indicando a mortalidade senil ou o fim de vida útil do equipamento ou do sistema.

2.4.1. Modelos probabilísticos usados em confiabilidade

Para determinarem qual fase do ciclo de vida o equipamento se encontra, é necessário obter modelos probabilísticos, que determinem os tempos entre falhas, sendo esta, a variável aleatória, do tipo contínua não negativa (BILLINTON e ALLAN, 1983). Os modelos de distribuição de probabilidade mais usuais em confiabilidade são os modelos: Exponencial, Gama e de Weibull (MACHADO e ANDRADE, 2013). As funções esperadas nestas distribuições são distribuição acumulada $F(t)$, a função de densidade de probabilidade $f(t)$ que é interpretada como a probabilidade de falha no tempo t , a taxa de falha $\lambda(t)$ que descreve a frequência instantânea da falha, a taxa de falha acumulada $H(t)$ e a Vida Útil Remanescente $\mu(t)$ (GUARDIA, 2014).

A tabela abaixo apresenta um resumo das principais distribuições usadas na confiabilidade em manutenção.

Tabela 1 - Resumo das Principais Distribuições

Distribuição	Característica	$f(t)$ – Função densidade de probabilidade	$R(t)$ – Confiabilidade no tempo t	MTBF – Tempo médio entre falhas	$\lambda(t)$ - taxa de falhas em um tempo t
Exponencial	Sistema com taxas constantes.	$\{\sigma e^{-\sigma x} \text{ para } x \geq 0 \quad \text{para}$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{\lambda}$	λ
Gama	Generalização da distribuição Exponencial que pode ser utilizada para testes de vida do componente ou equipamento.	$\frac{\lambda}{\Gamma(\gamma)} \lambda t^{\gamma-1} e^{-\lambda t}$	$\frac{\lambda}{\Gamma(\gamma)} \int_0^{\lambda t} x^{\gamma-1} e^{-x} dx$	$\frac{\gamma}{\lambda}$	$\frac{f(t)}{R(t)}$
Weibull	Flexibilidade e capacidade de representação de amostras com comportamentos distintos;	$1 - e^{-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^\beta} \cdot 100\%$	$e^{-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^\beta} \cdot 100\%$	$t_0 + \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)$	$\frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^{\beta-1}$

A distribuição de Weibull é a mais utilizada na confiabilidade em manutenção, pois fornece informações mais precisas sobre a distribuição de falhas e consequentemente, o melhor indicador na seleção das intervenções preventivas (BARROS E LIMA, 2011). Sua importância se deve à flexibilidade e capacidade de representação de amostras de tempos até a

falha com comportamentos distintos, além de poder ser usada em pequenas amostras (FOGLIATTO e RIBEIRO,2009). É ela também, que melhor explica as etapas da Curva da Banheira através dos valores de β , conforme Figura 5:

- Para $\beta < 1$ o equipamento ou sistema apresenta taxas de falhas decrescentes, e, portanto, encontra-se na fase de mortalidade infantil;
- Para $\beta = 1$ equipamento ou sistema apresenta taxa de falha aproximadamente constante e, portanto, encontra-se na fase de maturidade;
Para $\beta > 1$ o equipamento ou sistema apresenta taxas de falhas crescentes, e, portanto, encontram-se na fase de mortalidade senil. Esta fase pode ser classificada em duas: i) Quando $1 < \beta < 4$ observa-se o início do período de envelhecimento ou envelhecimento prematuro e ii) $\beta > 4$ constatam-se falhas por desgaste e fim de vida útil (GUARDIA,2014)

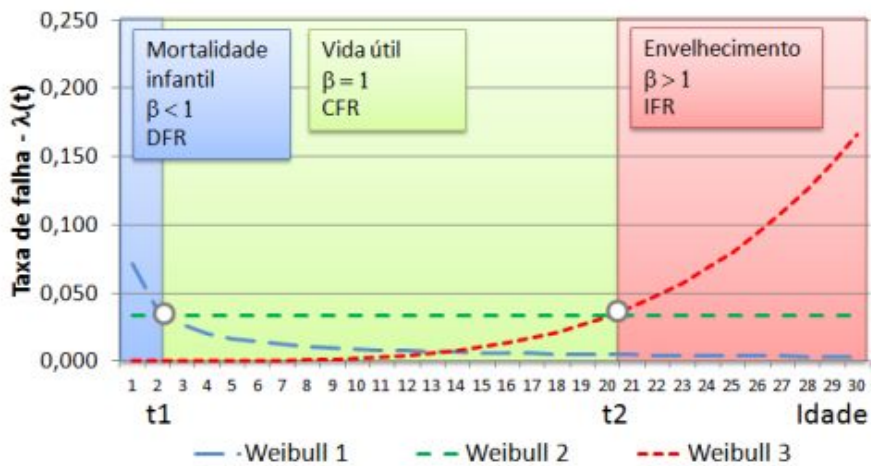


Figura 5 - Curva da Banheira pela Distribuição Weibull

Fonte: Guardia 2014

3. MÉTODO

O método desenvolvido para determinar a vida útil de um ativo ou o momento de sua obsolescência foi dividido em três etapas: i) Identificação do Problema e Metodologia, ii) Preparação e Coleta dos dados de entrada e iii) Definição da vida útil de um ativo pela curva da banheira, todas as sub-etapas de cada uma dessas etapas são representadas pela figura 6, e em seguida serão apresentadas as descrições detalhadas das mesmas.

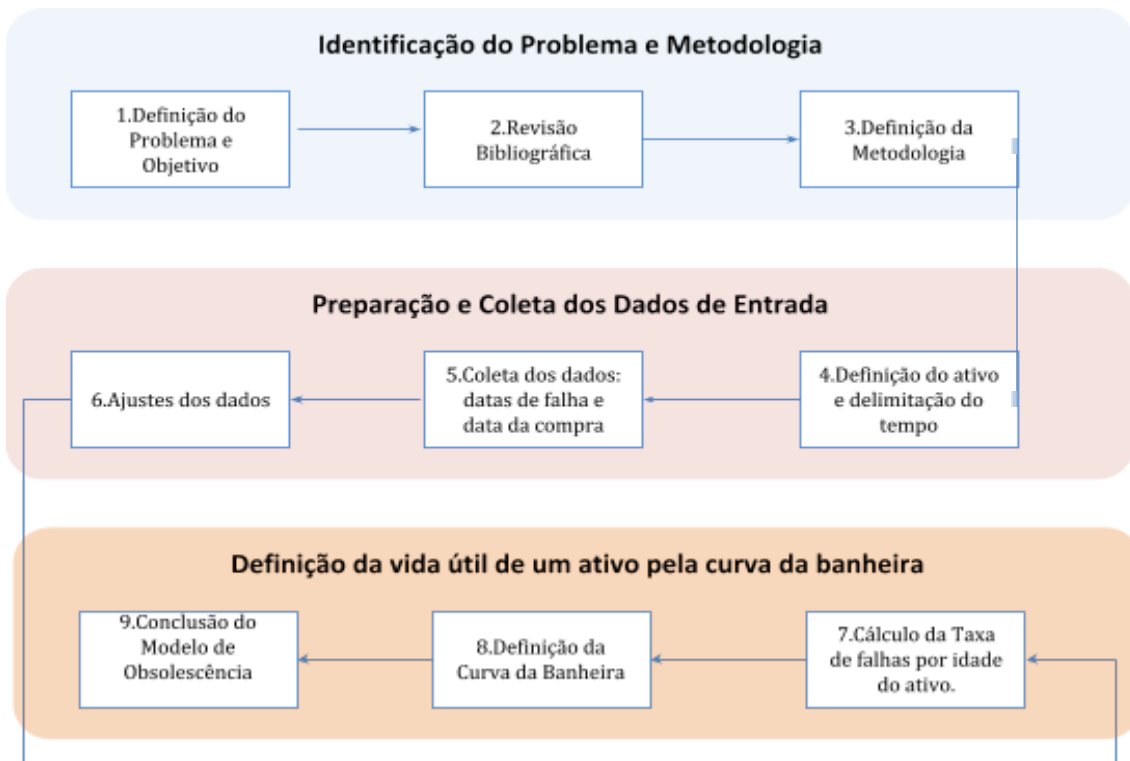


Figura 6 – Fluxo da Metodologia

Os dados foram construídos com a ajuda do software SAS, que permite uma melhor manipulação de grandes quantidades de dados, além, de cruzamentos entre inúmeras tabelas. Para análise dos dados usou-se os softwares MATLAB, PROCONF e EXCEL.

