

ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE OEE E FMEA: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE NUTRIÇÃO ANIMAL

**ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF OEE AND FMEA QUALITY TOOLS:
CASE STUDY IN AN ANIMAL NUTRITION FACTORY**

Gabriel Pires Brasil

Discente em Eng. mecânica Unievangélica – Anápolis – GO
gbrasil62@gmail.com

João Pedro Costa Marques

Discente em Eng. mecânica Unievangélica – Anápolis – GO
jpcostamarques19@hotmail.com

Márcio José Dias

Mestre em Engenharia Agrícola
Coordenador e professor na universidade Unievangélica – Anápolis – GO
marcio.dias@unievangelica.edu.br

RESUMO

O presente artigo tem foco na implementação das ferramentas da qualidade, entre elas, OEE e FMEA foram selecionadas para medir o processo de ensaque e gerar possíveis melhorias para uma fábrica de nutrição animal, com ponto de partida em uma pré análise estatística, usando como base os históricos de volume ensacado e tempo gasto para o processo de ensaque. Adotou-se como alicerce a bibliográfica descrita no artigo para argumentar as melhorias sugeridas, implementação das ferramentas da qualidade e os resultados obtidos como identificação das deficiências do processo em relação ao desperdício de tempo e a criação de um indicador de performance para o processo. Ao fim deste presente artigo a conclusão esclarece os resultados obtidos, contendo paridade com a literatura apresentada, relacionando os ganhos de redução de custo e aumento de capacidade do processo.

Palavra-chave: Ferramentas da qualidade, Gestão de processos, Melhoria contínua.

ABSTRACT

This article focuses on the implementation of quality tools, including OEE and FMEA were selected to measure the bagging process and generate possible improvements for an animal nutrition factory, starting from a pre-statistical analysis, using as a basis the history of bagged volume and time spent for the bagging process. The bibliography described in the article was adopted as a foundation to argue the suggested improvements, implementation of quality tools and the results obtained as the identification of process deficiencies in relation to wasted time and the creation of a performance indicator for the process.

At the end of this article, the conclusion clarifies the results obtained, with parity with the literature presented, relating the gains in cost reduction and capacity increase in the process.

Keyword: Quality Tools, Process Management, Improvement Continuous.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande potencial de crescimento no setor agropecuário com sua grande extensão e clima favorável para produção animal, tornando-o competitivo no mercado de bovinos [1]. Em 2019 o mercado de nutrição animal, constituiu 8,5% dos R\$ 7,26 trilhões do PIB (Produto Interno Brasileiro) e representou 3,5% a mais nas exportações comparado com o ano de 2018 [2]. Com a grande competitividade do mercado gerou-se a necessidade de maior eficiência e produtividade no setor industrial agropecuário, em geral esse cenário se torna possível com a identificação e eliminação de perdas relacionadas aos processos produtivos, resultando em produtos com maior poder lucrativo [3].

A introdução do *Total Productive Maintenance* (TPM) por Nakajima [4] proporcionou aumento da produtividade nas indústrias [5], utilizando-se da ferramenta OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) para mensurar e maximizar a eficiência dos processos por meio da redução da ociosidade nos equipamentos [6]. Além do OEE existem várias outras ferramentas de melhoria disponíveis, entre elas a *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) é uma ferramenta amplamente aplicada nas indústrias para minimizar falhas ao produzir por meio de análises de dados e ações corretivas em pontos específicos, garantindo assim uma maior efetividade da linha produtiva [7].

Deste modo, as duas ferramentas da qualidade citadas podem coexistir em um mesmo nicho em uma relação mútua [8]. Neste presente artigo será discutido uma análise em um processo produtivo de nutrição animal com intuito de mensurar a atual eficiência global por meio do OEE e propor possíveis melhorias com o uso da FMEA.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Nutrição Animal

O agronegócio brasileiro se baseia em uma estrutura com 3 principais pilares para êxito de sua produção, sendo: genética, alimentação e saúde, em outros termos esses fatores estão relacionados intrinsecamente com a lucratividade de cada produtor, notando que a alimentação varia entre 40% a 60% do custo de produção, ou seja, a nutrição animal é de extrema importância para o setor [9]. A nutrição animal tem a função de controlar os nutrientes contidos na subsistência do animal com intuito de melhorar a capacidade de crescimento do mesmo, fazer a manutenção do organismo e principalmente melhorar a qualidade dos produtos fornecidos pela espécie [10].

