

Cláudio Garcia Vieira

Bacharelado em Ciência e Tecnologia - UFVJM
claudiovieira776@gmail.com

João Vitor Mendes Bandeira

Bacharelado em Ciência e Tecnologia - UFVJM
jjj_mendes@outlook.com

Matheus Soares de Castro

Bacharelado em Ciência e Tecnologia - UFVJM
matheussdc74@hotmail.com

Paulo César de Resende Andrade

Instituto de Ciência e Tecnologia - UFVJM
paulo.andrade@ict.ufvjm.edu.br

ANÁLISE DOS TEMPOS DE FALHA DE UMA EMPACOTADORA EM INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE CAFÉ

RESUMO

A globalização da economia e um mercado cada vez mais competitivo faz com que as organizações maximizem sua produção e lucro, minimizando custos. Isso requer um processo produtivo com equipamentos que tenham alta disponibilidade e confiabilidade. Assim, otimizar os métodos utilizados no processo produtivo se faz necessário a fim diminuir a quantidade de manutenções. O presente trabalho tem como objetivo efetuar uma análise dos tempos de falhas de uma máquina empacotadora utilizada em uma indústria de beneficiamento de café. O procedimento de pesquisa utilizado foi o estudo de caso. Para tal análise, os tempos até a falha da máquina foram coletados e utilizou-se o software ProConf 2000 para realizar a modelagem dos dados coletados. A distribuição que melhor se ajusta aos tempos até a falha é a Weibull. Identificou-se que equipamento analisado se encontra na fase de mortalidade infantil. Sendo assim, a estratégia indicada é adotar a manutenção preditiva, a fim de aumentar a disponibilidade e confiabilidade do equipamento

Palavras-chave: Confiabilidade; Disponibilidade; Manutenção; Máquina; Weibull.

ANALYSIS OF THE FAILURE TIMES OF A PACKAGING IN COFFEE BENEFIT INDUSTRY

ABSTRACT

The globalization of the economy and an increasingly competitive market make organizations maximize their production and profit while minimizing costs. The productive process requires equipment with high availability and reliability. Thus, optimizing the methods used in the production process is necessary in order to decrease the amount of maintenance. The present study has the objective of analysing the failure times of a packaging machine used in a coffee processing industry. The research procedure used was case study. For this analysis, the times to failure of the machine were collected and ProConf 2000 software was used to perform the modelling of the collected data. The distribution that best fits the times to failure was Weibull. It was also possible to identify which equipment was found in the infant mortality phase. Therefore, the strategy indicated is to adopt predictive maintenance in order to increase the availability and reliability of the equipment.

Keywords: Reliability; Availability; Maintenance; Machine; Weibull.

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário de negócios, com padrões de excelência cada vez mais altos, produtos com alta qualidade são exigidos. A qualidade está diretamente relacionada à capacidade de projetar produtos que incorporem características e atributos otimizados para atender a necessidade e desejos dos usuários. Essa exigência, por sua vez, faz com que as empresas se tornem mais competitivas, seja inovando sempre em seus produtos, ou otimizando sua produção.

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), com a globalização da economia, observou-se um aumento na demanda por produtos e sistemas de melhores desempenhos e custos competitivos. Consequentemente, surgiu a necessidade de redução na probabilidade de falhas na produção desses produtos, já que o produto final está diretamente ligado às etapas do processo de fabricação. Isto resultou numa ênfase crescente em confiabilidade. Com isso, é de suma importância que haja uma conexão entre as etapas da fabricação/produção com a manutenção, para garantir a maximização da manutenibilidade e disponibilidade dos equipamentos.

É importante utilizar ferramentas que descrevem o comportamento das falhas operacionais. Esta análise é feita com o intuito de minimizar as falhas do processo produtivo, e está diretamente ligada à confiabilidade do produto final.

Para uma máxima eficiência de um determinado equipamento ou linha de produção, é fundamental ter conhecimentos sobre confiabilidade, manutenção e disponibilidade,

uma vez que estes conhecimentos podem fornecer indicadores e valores sobre a produtividade.