3.1. Dados de entrada

O evento a ser identificado nesse modelo é a taxa de falha de um equipamento. Primeiro é preciso identificar as variáveis que serão usadas no modelo, e então coletar e organizar esses dados. Algumas variáveis utilizadas para esse trabalho estão descritas abaixo:

- Data de compra (ou data da fabricação ou data de entrada do ativo no estoque);
- Datas e/ou data da falha de cada ativo analisado
- Número de equipamentos por tempo de falha;

Após a coleta de dados seguiu-se o fluxo da Figura abaixo.



Figura 7 - Etapa de coleta de dados
Fonte: Avoleta,2013

- 1) **Tratamento de dados:** Nessa etapa são feitas todas as análises relevante das informações levantadas em cada variável, como a estatística descritiva dos dados: média, desvios, máximos, mínimos, etc. Para essa etapa utilizou-se do recurso de estatística descritiva do Excel e do SAS.
- 2) **Verificação dos dados:** É nessa etapa onde se encontram, se houver, as inconsistências dos dados, ou seus *outliers*. Um dos recursos usados para esse identificação é o gráfico *Box Plots* ou o método de *Inter-Quartil* (IQR) que é a diferença entre o primeiro quartil e o terceiro multiplicado por um fator (Arozo,2002). Para essa etapa utilizou-se de recursos computacionais do Excel e do SAS.
- 3) **Inferência Estatística:** Essa etapa pode ser chamada também de identificação do modelo de distribuição para a identificação das propriedades da população, para os

casos de manutenção as principais distribuições são: Weibull, Lognormal, Exponencial, Normal. Para essa identificação usou-se os softwares PROCONF E MATLAB.

3.1.1. MTBF e Modelo de Vida Útil

O MTBF é a diferença entre o momento que um ativo foi instalado até o momento em que aconteceu alguma falha, ou seja, corresponde ao tempo até a falha. A Figura 8 exemplifica esse modelo em uma rede de transformadores instalados respectivamente em 2005, 2003 e 2007 e a data da falha 2014 com TBF de 10, 12 e 8 anos respectivamente e um TBF médio de 10 anos (Guardia, 2014).

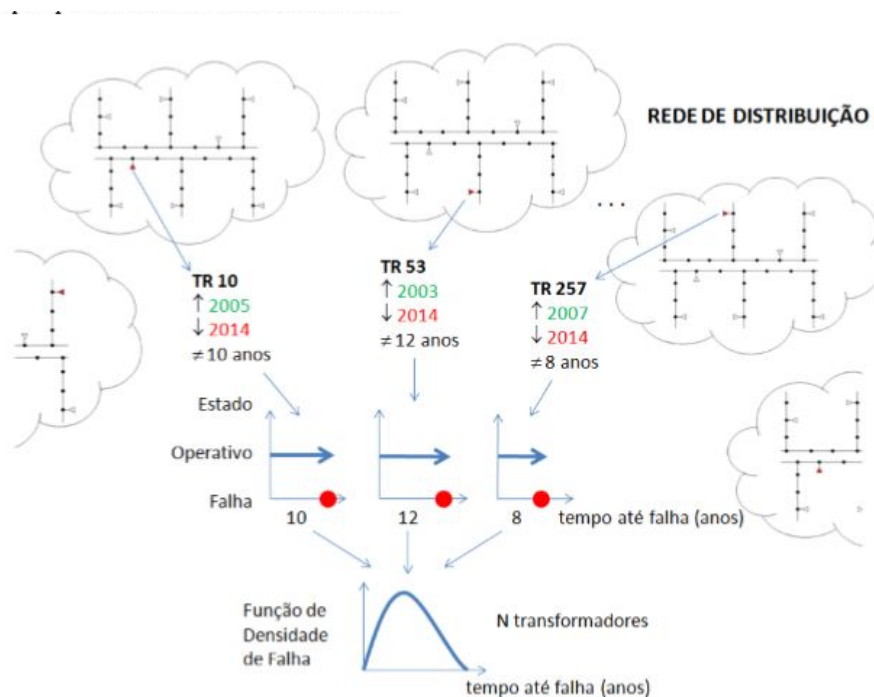


Figura 8- Visualização do Modelo do MTBF
Fonte: Guardia, 2014

Através desse modelo é possível determinar a função de densidade de falha que geralmente é ajustada pela Normal ou *Weibull* (Guardia, 2014), em outras palavras é a probabilidade do equipamento falhar em determinado tempo. Segundo o mesmo autor, é importante não confundir falhas com término de vida útil, chamado de MTV – Modelo de Tempo de Vida (Guardia, 2014).

O MTV é representado pela somatória entre a diferença da data de fabricação e/ou data da ativação de um ativo e o momento da falha ou a data em que o ativo deixa de entrar em circulação na cadeia, ou seja, quando chegou a seu fim de vida útil, conforme exemplo da Figura 9, onde é possível observar que a função de taxa de falha pela idade pode ser representada pela curva da banheira.