Para garantir um regime controlado, análises químicas são realizadas visando mensurar o montante ideal de nutrientes, sejam eles minerais ou orgânicos para cada fase

do processo animal [10]. Para tanto, fórmulas e receitas são geradas em direção ao setor agropecuário industrial, onde todos os ingredientes selecionados são dosados e misturados cuidadosamente, depois de misturados são ensacados em sacos de rafia valvulados (fecham automaticamente com a compressão do produto ensacado) e dividido em diferentes massas facilitando assim a sua comercialização.

Entretanto, o processo de ensaque desses produtos em uma empresa observada possui perdas relacionadas a disponibilidade dos equipamentos, esclarecendo a razão entre tempo real de produção e tempo planejado de produção, ou seja, os equipamentos não conseguem aproveitar o período determinado para executar suas atividades, conseqüentemente a eficiência desses equipamentos decresce e o potencial de lucro também [9].

2.2 Ferramentas de Gestão

2.2.1 Eficiência Global do equipamento

De acordo com Nakajima, a principal motivação do TPM é maximizar a eficiência dos equipamentos envolvidos no processo [7]. O OEE é a principal chave para implementação dessa metodologia, não sendo apenas usado como uma métrica de eficiência, mas também como um indicador das maiores perdas desconhecidas até o momento [11].

Em 1988 Nakajima caracterizou *The six big losses* (As seis grandes perdas) subdivididas na estrutura do OEE, no qual se baseia em três elementos estruturais [12]:

2.2.2 Disponibilidade

- (1) *Breakdown*, paradas categorizadas como perda de tempo, quando a produtividade é reduzida.
- (2) *Set-up*, perda de tempo quando há uma troca para o próximo produto e o equipamento precisa ser ajustado.

2.2.3 Performance

- (3) *Idling and minor stoppage*, perdas de tempo relacionadas a interrupção temporária da atividade produtiva por mau funcionamento ou ociosidade da máquina.
- (4) *Reduced speed*, perda de produtividade quando o equipamento não consegue executar suas atividades de acordo com sua capacidade nominal.

2.2.4 Qualidade

- (5) *Quality defects and rework*, perdas relacionadas a qualidade do produto, como: necessidade de retrabalho ou defeitos ocasionados por mau funcionamento dos equipamentos.
- (6) *Start-up losses*, perdas relacionadas a o início da produção, quando nos primeiros estágios do processo são usados para regular o mesmo.

O OEE é mensurado em termos dessas seis grandes perdas, que são essencialmente em função da disponibilidade, performance e qualidade de uma máquina, linha de produção ou processo [13]. Obtido pelo produto dos três elementos estruturais apresentados na **Equação 1**, cada elemento tem sua característica específica variando sua forma de medição [13].

$$OEE (\%) = Disponibilidade (\%) * Performance (\%) * Qualidade (\%) \quad (1)$$

A **Equação 2** consegue demonstrar o quanto o objeto de estudo está disponível para produzir em um determinado tempo, considerando o tempo planejado de produção e o tempo real produzido, é possível identificar o que ocorre no período em que o equipamento está estático por motivos desconhecidos.

Indo mais afundo, estudantes da Malaysia conseguiram identificar perdas por inatividade em uma máquina de gravação de pacotes que correspondiam a 7% do OEE por meio da **Equação 1** [7]. S. Vijayakumar também conseguiu demonstrar em seu estudo que existem dois tipos de paradas comuns em um processo relacionadas à disponibilidade. Paradas planejadas e paradas não planejadas, as planejadas são interrupções estabelecidas e de recorrência fixa como refeição, treinamento, validação dos produtos, entre outros. As não planejadas são caracterizadas por ocorrerem sem aviso prévio ou por manutenção corretiva ou demais adversidades presentes no ambiente [14].

$$Disponibilidade(\%) = \frac{Tempo Real Disponível}{Tempo Total Planejado} \quad (2)$$

Onde,

$$Tempo Total Planejado = Tempo Disponível - Paradas Planejadas \quad (3)$$

E

$$Tempo Real Disponível = Paradas Não Planejadas - Pequenas Paradas - Setups \quad (4)$$

Com a **Equação 5** é possível mensurar a performance do processo e a perda de produtividade, relacionando a quantidade produzida em razão da quantidade planejada de um determinado tempo desejado, colocando de outra forma, o cálculo da performance também consegue indicar as perdas de velocidade relacionadas ao processo, adicionando a taxa de unidades produzidas [15].

$$Performance(\%) = \frac{(Quantidade Produzida}{Tempo Real Disponível)} / Taxa de Produção \quad (5)$$

Onde,

$$\text{Taxa de produção} = \text{Numero de Unidades Produzidas por minuto} \quad (6)$$

Um dos benefícios mais importantes do OEE é a ininterrupta observação do processo de produção através dos indicadores e a utilização dos mesmos para providenciar um ciclo de melhoria dentro do sistema da gestão da qualidade (SGQ) [16].