De acordo com a NBR-5462 (ABNT, 1994), confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo. Assim, as empresas buscam por equipamentos que possam fornecer maior segurança em relação a nível de falhas e disponibilidade gerando menor manutenção e ocasionando menores custos.

Para Costa (2013), a manutenção vista como função estratégica, responde diretamente pela disponibilidade e confiabilidade dos ativos físicos e qualidade dos produtos finais, representando, portanto, importância capital nos resultados da empresa. Enquanto a disponibilidade é a capacidade de um equipamento exercer sua função em condições apropriadas de manutenção por tempo determinado.

A manutenção tem papel essencial em todos os níveis de produção e está diretamente ligada aos conceitos de produtividade da empresa, bem como sua competitividade. Deve ser empregada corretamente e de maneira pontual, a fim de minimizar o tempo ocioso na produção e maximizar a confiabilidade naquele determinado intervalo de tempo.

Com a crescente do conceito de alta produtividade e rendimento, o desenvolvimento de produtos e serviços de uma forma em geral tornou-se um fator diferencial e trouxe consigo a produção em massa, que por sua vez passou a exigir mais de máquinas e equipamentos, mudando a figura da manutenção que outrora

fora vista como desperdício (CARDOSO; PERES; NETO, 2011).

O presente trabalho é um estudo de caso referente a uma máquina de envase e empacotamento de café em empresa de cafeicultura no Vale do Jequitinhonha, onde foram analisados os dados de falha, utilizando-se o tempo entre as falhas apresentadas do equipamento. O trabalho se justifica pela busca de uma manutenção efetiva na obtenção de melhores resultados. Para bons resultados de manutenção, é necessário conhecer todos os processos e todos os fatores que possam gerar a falha. Sendo assim, este trabalho também tem como motivação uma análise de falhas aplicada em conjunto a manutenção do equipamento analisado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Café no Brasil

Segundo dados disponibilizados no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o país é o maior produtor e exportador de café, e um dos que mais consomem a bebida (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2019). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o produto já foi o principal para economia brasileira na exportação, durante o século XIX e início do XX, e hoje ocupa o posto de número 5 nesta pauta, que girou cerca de US\$ 5,2 bilhões na economia em 2017, é o que mostra o boletim de acompanhamento de safra da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018).

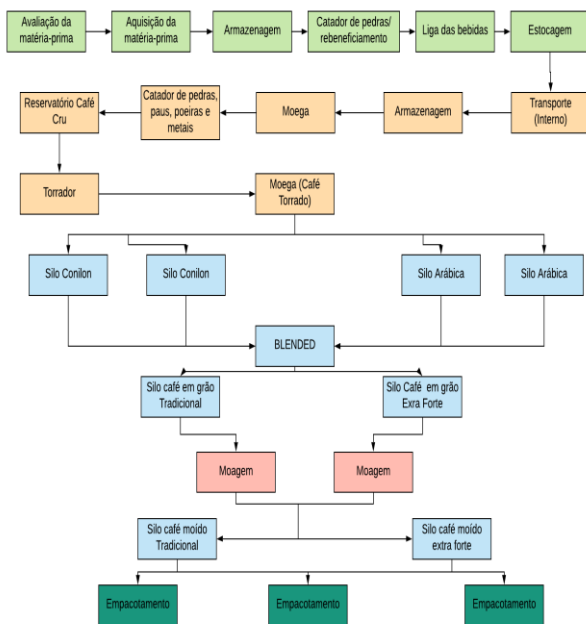
A CONAB acompanha a safra de café no Brasil há 18 anos, publicando 4 estimativas durante o ano com base em visitas em diversos setores da produção. A safra de 2018 produziu cerca de 59,90 milhões de sacas de 60 kg, com queda prevista entre 9,05% e 15,73% para 2019 devido a influência da bialidade negativa, que é uma causa normal em que as plantações estão se reabilitando após uma colheita de alta produtividade (CONAB, 2018).