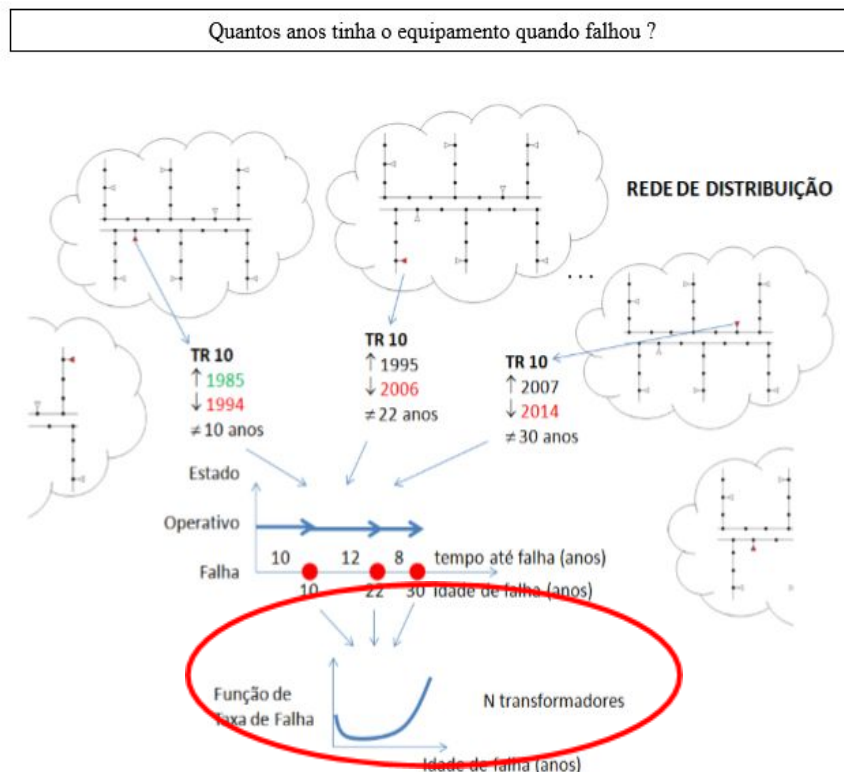


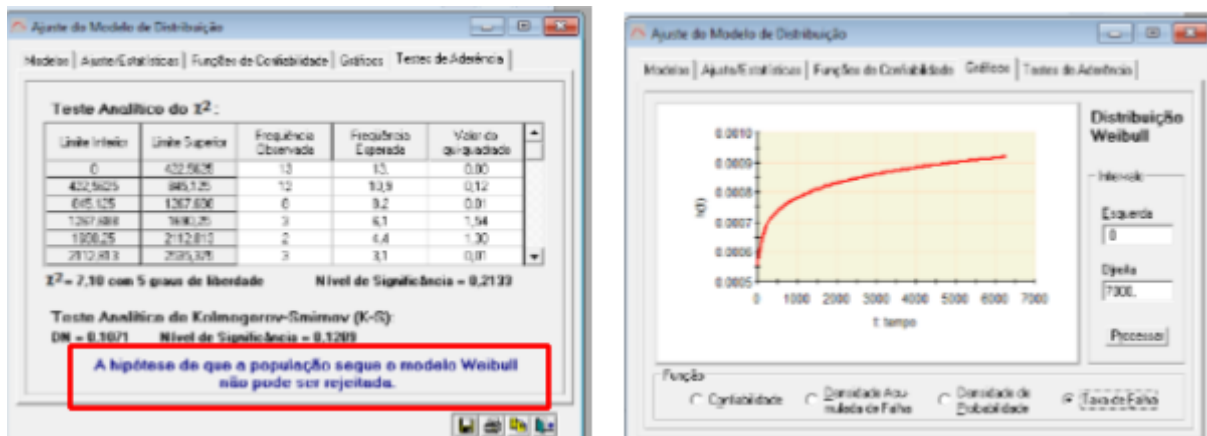
Figura 9- Modelo de Vida Útil (MTV)
Fonte: Guardia,2014

3.2. Definição da vida útil de um ativo

Segundo Guardia (2014), na área de confiabilidade, o período de vida útil do equipamento, é definido como o período de tempo onde a taxa de falha é constante. A idade onde a taxa de falha começa a crescer e ultrapassa a taxa constante padrão marca o limite da vida útil. Comparando a curva da banheira, a vida útil é quando $\beta = 1$, o ativo começa a ficar obsoleto quando $\beta > 1$, representado na curva da banheira como a fase de envelhecimento e/ou senioridade e/ou desgaste.

Dessa forma, a análise se concentrará nesses dois períodos, ou seja, de vida útil e de envelhecimento. Para isso é necessários que os dados sigam a distribuição de *Weibull*. E a análise da distribuição será feita com a ajuda do PROCONF que possui um recurso chamado de Ajuste da distribuição, que tem como resultados: funções de confiabilidade, gráficos e teste de aderência usando o método de *Kalmogorov – Smirnov*. Com esse software é possível

também determinar a inclinação que o ativo representa na curva da banheira. Exemplo desse recurso é apresentado na figura 10.



O MATLAB possui um recurso específico para confiabilidade e sobrevivência, nele é possível verificar a probabilidade de até 4 distribuições de uma única vez e os resultados do teste de aderência pelo método de Anderson-Darling, conforme Figura abaixo. O MATLAB também possui recursos para análise da distribuição paramétrica e não paramétrica, curva de crescimento, análise garantia, identificação da curva da banheira, etc.

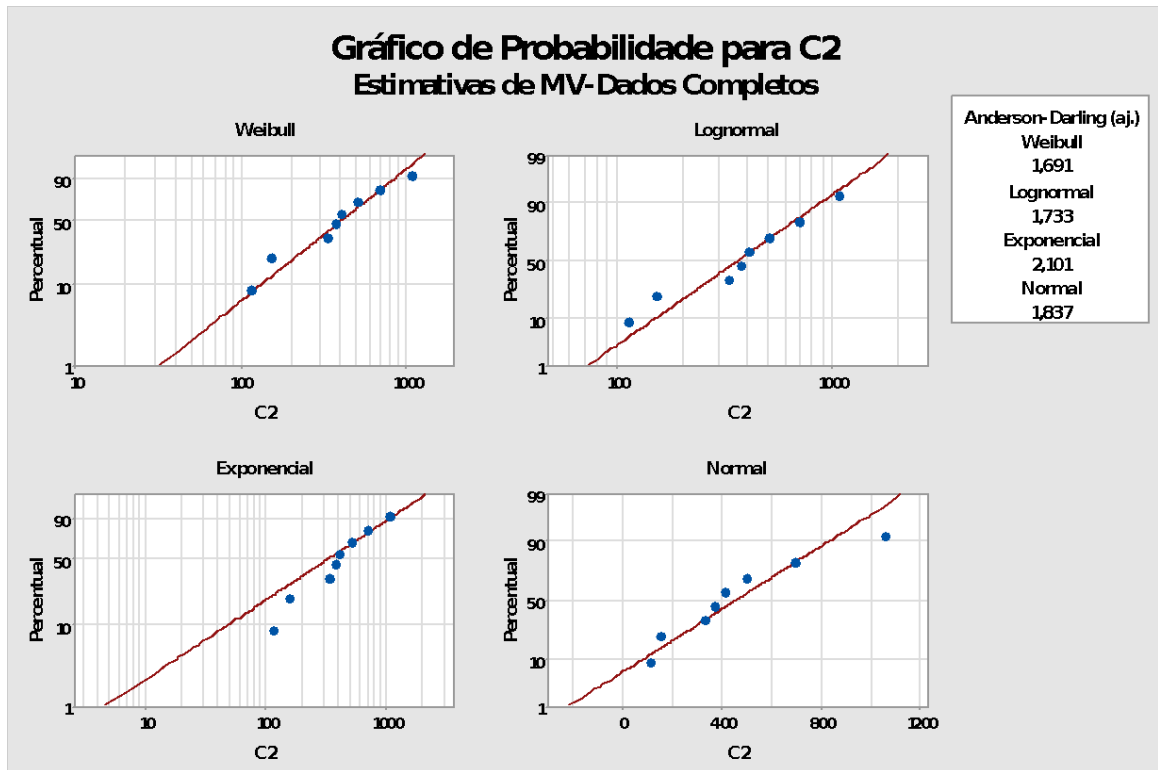


Figura 11 - Distribuição de probabilidade – Minitab

Outro recurso que possibilita a representação da curva da banheira é o EXCEL, ele é um software livre e com recursos que permitem a identificação da mesma, através do gráfico de dispersão, conforme abaixo.