Deste modo, o fator qualidade demonstrado na **Equação 7** expõe a taxa produzida por meio da relação entre total produzido e o total planejado de produção, ou seja, quantidade de produtos defeituosos serão considerados.

$$\text{Qualidade(\%)} = (\text{Total Produzido} - \text{Produtos Defeituosos}) / \text{Total de Planejado} \quad (7)$$

Onde, Total Produzido se refere a quantidade produzida em um determinado período (dia, semana, mês ou ano).

“*The World Class*” é o padrão estabelecido mundialmente como *benchmark* para as indústrias que procuram implementar e melhorar seu indicador global de eficiência (OEE), muitas empresas estabelecem os padrões como metas, onde a disponibilidade chega a 90%, performance a 95% e a qualidade a 99% totalizando um OEE de 84%. Atualmente esse padrão está seletivo em poucos setores industriais, como no aeroespacial e automobilístico [17].

2.3 Análise de Modo de Falha e Efeito de Falha

A interrupta coleta de dados exigidos pelo ciclo do OEE pode também facilitar a consolidação da base para a benevolente ferramenta de gestão FMEA [3].

Metodologia desenvolvida pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos da América (*National Aeronautic and Space Administration*) - NASA em 1963 na missão Apollo, para a identificação de forma sistemática potenciais ocorrências de falhas em sistemas, processos ou serviços, prevenindo sua decorrência [18]. Atualmente a FMEA é extremamente aplicada em vários setores industriais como por exemplo na manufatura de equipamentos, componentes automotivos e até mesmo nos estudos de explosões de motores, como blocos de navios que podem apresentar falhas e por consequência se romperem [12].

A aplicação do FMEA passa por etapas de execução como: definir o processo a ser analisado; definir as funções dos processos; identificar as possíveis modos de falha; identificar os possíveis efeitos de cada modo de falha para as pessoas que sofrem impacto do processo ou produto; estimar a severidade dessas falhas; identificar as causas raízes das possíveis falhas; estimar a probabilidade de ocorrência da falha; identificar o meio de detecção do modo de falha; determinar as prioridades; definir planos de ação para diminuir o risco [19].

Ao identificar os possíveis efeitos de cada modo de falha, severidade e causa raiz deve-se buscar os meios de prevenção ou ações corretivas que reduziram o risco de ocorrência ou interrupção da falha propriamente dita. Com a coleta de dados, cada causa

pode ser classificada quanto a sua probabilidade de ocorrência pelo meio de identificação escolhido.

Dessa forma, o método mais usado para lidar com os dados compilados até o momento é o NPR (Número de Prioridade de Risco), obtido pela **Equação 8** com a multiplicação da pontuação dada para as classificações, severidade, ocorrência e detecção, onde é obtido os valores em uma linha crescente, que indicam desde o baixíssimo risco até risco crítico para o resultado mais elevado [20]. Avaliando o potencial de risco em cada modo de falha, os itens severidade, ocorrência e detecção são classificados em uma escala de 1 a 10. Para a severidade, 1 indica baixo impacto e 10, alto impacto. Já para ocorrência, 1 significa “nada provável de ocorrer” e 10, muito provável. Para a Detecção, por fim, 1 remete a muita probabilidade de identificar a falha e 10, pouca probabilidade [21]. Portanto a multiplicação destes, obtém-se o NPR adimensional.

$$NPR = Severidade \times Ocorrência \times detecção \quad (8)$$

Ahire e Relkar realizaram um profundo estudo no qual demonstraram a correlação entre o OEE e o FMEA durante 8 meses de dados coletados, por meio de computadores especializados, executaram 32 hipótese de correlação, ao fim do estudo, foi possível constatar por meio do software MINITAB que quando o NPR está alto a disponibilidade do OEE está baixa, e por consequência como produto dos elementos, o OEE sofrer perda em sua totalidade, deste modo o estudo constata que o uso combinado das duas ferramentas pode ser uma alternativa para aumento da produtividade [22].

3. MATERIAL E MÉTODO

Seguindo as diretrizes da empresa de nutrição animal localizada em Goianira, município do estado de Goiás, foi realizado no mês de maio em 2020 uma pré-análise em termos numéricos do processo de ensaio para quantificação dos possíveis ganhos com a implantação das ferramentas mencionadas nesse projeto.

A pré-análise usou 3 ensacadeiras com características expostas na tabela 2 como equipamentos centrais para a análise antecipada, coletando dados desses equipamentos durante 3 meses, usando como fonte os relatórios da Sensor (sistema de gestão da fábrica) foi possível obter a quantidade ensacada e horas gastas por dia para cada quantidade, porém os dados coletados relacionados ao tempo não levam em consideração as adversidades do processo.