A cadeia produtiva do café no Brasil também se importa muito com temas socioambientais, onde há uma atenção especial em assegurar uma sustentabilidade na produção. A cafeicultura brasileira baseia-se em leis que protegem a fauna e flora, buscando sempre uma harmonia ecossistêmica entre a natureza e café. Esta cadeia emprega mais de 8 milhões de pessoas, é o que mostra o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o que possibilita uma melhor qualidade de vida para todos os envolvidos na produção.

2.2 Funcionamento de uma indústria de café

Uma indústria de beneficiamento de café é geralmente dividida em setores: Avaliação do café; Recepção de Café; Torrefação de café; Separação do café; *Blend*; Moagem e envase/empacotamento. O café passa por todos estes setores, e é matéria prima dos mesmos. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma em uma indústria de beneficiamento de café, apresentando os produtos gerados no fim.

Figura 1 – Fluxograma do funcionamento de uma indústria de beneficiamento de café.



Fonte: Empresa de café do Vale do Jequitinhonha.

Após a avaliação e aquisição do café, ele é estocado em sacos e armazenado em um galpão. Após isso, o café é levado para uma moega para posteriormente passar pelo processo de torrefação. Quanto a este processo, o sabor e o aroma que caracterizam a bebida do café são resultantes da combinação de centenas de compostos químicos produzidos pelas reações que ocorrem durante a torração (ANUNCIACÃO; SILVA JUNIOR, 2016). Depois de torrado, o café é levado para outra moega e separado em silos, de acordo com o tipo do grão: conilon ou arábica. O café passará por um processo denominado *blend*.

A elaboração do *blend* proporciona ao produto final uma expressiva capacidade de competição no mercado, tendo em vista o maior rendimento industrial e pelos menores preços médios em sua comercialização, sendo que esses *blends* não tornam o café *canephora* ou o arábica um produto gourmet (IVOGLO *et al*, 2008).

Os *blends* são resultantes de misturas de grãos de diferentes de café. O objetivo em realizar essas misturas é aproveitar o potencial sensorial de cada café, combinando-os de tal forma que enriqueçam sensorialmente os sabores e aromas do produto final. Feito isso, o café será separado em silos e seguirá para a moagem, onde será feita a moagem correta para o determinado tipo de café.

Após todo esse processo, o café torrado e moído segue para a embaladora. Nessa máquina o café vem do silo, é empacotado e segue por uma esteira, onde pacotes serão embalados em fardos.

2.3 Manutenção

Manutenção é a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, como é regulamentado pela NBR 5462 (ABNT, 1994).

Toda empresa almeja o lucro, porém não há ganho quando é utilizado um maquinário que opera com falhas, ocorrendo contratemplos na produção. No mundo dos negócios, onde há uma necessidade de extrair o máximo de todo o setor produtivo para que vença a severa disputa do mercado, os administradores passaram a dar uma atenção especial para manutenção, desenvolvendo suas técnicas cada vez mais com a intenção para que não haja adversidades, reduzindo custos na produção.

Segundo Kardec e Nascif (2009), o progresso de manutenção pode ser repartido em quatro gerações. A primeira se refere-se ao período antes da Segunda Guerra Mundial onde

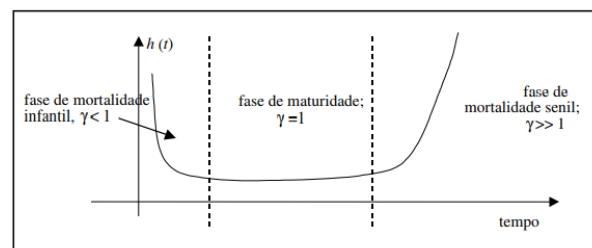
se utilizava apenas manutenção corretiva, que se fazia apenas reparos quando necessário. A segunda geração foi pós Segunda Guerra Mundial, onde começou a empregar a manutenção preventiva a fim de evitar ou diminuir as falhas. Esta última prática foi aperfeiçoada na terceira geração, a partir dos anos 70, o que veio a ser a manutenção preditiva, que consiste em analisar circunstâncias reais do funcionamento das máquinas.