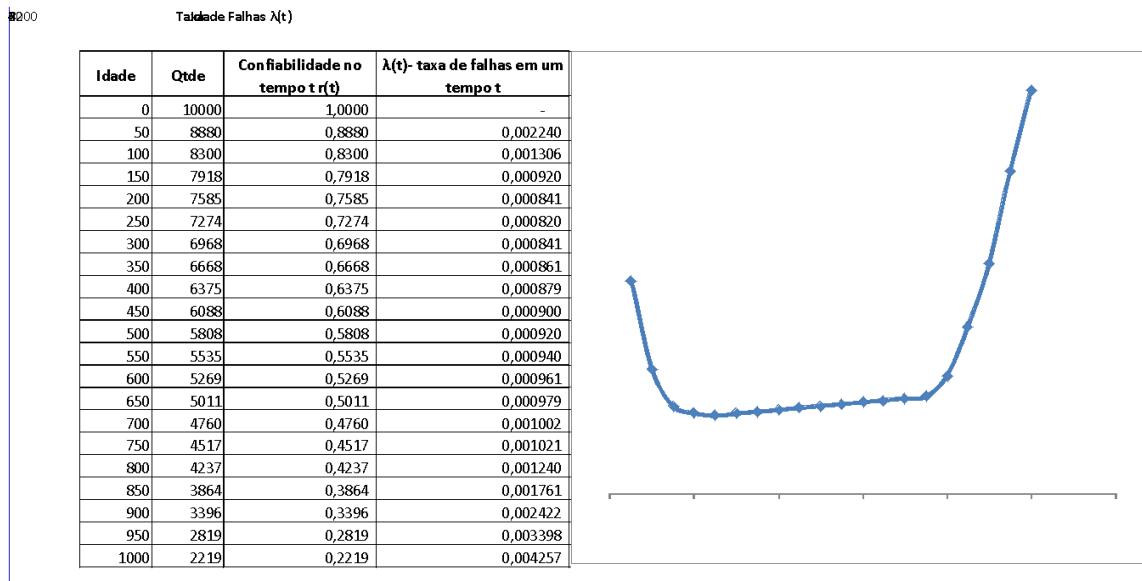


Figura 12- Curva da banheira no excel

4. APLICAÇÃO

Este capítulo tem como principal objetivo testar a aplicabilidade do método proposto e discutir seus resultados. Para a aplicação prática, utilizou-se uma empresa do mercado de aquisição de cartões. A fim de manter a confiabilidade dos dados e o sigilo dos mesmos, alguns deles foram descaracterizados ou alterados quando apresentados. A seguir serão apresentados as etapas de desenvolvimento e os resultados do modelo proposto.

4.1.O mercado de aquisição e Produtos

As empresas de aquisição são responsáveis pela liquidação financeira das transações através dos cartões de crédito e débito. O Brasil possui o maior mercado de adquirentes da América Latina, em 2012 foram R\$ 690 bilhões em vendas com cartão (Kelleher,2016).

As transações são feitas através de máquinas de cartão, que são dispositivos eletrônicos que transmitem e emitem dados financeiros. Que podem ser fornecidas por aluguel ou compra através de uma adquirente. Atualmente, no mercado existem diferentes máquinas de cartão. Vale ressaltar que a empresa que produz a máquina não é um adquirente e, que por sua vez, também não é a bandeira do cartão (exemplo master card e visa), como mostra a figura abaixo.

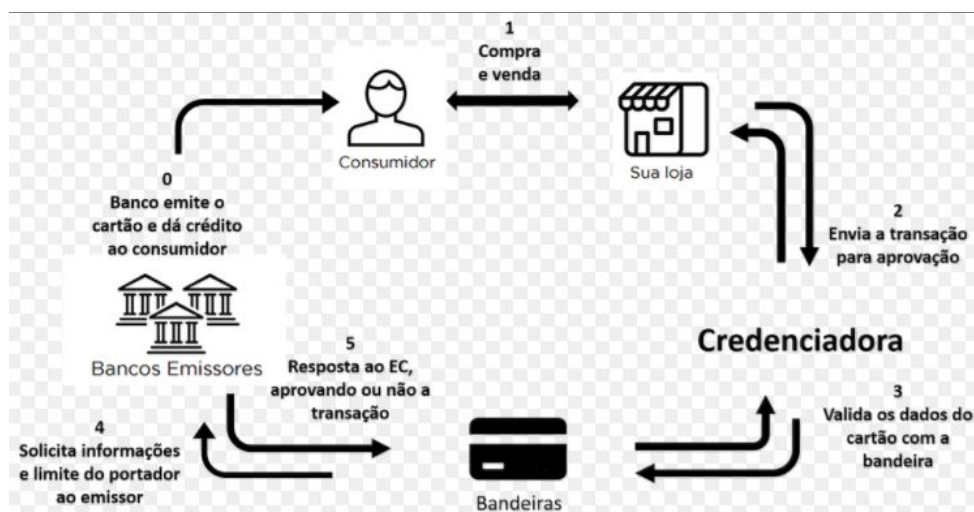


Figura 13- Liquidação Financeira
Fonte: <http://www.abipag.com.br/>

Atualmente no mercado existem diversos modelos de máquinas de cartão, que se diferem quanto aos softwares, hardwares, tipo de conexão, etc. Entre os principais modelos estão: i) POS: são máquinas portáteis que se conectam através de uma rede de Wireless, ii) POO: parecidas com o POS porém, sua conexão é através de chips de celular, ou seja, funcionam pela rede de dados das operadoras de telefonia, iii) TEF: essas máquinas são parecidas com o POS em conexão, porém, ela é vinculada diretamente ao software do prestador de serviço, as máquinas de supermercados são exemplos dessa tecnologia, iv) Mobile: é um dos últimos modelos lançados, sua principal função é dar mobilidade ao prestador de serviço, por isso, sua conexão é feita por smartphone, por cabo ou tecnologia Bluetooth.



Figura 14 - Exemplos de Máquinas de Cartão

4.2. Caracterização da cadeia de suprimentos

O foco desse trabalho será na distribuição de máquinas de cartão via aluguel, a fim de manter a confiabilidade da empresa seu nome não será divulgado. Portanto, a caracterização da cadeia desse tipo de aquisição será feito de forma macro e apresentados as principais etapas, que não se diferem entre as adquirentes que prestam esse tipo de serviço: aluguel de máquinas de cartão. A cadeia logística nesse mercado pode ser chamada de Cadeia de Laço Fechado, pois ela é composta pela logística direta e a reversa, conforma Figura abaixo.

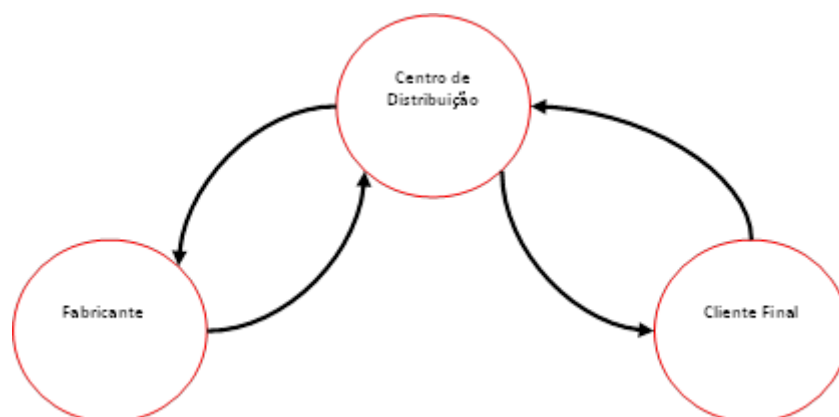


Figura 15 - Representação da cadeia de Suprimentos de uma adquirente
Fonte: Avoleta,2013

O fabricante é responsável por fornecer as máquinas quando adquiridas (logística direta) e também são responsáveis pelo reparo das mesmas quando estas retornam a cadeia do adquirente e ainda estão em seu período de garantia ou apresentam problema de *software* (logística reversa). O mesmo acontece com o adquirente representado na figura pelo centro de distribuição, ele é responsável por fornecer a máquina (logística direta) e também por retirar em caso de desinstalação, e trocar em caso de quebra (logística reversa). O foco desse trabalho será apenas no processo CD para Cliente e Cliente para CD.

Portanto, nesse sentido, a cadeia pode ser caracterizada como eficiente e ágil tanto em sua logística direta quanto na reversa. Na direta porque a falta de um equipamento reflete diretamente na receita de uma adquirente, visto que seu faturamento é por transações, e na reversa porque as máquinas, também chamadas de terminais, precisam ser reintegradas a cadeia para então serem usadas em futuros clientes, ou seja, a cadeia depende do terminal para não sofrer ruptura.