Ao estabelecer a Tabela 1 com os resultados da análise antecipada, possibilitou a identificação de um déficit na produtividade desses equipamentos, quando os mesmos operam com metade de suas capacidades de projeto, ou seja, existem perdas desconhecidas que interrompem o processo produtivo, gerando ociosidade na linha.

Tabela 1 – Produtividade média em 3 meses

Ensacadeira	ENS-1	ENS-2	ENS-3
Capacidade Nominal (Ton/hora)	9.00	9.00	9.00
Junho (Ton/hora)	4.87	4.62	5.18

Julho (Ton/hora)	5.46	5.65	4.27
Agosto (Ton/hora)	5.78	5.51	3.75
Ociosidade (%)	60%	58%	49%

Fonte – Relatórios de ensaque - 2021

Equipamentos e materiais

Com a definição dos equipamentos centrais na análise antecipada, os mesmos serviram como métrica da produtividade desse processo. Atualmente a linha produtiva possui 3 ensacadeiras com as seguintes características técnicas, conforme apresentado na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Características técnicas das ensacadeira SAT Paraná

Modelo	ES 5000SB PLUS (Modelo 7)
Produção [sacos p/ minuto]	05 a 06
Capacidade de peso (ensaque) [Kg]	25
Indicador de peso	IHM
Divisão Mínima do Display [g]	20
Variação média de Peso [g]	50
Consumo de ar [pés ³ / min]	10
Pressão de trabalho [bar]	6

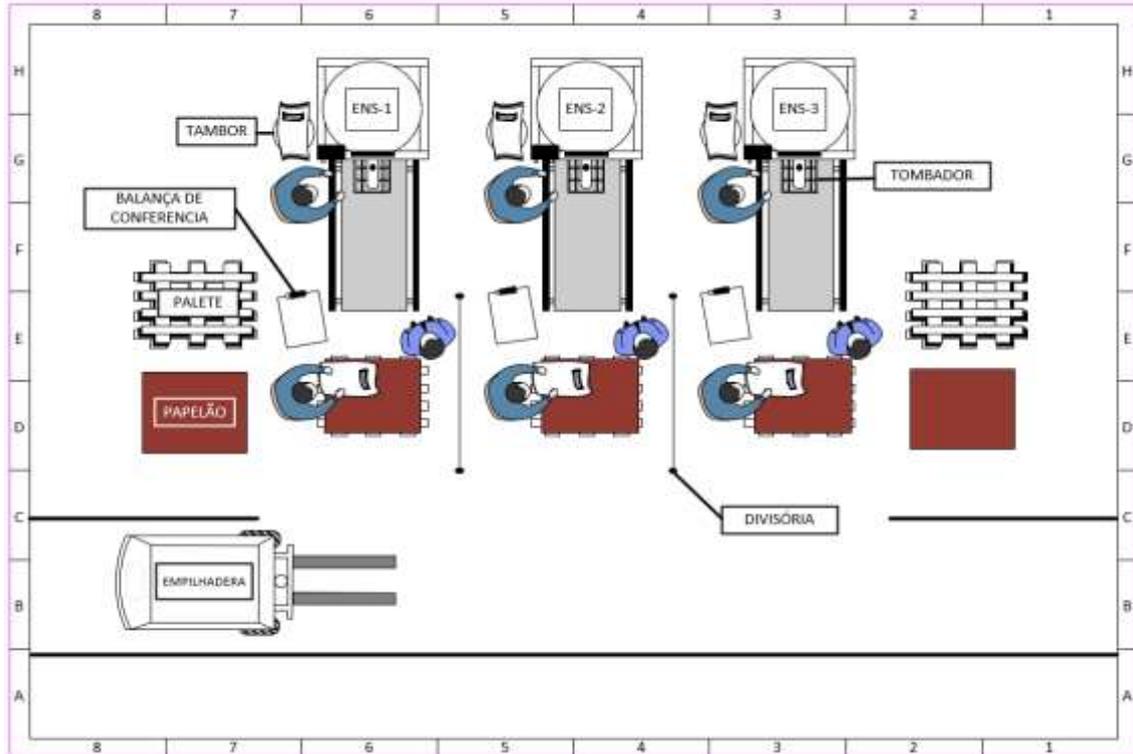
Fonte - Manual Técnico Operacional ES 5000SB PLUS - SA20542 - 2021

Ao final do processo de envasamento dos sacos de rafia (sacos constituídos de fibra de polipropileno) em cada ensacadeira, uma esteira de baixa velocidade com capacidade de aproximadamente 12 sacos por minuto, 3,2 metros de comprimento, 90 cm de largura e potência de acionamento de 2 cavalos de potência está posicionada na frente do tombador pneumático, promovendo a continuidade da linha até a paletização.