A quarta geração é a que se vê hoje. Seus princípios são uma continuidade da terceira geração, ainda de acordo com Kardec e Nascif (2009), é a interação entre as três gerações. Nesta geração, a manutenção preditiva e o monitoramento de condição dos equipamentos são cada vez mais utilizados. Isso reflete numa redução de manutenção preventiva ou programada, desde que essa paralisação para manutenção influencie negativamente na produção.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), termo que surgiu durante a terceira geração e que veio se aperfeiçoando, tendo como foco a garantia do desempenho, segurança e preservação do ambiente a um melhor custo benefício (MOUBRAY, 1997). Define-se como um esquema que engloba diversos métodos de engenharia para garantir que o maquinário de um setor manufatureiro seguirá fazendo suas funções predestinadas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). De acordo com Smith e Hinchcliffe (2004), a implantação da MCC vem da necessidade de elaborar um plano de manutenção planejada tratar de forma apropriada a disponibilidade do sistema e sua segurança, sem aumentar a despesa.

O estudo do comportamento da taxa de falhas de uma máquina durante seu tempo de vida pode ser modelada pela curva da banheira, que tem esse nome devido ao formato, como mostra a Figura 2. Esta curva mostra as fases da vida do sistema, que são: mortalidade infantil, maturidade e mortalidade senil. Estas fases estão relacionadas com o fator de forma γ , que é um dos parâmetros de distribuição de *Weibull*, que representa a confiabilidade de um produto, conforme será mostrado posteriormente (SELLITTO 2005).

Figura 2 – Curva da Banheira.



Fonte: Sellitto, 2005.

2.4 Análise de confiabilidade

Leemis (1995) afirma que “a confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas”. De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), a confiabilidade tem como base quatro conceitos: qualidade, disponibilidade, manutenibilidade, segurança e confiança.

Se confiabilidade é uma probabilidade isso indica que seus valores devem estar entre 0 e 1 e o resultado pode ser utilizado como medida para mostrar se seu desempenho satisfaz ou não um projeto. Confiabilidade é representado pela função $R(t)$, e a função $h(t)$ para falhas ou riscos,

sendo as duas mais usadas em estudos de confiabilidade. Vale ressaltar que tempo não deve ser interpretado no seu sentido literal, porque em algumas ocasiões alguns outros tipos de medidas podem ser utilizados para definir o tempo até a falha de um equipamento, como, por exemplo, distância ou ciclo.

Existem vários modelos de distribuição de probabilidade que podem modelar o tempo até a falha, sendo os mais utilizados: Exponencial, Gama, Lognormal, Normal e *Weibull*. Fogliato e Ribeiro (2009) afirmam que “conhecendo-se a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta a esses tempos, é possível estimar a probabilidade de sobrevivência da unidade para qualquer tempo t , bem como outras medidas de confiabilidade, como o seu tempo médio até falha e função de risco”.

A modelagem dos tempos até as falhas é essencial para a análise de confiabilidade. Vários estudos foram realizados recentemente (BRANDÃO; ANDRADE, 2018; LEAL, ANDRADE, 2018; SANTOS *et al*, 2017; SILVA *et al*, 2017; SILVA; ANDRADE, 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi adotado um sistema baseado em pesquisas estudos que abrangem as principais ideias e teorias referentes a confiabilidade e manutenção, assim como sobre todos os processos e equipamentos utilizados na maioria das indústrias do ramo cafeicultor. Ainda, um estudo de caso dos tempos até a falha de determinado equipamento será apresentado. O estudo é voltado para a análise dos ativos referentes ao processo de empacotamento do

café, portanto, se faz necessário dar foco na importância do planejamento da manutenção para este equipamento.