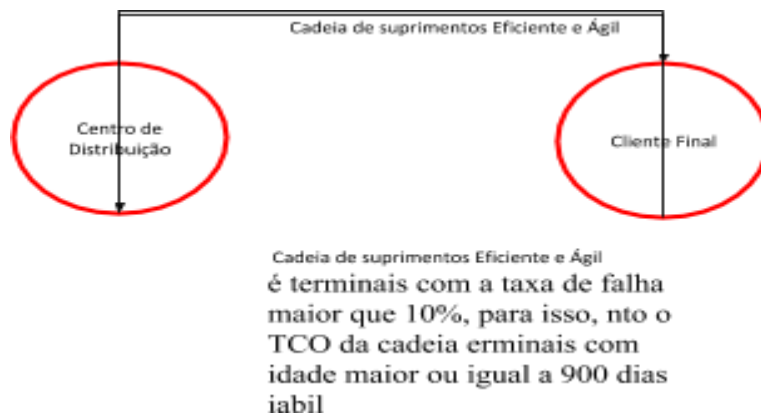
Por isso, geralmente o estoque de máquinas nesse mercado é relativamente alto, e sua justificativa se dá pelos motivos apresentados acima, mas principalmente pelo custo da falta de máquina no cliente ser muito alto comparado ao custo do estoque, além de possuir uma demanda aleatória, e o fornecimento de uma nova máquina não ser um processo trivial e seu *lead time* de entrega ser de pelo menos 90 dias. Por esses motivos, é muito importante ter um modelo que determine a Idade do Parque dos terminais, ou um Modelo que determine o momento de obsolescência dos terminais, para que esses não sejam instalados no cliente e em pouco tempo retorne a cadeia por motivo de falha.

Dentre as possíveis etapas de reprocessamento que os terminais podem sofrer dentro do CD quando retornados são:

- 1) Inspeção: verificação de suas funcionalidades, parte estética, de software, etc..
- 2) Recondicionamento: são as etapas de reparo e concertos feitas na linha de produção quando o motivo é estético e nos próprios fornecedores quando o motivo é *software*.

- 3) Descarte: caso os terminais não possam ser recuperados em suas funcionalidades, e/ou seu reparo é inviável economicamente.

Lembrando que todos os processos acima não custeados pelo próprio adquirente, ou seja, fazem parte do seu TCO - *Total Cost of Ownership*, - esse assunto será abortado mais à frente.



4.3.Preparação e Coleta dos dados

A primeira etapa antes da coleta de dados foi identificar as variáveis primordiais para o desenvolvimento do modelo. Portanto, definiu-se que o ativo a ser considerado no modelo seriam as máquinas de POO, por ter mais tempo em operação no mercado, e portanto, ser responsável por um percentual considerável da base instalada das adquirentes. O quadro abaixo apresenta as variáveis identificadas e coletadas.

Quadro 1 - Varáveis que serão usadas no modelo

Variável	Descrição	Unidade de Medida
	Data da compra dos terminais	Dias
D_{ret}	Momento no qual os terminais deram entrada no CD por motivo de reversão (ou desinstalação).	Dias
TBF	Taxa de falha ($D_{ret} - D_c$)	Dias
T_t	Total de terminais no CD por motivo de desinstalação ou reversão.	Unidade
$MTBF$	Tempo médio entre falhas	Dias
MTV	Tempo médio de vida por terminal	Dias/unidade
TCO	Custo total do processo de reintegração dos terminais	Reais

Cadeia de suprimentos Eficiente e Ágil

Centro de Distribuição

Cliente Final

Cadeia de suprimentos Eficiente e Ágil é terminais com a taxa de falha maior que 10%, para isso, nto o TCO da cadeia erminais com idade maior ou igual a 900 dias iabil

1º PASSO: COLETA DE DADOS QUANTITATIVOS

Todo conjunto de dados coletados originou-se de uma única fonte, a base de dados da empresa escolhida, e todos os processos foram construídos através do SAS, desde a construção da base, como os valores de cada variável detalhada acima, conforme exemplo abaixo.

Número do ativo	Flag de Reversa	Data da Compra	Data da Desinstalação	MVU	Cluster (100 dias)
XX1	Desinstalação	22/01/2012	25/05/2012	124	100
XX1	Troca	22/01/2012	01/10/2013	618	600
XX1	Troca	22/01/2012	04/09/2013	591	550
XX1	Desinstalação	22/01/2012	09/10/2014	991	950
XX2	Desinstalação	22/01/2012	25/05/2012	124	100
XX2	Troca	22/01/2012	01/10/2013	618	600

Agrupamento de cluster por qtde de terminais

Cluster (100 dias)	Total de Equipamentos
50	105.913
100	102.659
150	99.405
200	96.152
250	92.898
300	89.644
350	86.390

Figura 17 - Exemplo dos dados usados para o modelo

2º PASSO: TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados agrupados foram os dados finais usados para a modelagem, à estatística descritiva mostrou que se tratava de dados amodal, pois não houve repetição de dados por agrupamento, além disso, havia uma grande diferença entre o valor mínimo e o valor máximo, concluindo-se dessa forma que se trata de uma demanda sazonal. Diante desse cenário, e a fim de normalizar os dados, obteve-se um *Forecast* de retorno por agrupamento de dias, foram aplicados os modelos estatísticos clássicos usados para previsão de demanda e optou-se pelo modelo mais acurado, ou seja, o de menor erro. As previsões foram feitas pela *Forecast* do SAS e o modelo escolhido foi o de regressão linear.

O próximo passo é encontrar a melhor curva de probabilidade, para isso usou-se o PROCONF e os dados obtidos estão na tabela abaixo.

Tabela 2 - Resultado do teste de aderência

Distribuição de Probabilidade	Resultado
Weibull	Não pode ser rejeitado
Exponencial	É rejeitada
Normal	Não pode ser rejeitado
Lognormal	É rejeitada

Portanto, os dados seguem a distribuição Weibull e a curva da banheira poderá ser aplicada aos dados coletados. Com a ajuda do EXCEL foi possível encontrar a taxa de falha dos dados, desenhar a curva da banheira e observar que a partir de 900 dias ou 2,5 anos do terminal ele passa a ter um aumento em sua taxa de falha sai de 10% para 12% conforme mostra a Figura 19.

Idade em dias	Taxa de Falha	Idade dos terminais em anos	Quantidade	Confiabilidade no tempo $r(t)$	$\lambda(t)$ - taxa de falhas em um tempo t
-	-	0	351.300	1,0000	-
100	78%	0,3	77.717	0,2212	78%
200	6%	0,5	72.711	0,2070	6%
300	7%	0,8	67.705	0,1927	7%
400	7%	1,1	62.699	0,1785	7%
500	8%	1,4	57.693	0,1642	8%
600	9%	1,6	52.687	0,1500	9%
700	10%	1,9	47.681	0,1357	10%
800	10%	2,2	42.675	0,1215	10%
900	12%	2,5	37.669	0,1072	12%
1.000	13%	2,7	32.663	0,0930	13%
1.100	15%	3,0	27.658	0,0787	15%
1.200	18%	3,3	22.652	0,0645	18%
1.300	22%	3,6	17.646	0,0502	22%
1.400	28%	3,8	12.640	0,0360	28%
1.500	40%	4,1	7.634	0,0217	40%
1.600	66%	4,4	2.628	0,0075	66%