Na paletização os colaboradores fazem uso de uma balança de capacidade 50kg x 5g, marca Alfa Instrumentos, modelo BI-5040-50 e material inox para conferência dos sacos envasados, caso a ensacadeira apresente algum tipo de imprecisão na pesagem.

Ainda na paletização os colaboradores utilizam um grampeador portátil em inox, palete de 1,2x1,0m e folhas de papelão com a mesmas dimensões do palete. Estes materiais estão dispostos de acordo com o diagrama na **Figura 1**.

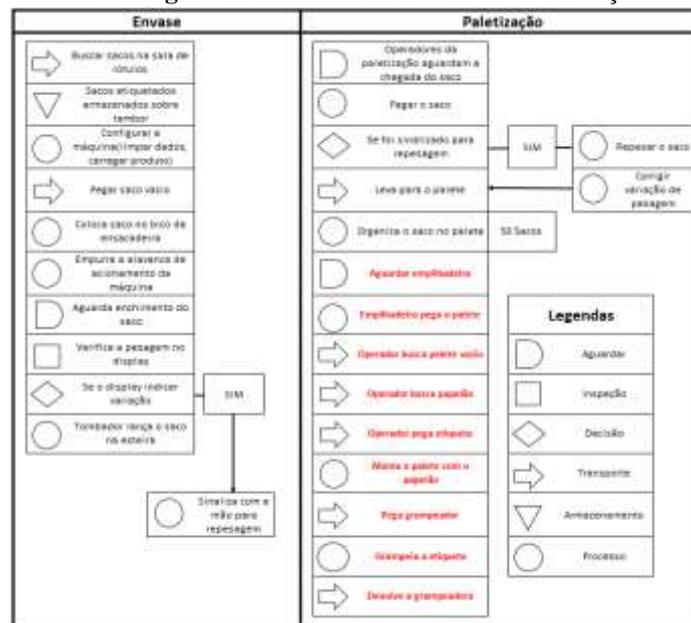
Figura 1 - Layout do Processo de Ensaque



Fonte: próprios autores – 2021

Após a identificação dos equipamentos para análise foi mapeado o processo de ensaque com o acompanhamento diário do mesmo, registrando todas as operações realizadas pelos colaboradores, gerando o **Fluxograma 1** para melhor entendimento, base para o FMEA e identificação de possíveis desperdícios nas operações realizadas pelos colaboradores. Desperdícios esses caracterizados como *The six big losses* (As seis grandes perdas) por Nakajima [6]