Os dados usados no estudo da máquina de envase de café foram coletados em uma indústria de beneficiamento de café, localizada no Vale do Jequitinhonha. Esta indústria foi fundada em 1997, e conta com uma grande variedade de sabores e aroma nos seus produtos. Todos os seus produtos possuem o selo de pureza ABIC - Associação Brasileira Da Indústria De Café, fato que atesta a procedência e pureza dos produtos. A empresa se preocupa com o meio ambiente adotando práticas ecologicamente corretas garantindo a preservação do meio ambiente.

Os dados apresentados na Tabela 1 são relativos ao tempo até a falha de uma máquina de empacotadora de café.

Tabela 1 - Tempos de falha da máquina empacotadora de café

| Tempo até a falha (segundos) | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|-----|-----|
| 1239 | 927 | 786 | 3931 | 85 | 108 |
| 1362 | 2239 | 60 | 3438 | 72 | 306 |
| 2499 | 1360 | 732 | 3448 | 66 | 750 |
| 2924 | 1298 | 1762 | 3306 | 505 | 317 |
| 4458 | 5007 | 3763 | 270 | 144 | 88 |

Fonte: Empresa de café do Vale do Jequitinhonha.

Os dados utilizados foram analisados no software ProConf (FRITSCH; RIBEIRO, 1998), um programa computacional desenvolvido para o uso de dados de confiabilidade, com relação aos tempos de falha por meio de métodos gráficos e analíticos. Os histogramas de frequência das falhas e os papéis de probabilidades foram utilizados como métodos gráficos para comparar as curvas das distribuições de probabilidade e

verificar o modelo que apresenta melhor aderência aos dados amostrais.

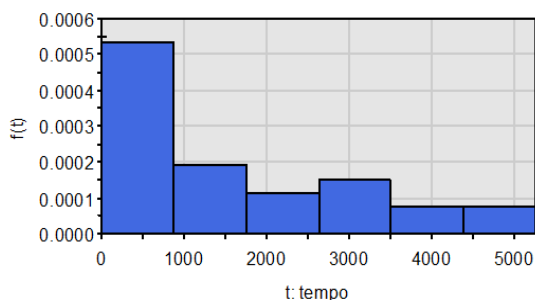
A caracterização da distribuição de frequência foi realizada por meio de testes de aderência às distribuições de probabilidade Exponencial, Gama, Lognormal e *Weibull*. Os parâmetros da distribuição são calculados por máxima semelhança pelos testes de Qui-Quadrado (χ^2) e Kolmogorov-Smirnov (K-S) (FRITSCH e RIBEIRO, 1998), amplamente difundidos na literatura. Para cada teste, o *software* apresenta o valor p e indica quais distribuições não podem ser desprezadas. A validação é dada se o valor p for maior que 5% (nível de significância aditado) nos dois testes.

Logo após, são concedidas as estimativas dos parâmetros da distribuição de melhor se adéqua aos dados em estudo, por meio do método de máxima verossimilhança. São também apresentadas as representações das funções de confiabilidade $R(t)$ e de falha $h(t)$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foram obtidos os gráficos relativos ao conjunto de dados dos tempos de falha. A frequência relativa de ocorrência dessas falhas, número de falhas por tempo, está apresentada na Figura 3.

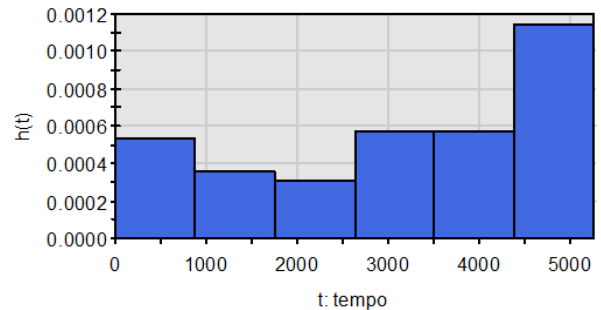
Figura 3 – Gráfico de frequência das falhas.