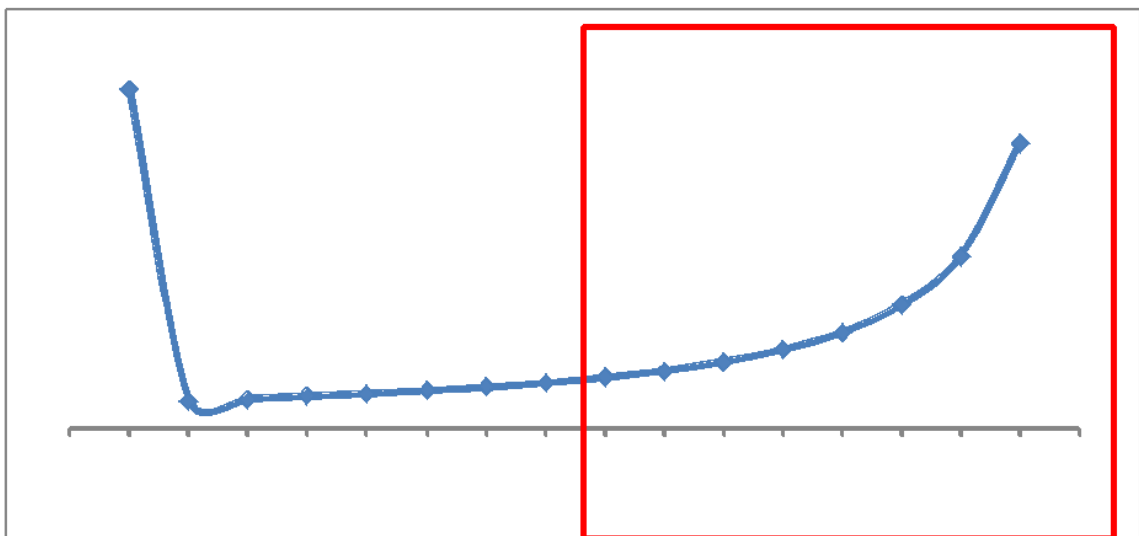


Figura 18- Taxa de Falha e a Curva da banheira

Para entender se 12% pode ser o momento de senioridade do terminal, pegou-se aleatoriamente um terminal que tenha idade superior ou igual a 900 dias e aplicou-se o modo de confiabilidade do MATLAB para encontrar β e identificar em qual fase da curva da banheira ele se encontra.

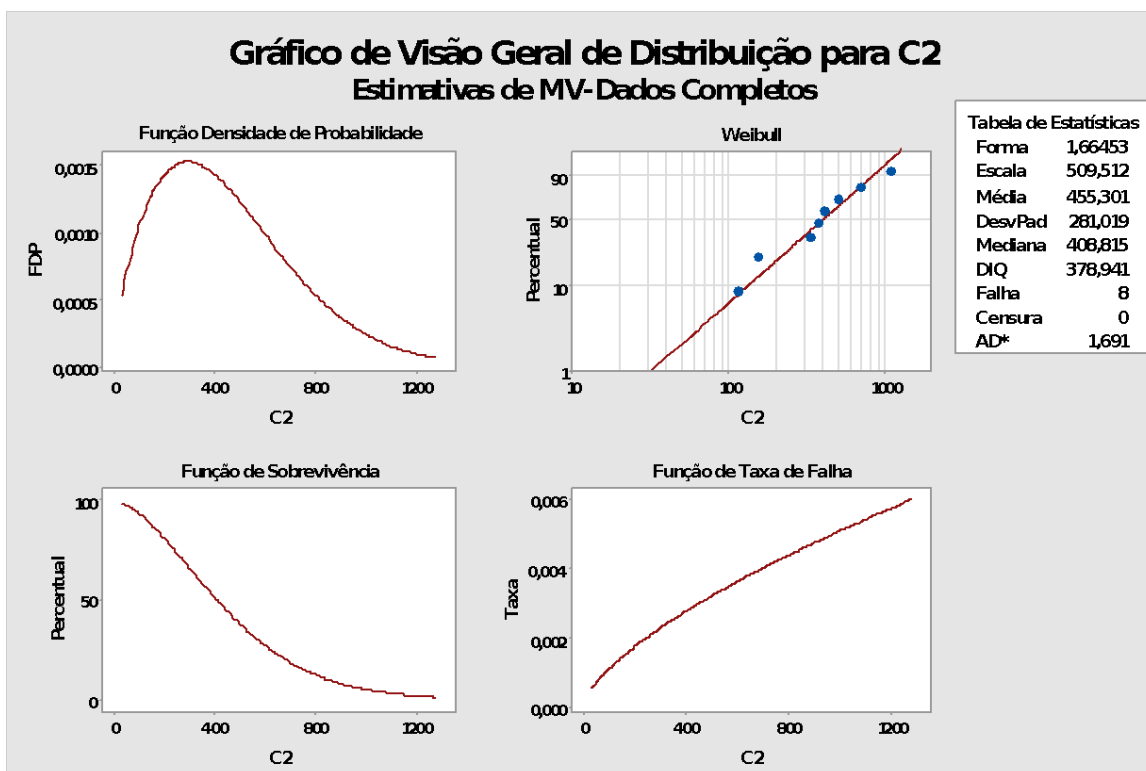


Figura 19- Resultado confiabilidade extraído do MATLAB

Portanto pode-se concluir que esse terminal está em sua fase de fim de vida útil, pois seu β é de 1,66, mas vale ressaltar que esse terminal retornou 8 vezes a cadeia, portanto além do tempo de vida útil a quantidade de vezes também é um fator determinante para sua obsolescência, porém, o foco desse trabalho é a relação idade e obsolescência e não obsolescência e quantidade de troca. A primeira conclusão é que os terminais com até 10% de taxa de falha não devem ser obsoletados, agora falta concluir os terminais com a taxa de falha maior que 10%, para isso, é necessário avaliar dois pontos 1) O MTBF desses terminais, para então calcular o custo da falta do terminal e 2) Em qual momento o TCO da cadeia é maior que a compra de um novo terminal.

O MTBF usado nessa análise será o dado pela curva da banheira, a partir de 900 dias e, para facilitar esses números serão transformados em anos, abaixo é apresentada a tabela com os custos que compõem o TCO.

Tabela 3 - Custos que compõem o TCO

Detalhes dos Custos do TCO	Valores
Custo do Atendimento	R\$ 150,00

Custo da Triagem	R\$ 120,00
Custo do laboratório (frete+ reparo)	R\$ 300,00
Custa da falta de Oportunidade	R\$ 300,00
Índice de quebra %	MTBF

Para o cálculo do TCO levou-se em conta o custo médio da aquisição de um novo terminal que é de R\$ 600,00 e também para comparação com os anos inferidos como desgaste, foi comparado à operação de um terminal no início da vida útil que é de 200 dias ou 0,5 anos e a operação de um terminal na fase anterior a de desgaste de 800 dias ou 2,2 anos. A figura abaixo apresenta os anos em destaque que foram usados para a simulação do TCO.