Fluxograma 1 – Processo de Envase e Paletização

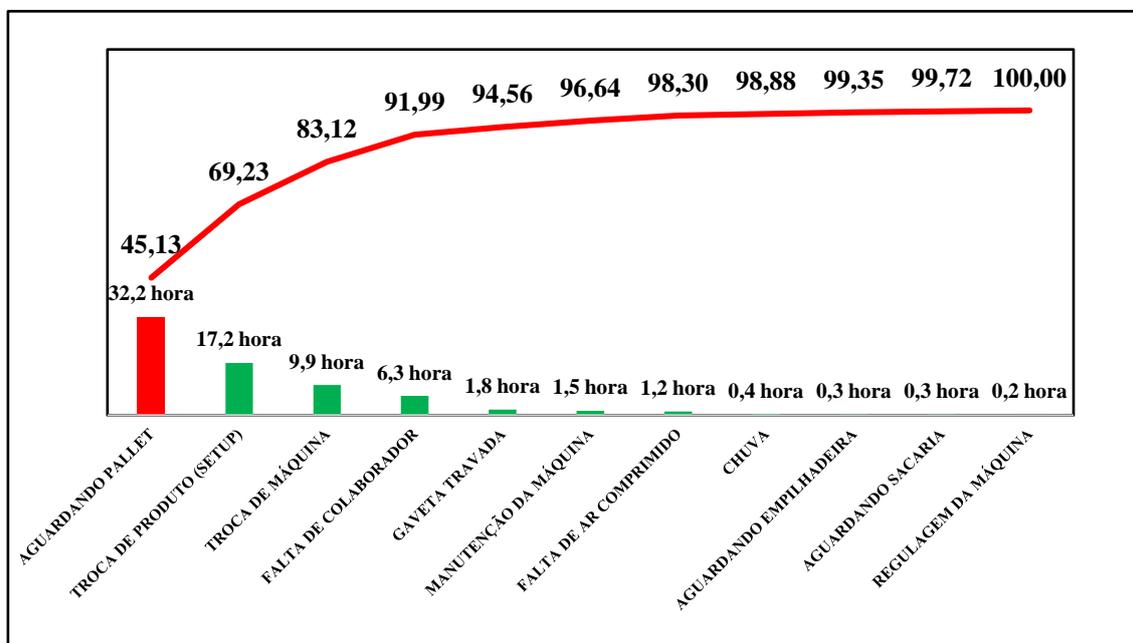


Fonte: próprios autores - 2021

Com o **Fluxograma 1** expondo as etapas do processo foi possível criar um diário de bordo com as principais paradas, onde todas as interrupções do processo serão registradas pelo operador, com intuito de quantificar os desperdícios existentes e servir como base de dados para cálculo do OEE. Porém a coleta de dados pelo diário de bordo não apresenta alta precisão como uma coleta informatizada (Coleta por *software*), mas após copilar os dados coletados, foi possível notar a semelhança com os dados levantados anteriormente na análise previa.

A análise estatística, foi aplicada por meio da criação de Pareto, ferramenta introduzida por Vilfredo Pareto o qual identificou a relação 80/20 dos eventos, quando 80% dos problemas correspondem a 20% das causas, com isso foi possível identificar os 20% dos motivos causadores de 80% dos desperdícios presentes no processo de ensaque, conforme o **Gráfico 1** (ARNOLD, 2015).

Gráfico 1 – Diagrama de Pareto, Regra 80/20



Fonte: próprios autores - 2021

Com identificação dos 20% causadores a ferramenta FMEA foi aplicada para tratar especificamente a causa mais impactante do processo, copilando dados do **fluxograma 1** e do Pareto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após três mês de acompanhamento do processo com as ferramentas já citadas, apenas no terceiro mês foi possível criar uma base de dados precisa, devido à grande resistência dos colaboradores em colaborar com a nova atividade inserida após cada operação, dessa forma os dois primeiros meses foram usados para ajustar e corrigir alguns erros no diário de bordo e treinar os colaboradores com a nova atividade.

A análise dos dados revelou um OEE próximo ao *The World Class*, 81,2% foi o resultado do último mês analisado, contradizendo Nakajima, que estima, de 40% a 50% como resultado do OEE na aqueles processos que ainda não foram tratados. Ao analisar

profundamente o histórico de volumes produzidos por meio da observação mensal, ficou aparente a falta de demanda de produção, ou seja, a fábrica possui ensacadeiras que conseguem suprir a demanda e ainda adiantar alguma demanda do próximo mês.

Dessa forma o indicador de performance se manteve sempre 98,9%, quando sempre o mês é fechado com o ensaque planejado alcançado. Também foi identificado um valor de 99,9% para a qualidade, devido ao alto controle de qualidade exigido pela empresa com sistemas de etiquetamento rastreável e coleta de amostras diárias, minimizando o risco de perdas por qualidade.

Em relação aos 82,3% de disponibilidade, é o indicador mais baixo, mas ainda na margem de proximidade do “*The word class*”, esse indicador foi escolhido para análise visando a otimização desse indicador para 90% correspondendo às metas do “*The world class*”, com os dados do diário de bordo foi criada uma relação entre tempo de parada, quantidade produzida e valor monetários correspondente ao ganho em tratar as possíveis perdas, conforme a **Tabela 3**.

Tabela 3 – Relação de ganhos referente ao mês de maio

Motivo da parada	Tempo ocioso (Horas)	Custo (R\$)	Volume (Toneladas)
Aguardando Palete	32.2	1,932.6	171.9
Troca de Produto (Setup)	17.2	1,031.9	91.8
Troca de máquina	9.9	594.9	52.9
Falta colaborador	6.3	380.0	33.8
Gaveta em falha	1.8	110.0	9.8
Manutenção Corretiva	1.5	89.0	7.9
Baixa Pressão de Ar	1.2	71.0	6.3
Aguardando Empilhadeira	0.3	20.0	1.8
Aguardando Sacaria	0.3	16.0	1.4
Regulagem da máquina	0.2	12.0	1.1

Fonte: dados do diário de bordo - 2021

Estratificando as paradas, foi necessário a aplicação de esforços na parada que mais impacta o processo “Aguardando Palete”, utilizando o FMEA como ferramenta para a análise técnica, foram geradas ações para contenção das possíveis perdas no processo, visando identificar a etapa de maior impacto na disponibilidade e demonstrar a eficácia da ação executada.