Fonte: ProConf

Na Figura 4 está representado o histograma da taxa de falha ou de risco $h(t)$ para o conjunto de dados.

Figura 4 – Gráfico de taxa de falha.

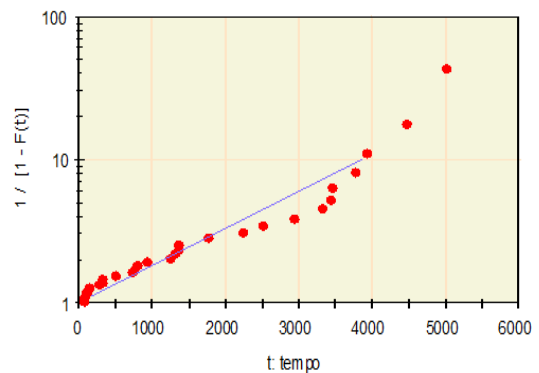


Fonte: ProConf

Observa-se que, na Figura 4, os dados mostram uma relação primeiramente decrescente até o tempo 2000 segundos, logo após um aumento característico de taxa de falha.

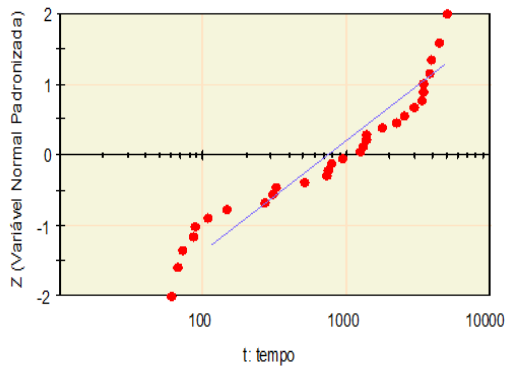
Os gráficos de papel da probabilidade permitem verificar a adequação dos dados a determinada distribuição. Nas Figuras 5, 6 e 7 têm-se os aspectos dos gráficos correspondentes, respectivamente, às distribuições Exponencial, Lognormal e *Weibull*, obtidas por meio do ProConf.

Figura 5 – Papel de probabilidade da distribuição Exponencial.



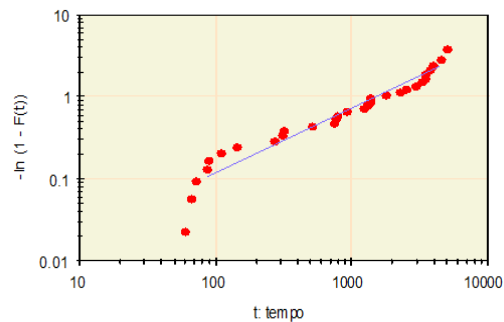
Fonte: ProConf

Figura 6 - Papel de probabilidade - Lognormal



Fonte: ProConf

Figura 7 - Papel de probabilidade - Weibull



Fonte: ProConf

A análise visual dos gráficos apresentados nas Figuras 5 a 7 revela desvios dos pontos com relação a reta, assim não se pode dizer ainda qual modelo se ajustou ao conjunto amostral. Desta forma, utiliza-se os testes de aderência para validar ou não a modelagem pela determinada distribuição, obtendo também valores dos parâmetros de forma e escala.

Os valores p dos testes de aderência Qui-Quadrado (χ^2) e de Kolmogorov-Smirnov (K-S) são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Valo p dos testes de aderência.

| Modelo | χ^2 | K-S | Decisão |
|-------------|----------|--------|---------------|
| Exponencial | 0,6388 | 0,0788 | Não rejeitada |
| Gama | 0,5175 | 0,2862 | Não rejeitada |
| Lognormal | 0,1009 | 0,1647 | Não rejeitada |
| Weibull | 0,4689 | 0,2651 | Não rejeitada |