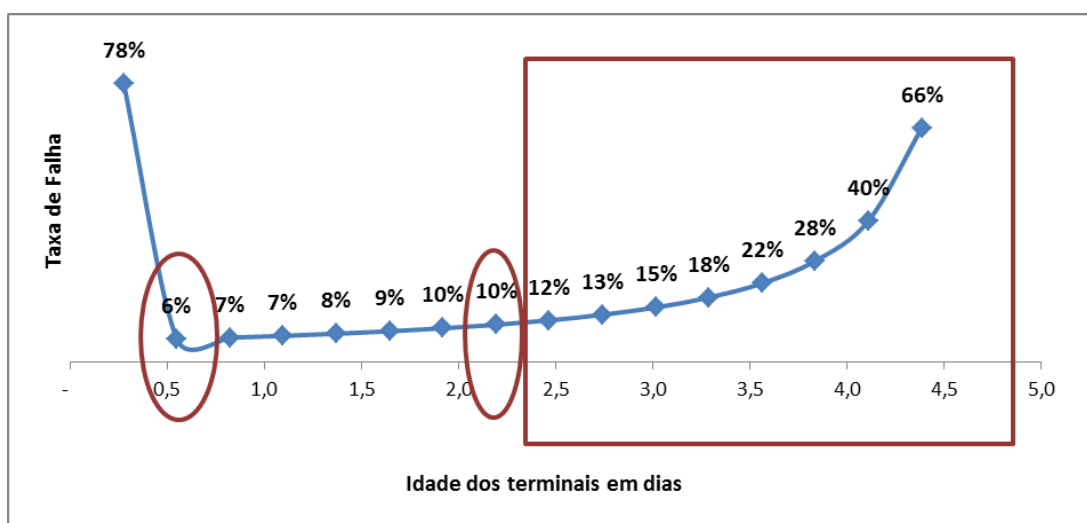


Figura 20- Identificação dos pontos simulados no TCO

O principal ponderador do TCO é o MTBF porque representa qualidade dos terminais disponibilizados na cadeia, e outro ponderador importante é o custo da falta de oportunidade, calculado pelo ticket médio de R\$ 300,00 e o SLA do serviço de 3 dias, ou seja, um terminal deixa de faturar em 3 dias uma média de R\$ 900,00 pois no momento em que ele é trocado um novo terminal o substitui. Além disso, observou-se também a representatividade da reversa por idade, para inferir o volume reversado por idade. A Tabela abaixo mostra a simulação do Custo da Falta de Oportunidade.

Tabela 4 - Cálculo do Custo da Falta de Oportunidade por Idade

Reversa Média: 70.000					
Idade (anos)	Qtde de Reversa (Re)	% Reversa	MTB F	Custo da Falta (Cf) (Re*R\$300,00*3)	Qtde de terminais quebrados (Qt) (Re * MTBF)
0,5	753	1%	6%	R\$ 40.645,16	45
2,2	1.505	2%	10%	R\$ 135.483,87	151
2,5	2.258	3%	12%	R\$ 238.390,48	265
2,7	3.763	5%	13%	R\$ 450.117,75	500
3,0	5.269	8%	15%	R\$ 726.743,12	807
3,3	6.774	10%	18%	R\$ 1.103.505,97	1.226
3,6	8.280	12%	22%	R\$ 1.646.797,03	1.830
3,8	11.290	16%	28%	R\$ 2.882.706,90	3.203
4,1	13.548	19%	40%	R\$ 4.829.294,93	5.366
4,4	16.559	24%	66%	R\$ 9.773.166,18	10.859

Pode-se observar que quanto mais velho é o terminal maior é sua representatividade na cadeia e conseqüentemente seu MTBF e logo o seu Custo da Falta. Para o cálculo do TCO serão utilizados os valores de Re, QT e o Cf será acrescentado ao TCO final. A Tabela abaixo apresenta os cálculos de forma detalhada.

Tabela 5 - Demonstração do TCO por Idade

Idade (anos)	Qtde de Reversa	Custo da Falta (Cf)	Qtde de terminais quebrados (Qt)	R\$ 150,00	R\$ 120,00	R\$ 300,00	TCO	
				Custo do Atendimento (Ca)	Custo da Triagem (Ct)	Custo do laboratório (frete+reparo) (Clab)	Cf + Ca + Ct + Clab.	Custo Unitário
0,5	753	R\$ 40.645,16	45	R\$ 112.903,23	R\$ 90.322,58	R\$ 13.548,39	R\$ 257.419,35	R\$ 342,00
2,2	1.505	R\$ 135.483,87	151	R\$ 225.806,45	R\$ 180.645,16	R\$ 45.161,29	R\$ 587.096,77	R\$ 390,00
2,5	2.258	R\$ 238.390,48	265	R\$ 338.709,68	R\$ 270.967,74	R\$ 79.463,49	R\$ 927.531,40	R\$ 410,76
2,7	3.763	R\$ 450.117,75	500	R\$ 564.516,13	R\$ 451.612,90	R\$ 150.039,25	R\$ 1.616.286,03	R\$ 429,47
3,0	5.269	R\$ 726.743,12	807	R\$ 790.322,58	R\$ 632.258,06	R\$ 242.247,71	R\$ 2.391.571,48	R\$ 453,91
3,3	6.774	R\$ 1.103.505,97	1.226	R\$ 1.016.129,03	R\$ 812.903,23	R\$ 367.835,32	R\$ 3.300.373,55	R\$ 487,20
3,6	8.280	R\$ 1.646.797,03	1.830	R\$ 1.241.935,48	R\$ 993.548,39	R\$ 548.932,34	R\$ 4.431.213,25	R\$ 535,20
3,8	11.290	R\$ 2.882.706,90	3.203	R\$ 1.693.548,39	R\$ 1.354.838,71	R\$ 960.902,30	R\$ 6.891.996,29	R\$ 610,43
4,1	13.548	R\$ 4.829.294,93	5.366	R\$ 2.032.258,06	R\$ 1.625.806,45	R\$ 1.609.764,98	R\$ 10.097.124,42	R\$ 745,26
4,4	16.559	R\$ 9.773.166,18	10.859	R\$ 2.483.870,97	R\$ 1.987.096,77	R\$ 3.257.722,06	R\$ 17.501.855,98	R\$ 1.056,93

Importante ressaltar que o custo da depreciação do terminal na cadeia não foi levado em conta no cálculo do TCO. Observando a tabela acima percebe-se que a partir de 3,8 anos o preço unitário do terminal é maior que o custo médio de um terminal novo, portanto, pode-se definir que a partir de 3,8 anos os terminais podem ser obsoletados por idade. Dessa forma, a curva da banheira pode ser representada da seguinte maneira:

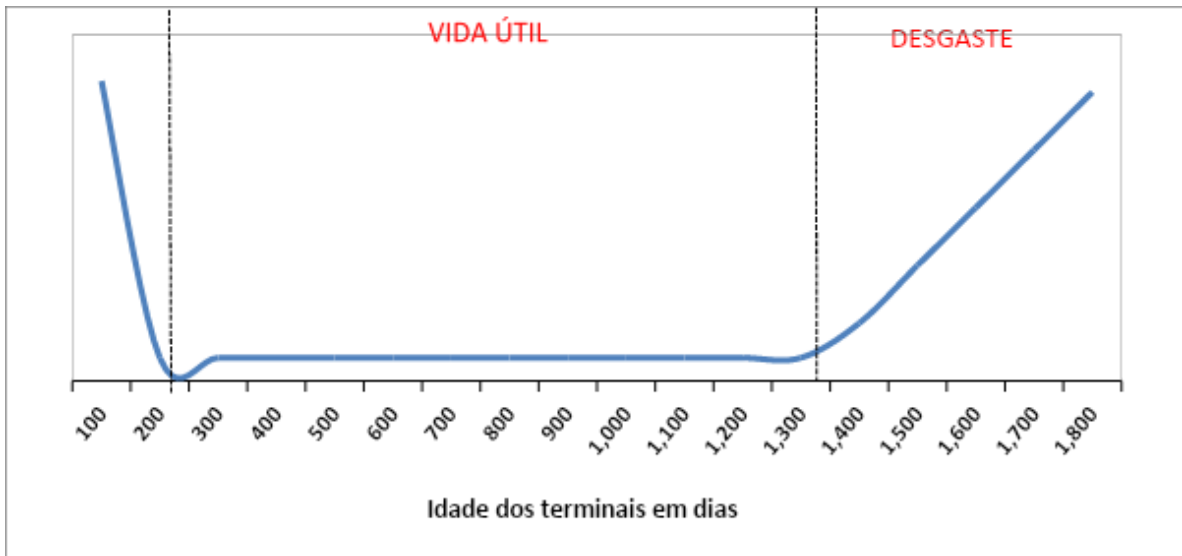


Figura 21 - Configuração Final da Curva da banheira

Diante desse cenário a sugestão já dita acima é que a partir de 1.400 dias os terminais sejam obsoletados, e, além disso, a sugestão é a renovação do parque dos terminais em fase de desgaste, conforme Figura abaixo.