Na **tabela 4**, baseia-se na investigação das etapas bases para a realização do ciclo, visando corrigi-las ou amenizá-las para haver uma maior fluidez na decorrência do processo.

Aguardando Palete				
FUNÇÃO E REQUISITO DO PROCESSO	Aguardando empilhadeira	Operador busca palete vazio	Operador busca papelão	Processo de montar palete com papelão e grampear etiqueta
MODO DE FALHA O que poderá acontecer nesta atividade e quais tipos de falhas poderão ocorrer?	Empilhadeira atrasar	Palete em local distante	Papelão em local distante	Papelão posicionado de forma incorreta e etiqueta errada
EFEITOS POTENCIAIS DE FALHA O que pode acontecer se esta falha ocorrer no processo?	Parada do Processo de Ensaque			
CAUSAS/PERIGOS Por que essas falhas poderão ocorrer no processo?	Empilhadeira Sobrecarregada	Restrição de Espaço	Restrição de Espaço	Restrição de Espaço
CONTROLE ATUAIS DO PROCESSO DE DETECÇÃO Quais mecanismos de controle existentes para evitar as falhas.	Utilização de palheteira elétrica	Revezamento de tarefas	Revezamento de tarefas	Revezamento de tarefas
CONTIGÊNCIAS Se a falha acontecer o que deve ser feito?	Operador fazer o uso da palheteira elétrica			
DOCUMENTOS ENVOLVIDOS Procedimentos, instruções, formulários, relatórios etc.	Diário de Bordo, Cronoanálise e OEE			

Fonte: próprios autores - 2021

Analisando os dados obtidos através do formulário do FMEA, onde se faz a recomendação de ações para uma melhoria no desempenho do processo de ensaque, onde foi constatado que a uma deficiência na etapa de retirada/retorno do palete ao processo.

Estudando o processo mais a fundo para criar possíveis soluções foi levantado em consideração os dados das causas relatadas na fase 1º do FMEA, percebendo que a maior parte dos problemas estão relacionados a falta de espaço no local de trabalho, devido a medidas de prevenção contra o Covid-19, onde foram instaladas divisória para evitar que os colaboradores tenham contato entre-se, e barreiras ergonômicas com intuito de evitar que o colaborador ultrapasse a distância de 1,5m carregando peso até chegar ao palete.

Deste modo a reorganização do layout era inviável nessa situação, mas ao acompanhar processo por inúmeras vezes ficou claro que a deficiência central é o interrompimento da atividade do biqueiro para aguardar a troca do palete, ficando ocioso por 1 minuto a cada 1.250kg ensacados, senso assim foi contatado um fornecedor de esteiras para expor a necessidade de uma esteira com o final em roletes, ou seja, a criação de um buffer que acumula de 04 a 05 sacos envasados, colaborando com a capacidade nominal da máquina.

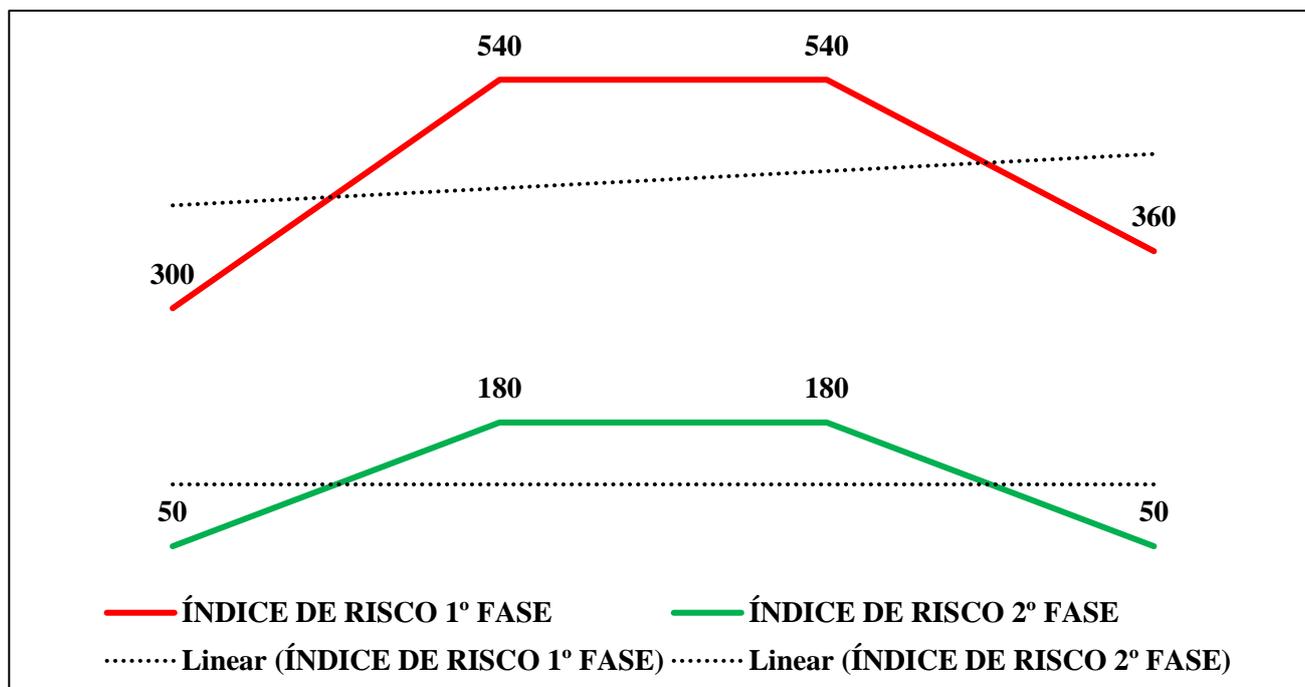
Tabela 5 – Fase 2 Ações e resultados “Aguardando Palete”