Fonte: Adaptado do software ProConf

Os resultados acima apresentados compactuam com as análises feitas anteriormente nos papéis de probabilidade. Como mostrado na tabela nenhuma das distribuições pode ser rejeitada. O presente estudo usará a distribuição Weibull para a modelagem do tempo até a falha. Entendendo que este modelo de distribuição é apropriado para equipamentos industriais em que há prováveis modos de falhas que podem deixar indisponível o ativo (SELLITO, 2005), além de que considerar dados direcionados por uma distribuição Weibull costuma ser um bom ponto de partida na análise (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

A distribuição Weibull é usada para avaliar a confiabilidade para diversas aplicações, podendo modelar uma função de risco permanecendo constante, diminuindo ou aumentando, deixando que descreva a fase da vida útil de um produto. Além disso, pode ser usada em pequenas amostras (DODSON, 1994; FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009; LEWIS, 1996).

Logo, com o modelo definido pode-se estimar seus parâmetros e demais resultados dos ajustes apresentados pelo ProConf, mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado dos ajustes para a Weibull.

| Parâmetros | Resultados |
|------------------|------------|
| t_{10} (horas) | 99,0845 |
| t_{50} (horas) | 937,5612 |
| MTTF (horas) | 1593,393 |
| γ | 0,8785 |
| θ | 1483,087 |

Fonte: Adaptado do software ProConf.

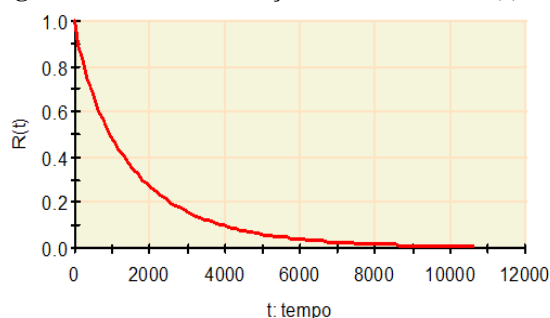
Como apresentado na Tabela 3, o valor de tempo médio até a falha (MTTF) da máquina

empacotadora foi em torno de 1594 segundos. Observa-se que na metade das vezes as falhas são antes dos 938 segundos, com os parâmetros de forma γ igual a 0,8785, e escala θ igual a 1483,087.

Assim, relacionando com a curva da banheira, pode-se afirmar que a fase de vida da máquina empacotadora é de mortalidade infantil, devido ao γ ter sido menor que 1.

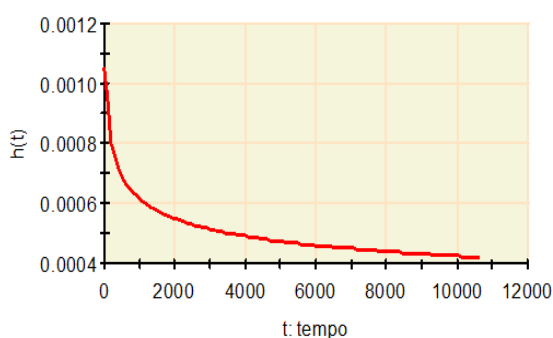
Na Figura 8 é apresentada a função de confiabilidade e na Figura 9 a função de risco (falha).

Figura 8 – Gráfico da função Confiabilidade $R(t)$.



Fonte: ProConf.

Figura 9 – Gráfico da função de risco $h(t)$.



Fonte: ProConf.

Observa-se que a taxa de falha é decrescente, o que reforça a caracterização na mortalidade infantil. É indicada a manutenção corretiva caso indicado para essa determinada fase (SELLITTO, 2005). Como o valor de γ está próximo do valor de 1 pode-se considerar como um avanço para o início na fase de vida útil, onde

a manutenção preditiva é a indicada a ser feita. A manutenção preditiva visa apontar um estágio específico para a manutenção preventiva, atentando que equipamentos estão sendo acompanhados continuamente para não permitir o início da fase de desgaste dos componentes. Trazendo aos componentes uma vida útil maior, elevando a produção do mesmo, tempo de trabalho, custos menores e outros benéficos.