Cadeia > 1.400 dias	500K	Total de terminais com mais de 3,8 anos ou 1.400 dias
Terminais em Produção	400K	Terminais Instalados em Clientes
Terminais Indisponível	100K	Terminais à serem reparados (já reversados)
Potencial Falha	180K	MTBF médio do período de desgaste
Total	280K	Total de terminais na cadeia à serem recicladas e ...

Figura 22-Sugestão de Renovação dos terminais em desgaste

Para a análise financeira será simulado o cenário apresentado acima versus a não compra dos terminais, para a análise levou-se em conta apenas o CAPEX e o OPEX, o Custo da Falta de Oportunidade não entrou nesse momento, pois claramente é muito mais vantajoso um terminal com MTBF menor.

Tabela 6 - Comparação do Cenário de compras proposto vs. Cenário atual

	Sugestão	Atual
Sugestão de compras	280 K	s/compras
Capex	R\$ 168 MM	R\$ 0 MM
OPEX	R\$ 80,6 MM	R\$ 105,6 MM
Custo do Atendimento	R\$ 42 MM	R\$ 42 MM
Custo triagem	R\$ 33,6 MM	R\$ 33,6 MM
Custo Lab.	R\$ 5MM	R\$ 30MM
Economia OPEX + R\$ 25 MM		

Portanto, a sugestão da Curva da Banheira com obsolescência dos terminais a partir de 1.400 dias traria um custo evitado no OPEX de 25MM para empresa, além, de melhorar a imagem da empresa com relação aos clientes por esses possuírem terminais com probabilidade de quebra menor.

5. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho era desenvolver um modelo para obsolescência de produtos eletrônicos em uma cadeia de suprimentos de laço fechado, através do conceito de Confiabilidade utilizando-se o método da “**Curva da Banheira**”, encontrando a taxa de falha por idade.

Através desse modelo foi possível identificar um aumento do MTBF a partir de 900 dias. Para encontrar o momento ideal de obsolescência levou-se em consideração o momento em que a operacionalização do terminal na cadeia é mais cara que a compra de um novo terminal. Para essa comprovação encontrou-se o valor da operação através do TCO (*Total Cost of Ownership*) dos terminais com idade de 900 dias até 1800 dias ou 2,5 anos até 4,9 anos. Além disso, encontrou-se, também, o TCO de um terminal novo e de um terminal com 800 dias ou 2,2 anos para comprovar que a escolha dos 900 dias era coerente.

Com a simulação chegou-se a conclusão que a operacionalização dos terminais a partir de 1.400 dias ou 3,8 anos era mais cara que a compra de um terminal. Portanto, a conclusão foi que nessa idade os terminais deveriam ser descartados, levando-o ao fim de sua vida útil. Levantou-se então, a quantidade de terminais com essa idade na cadeia, e chegou-se ao valor de 280 mil.

A comparação para a comprovação do ganho do modelo proposto foi através do cenário de substituição desses 280 mil terminais por novos ou a operacionalização dos mesmos. Para essa análise levou-se em conta apenas o CAPEX e o OPEX visto que o Custo da Falta de Oportunidade era claramente ponderado pelo menor MTBF. Dessa maneira chegou-se a conclusão que a economia em OPEX seria de R\$ 25 MM além de melhorar a imagem da empresa com o cliente.

Recomenda-se, em estudos futuros, o modelo da Curva da Banheira com a inclusão de variáveis como a quebra de terminais pela quantidade de transações realizadas, segmentação dos clientes, e segmentação territorial. Acredita-se que o acréscimo dessas variáveis traria maior complexidade e realidade ao modelo, além, da oportunidade de segmentação da cadeia, e identificação dos maiores ofensores do MTBF dos terminais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIPAG. Disponível em <<http://www.abipag.com.br/>>. Acesso em: 28 de Maio de 2017.
- AROZO, RODRIGO. "Monitoramento de desempenho na gestão de estoque." São Paulo (2002).
- AVOLETA, AMANDA QUINTAL. "Dimensionamento de estoque de embalagens retornáveis em uma cadeia de suprimentos de laço fechado." (2013).
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BARROS, J. F. R.; LIMA, G.B.A. A Influência da gestão da manutenção nos resultados da organização. IN: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. Anais. V Congresso Nacional de Excelência de Gestão, 2 a 4 de julho, volume 1, Niterói, 2009.
- BILLINTON, ROY AND RONALD NORMAN ALLAN. Reliability evaluation of engineering systems. New York: Plenum press, 1992.
- BRAGA, H. et al. Gestão de estoques, fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas. São Paulo :Cengage Learning, 2010.
- CARNAÚBA, EDERSON RODRIGUES E MIGUEL AFONSO SELLITOO. "Análise de confiabilidade e evolução de uma máquina de envase de leite UHT ao longo da curva da banheira." (2013).
- CORRÊA, H. L. Gestão das redes de suprimento: Integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado. São Paulo: Atlas, 2010.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- CHRISTOPHER, M.; BRAITHWAITE, A. Managing strategic lead times. London: Logistics Information Management Publications, 1989.
- FIGUEREDO, K. A Logística do Pós - Venda. Revista Tecnológica. Ano VIII, n. 80, 2002.
- FOGLIATTO, Flávio Sanson, RIBEIRO, José Luis Duarte. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Elsevier, Rio de Janeiro, 2009.
- GUARDIA, EDUARDO CRESTANA. "Desenvolvimento de metodologia para cálculo da vida útil de ativos da Distribuição de energia focando a revisão tarifária." (2014).
- HNATEK, EUGENE. *Practical reliability of electronic equipment and products*. Vol. 116. CRC press, 2002.
- DAVID KELLEHER. O cenário atual da aquisição no Brasil. 22 de janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.cloudwalk.io/pt/blog/o-cenario-atual-da-adquencia-no-brasil>
- KLEINDORFER, P. R.; KALYAN, S.; LUK, N.; VAN, W. Sustainable Operations Management. Production and Operations Management. 4(14): 482-492, 2005.
- LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. International Journal of Logistics, 1998.
- LEITE, P. R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- MACHADO, FILIPE, and JJO ANDRADE. "Emprego da confiabilidade para o estabelecimento de estratégias de manutenção na indústria metal-mecânica." *XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP, Salvador* (2013).
- MOUBRAY, J. Reliability-centered maintenance: second edition. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.
- NBR 5462. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Confiabilidade – Terminologia. ABNT, Rio de Janeiro, 1994.

- PARRA, P. H. Análise da gestão da cadeia de suprimentos em uma empresa de computadores. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d’Oeste. 163p, 2000.
- PRADO, FABIANO DO. "Análise da confiabilidade do módulo de corte de um equipamento pneumático para poda de árvores." (2014).
- SELLITTO, M. A. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. Revista da Produção, v 15, n. 1, p. 44-59, 2005
- SIKORSKA, J. Z.; HODKIEWICZ, M.; MA, L. Prognostic modelling options for remaining useful life estimation by industry. Mechanical Systems and Signal Processing, v. 25, n. 5, p. 1803-1836, jul. 2011
- SILVA, BRUNA DANIELA DA, OLIVEIRA, FLÁVIA CREMONESI, STERGIU, Tanya. Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil. Santo André, 2002. 96 p
- TAYLOR, D. A. Logística na cadeia de suprimentos: uma perspectiva gerencial. São Paulo: Pearson Addison - Wesley, 2005.