5 CONCLUSÕES

Ter acuidade com todos os ativos e tipos de manutenção que são aplicados no processo de fabricação é essencial. Manutenção essa que deve ser aplicada com mão de obra qualificada e eficaz. Por meio da análise da confiabilidade é possível obter indicadores que podem afetar diretamente na tomada de decisões quanto à procedimentos da manutenção.

O modelo de distribuição *Weibull* como o modelo que melhor se ajustou aos dados coletados, e por esse motivo foi escolhida para modelar os tempos até a falha da empacotadora de café do estudo em questão. O equipamento se encontra na fase de mortalidade infantil.

. A análise desenvolvida foi essencial para gerar um *feedback* referente às falhas da empacotadora de café, sendo possível gerar uma solução e aplicá-la na prática em meio à operação.

REFERÊNCIAS

- ANUNCIÇÃO, A. S.; SILVA JUNIOR, L. S. Análise da qualidade do café obtido por torrefação a vácuo. *CSBEA*, Pinhalzinho, v. 2, n. 1, p.1-7, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRANDÃO, M. O.; ANDRADE, P. C. R. Modelagem dos dados de falhas de um pasteurizador de garrafas de cerveja. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 2, n. 10, p.172-181, ago. 2018.

CARDOSO, I. A. P.; PERES, M. L.; NETO, F. de C. M. **A importância da manutenção para o negócio**. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011, Belo Horizonte. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_s to_135_859_18427.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de café. Brasília: Conab, v. 5, n. 4, 2018.

COSTA, M. de A. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

DODSON, B. **Weibull Analysis**. Milwaukee: ASQ, 1994.

FOGLIATO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2009.

FRITSCH, C.; RIBEIRO, J. **ProConf: Um software orientado para análises de confiabilidade**. In. XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Niterói, 1998.

IVOGLO, M.G.; FAZUOLI, L.C.; OLIVEIRA, A.C.B.; GALLO, P.B.; MISTRO, J.C.; SILVAROLLA, M.B.; TOMA-BRAGHINI, M. Divergência genética entre progênies de café robusta. **Bragantia**, v.67, p.823-831, 2008.

KARDEC, A.; NASFIC, J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LEAL, V. J.; ANDRADE, P. C. R. Modelagem dos dados de falha de um caminhão fora de estrada. **ForScience**: revista científica do IFMG, Formiga, v. 6, n. 3, e00500, jul./dez. 2018.

LEEMIS, L. **Reliability: probabilistic models and statistical methods**. Nova York: Prentice-Hall, 384p., 1995.

LEWIS, E. **Introduction to reliability engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Café no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance: second edition**. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

SELLITO, Miguel Afonso. **Medição e controle de desempenho estratégico em sistemas de manufatura**. 2005. 195 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SANTOS, M. M. M.; SILVA, E. C.; FERREIRA, G. S.; ROSAS, R. M. G.; ANDRADE, P. C. R. Modelagem do tempo de vida de um inversor de frequência. **ForScience**: revista científica do IFMG, Formiga, v. 5, n. 3, e00288, 2017.

SILVA, E. M. N.; ANDRADE, P. C. R. **Análise de confiabilidade de um inspetor eletrônico de garrafas**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 16, n.2, p. 1-9, 2018.

SILVA, E. C.; FERREIRA, G. S.; SANTOS, M. M. M.; ANDRADE, P. C. R.; ROSAS, R. M. G. Análise de Dados de Falha de um Transmissor de Fibra Óptica. **Revista Thema**, Pelotas, v. 14, n. 4, 2017, p. 259 a 266.

SMITH, A. M.; HINCHCLIFFE, G. R. **RCM: gateway to world class maintenance**. 2ª. ed. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann, v. 1, 2004.

Cláudio Garcia Vieira

Estudante de graduação em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

João Vitor Mendes Bandeira

Estudante de graduação em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

Matheus Soares de Castro

Estudante de graduação em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

Paulo César de Resende Andrade

Professor Associado do Instituto da Ciência e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