Aguardando Palete				
FUNÇÃO E REQUISITO DO PROCESSO	Aguardando empilhadeira	Operador busca palete vazio	Operador busca papelão	Processo de montar palete com papelão e grampear etiqueta
MODO DE FALHA O que poderá acontecer nesta atividade e quais tipos de falhas poderão ocorrer?	Empilhadeira atrasar	Palete em local distante	Papelão em local distante	Papelão posicionado de forma incorreta e etiqueta errada
AÇÃO	Criação de um Buffer no final da esteira	Criação de um Buffer no final da esteira	Criação de um Buffer no final da esteira	Criação de um Buffer no final da esteira
ÍNDICE DE RISCO 2º FASE	50	180	180	50

Fonte: próprios autores - 2021

NPR (Número de Prioridade de Risco) é determinado antes e depois da aplicação do FMEA, quanto maior o NPR menor será a disponibilidade do equipamento. Na 1º (Antes da Aplicação) e 2ª Fase (Depois da Aplicação) obteve-se índices totalmente distintos após a aplicação do buffer no FMEA, indicado na figura 3.

Gráfico 2 – Correlação do Índice de Risco



Fonte: próprios autores - 2021

Com a criação do buffer o biqueiro não seria interrompido na troca de palete e continuaria sua atividade na performance nominal, possibilitando a brecha de um minuto para execução da atividade, a parada “Aguardar palete” seria eliminada, haveria um ganho de produtivo em média de 172 toneladas por mês e geraria um custo evitado, quando a mão de obra não é aproveitada em sua totalidade.

5. CONCLUSÃO

A análise realizada nesse projeto alcançou o objetivo de apresentar uma melhoria para uma linha de nutrição animal, reduzindo o custo por tonelada da produção, aumentando a capacidade produtiva e implementando ferramentas base para medição do processo.

As ferramentas empregadas cumpriram seus papéis, quando o OEE conseguiu identificar o déficit na disponibilidade do processo e o FMEA ajudou no desenvolvimento da possível solução para a etapa com maior impacto produtivo, provando a correlação efetiva entre as duas ferramentas.

Após a análise realizada nesse projeto sugere-se a abertura de um projeto na empresa para solicitação de fundos financeiros, com intuito de adequar as esteiras ao buffer, padronizando a etapa do processo e criando a motivação para novas investigações recorrentes.

REFERÊNCIAS

- AHIRE, C. P.; RELKAR, A. S. Correlating failure mode effect analysis (FMEA) & overall equipment effectiveness (OEE). *Procedia Engineering*, v. 38, p. 3482–3486, 2012.
- Boi brasileiro vale R\$ 618,50 bilhões, 8,5% da economia do País - AgroSaber.** Disponível em: <<https://agrosaber.com.br/boi-brasileiro-vale-r-61850-bilhoes-85-da-economia-do-pais/>>. Acesso em: 7 mar. 2021.
- Indústria 4.0 - José Benedito Sacomano, Rodrigo Franco Gonçalves, Sílvia Helena Bonilla, Márcia Terra da Silva, Walter Cardoso Sátyro - Google Livros.** Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PNCuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=indústria+4.0&ots=o0O1BxIH0g&sig=96JzANXYjxTv2WRfJCDsMhGwgQs#v=onepage&q=indústria.4.0&f=false>>. Acesso em: 30 mar. 2021.
- CERCÓS, M. P.; CALVO, L. M.; DOMINGO, R. **An exploratory study on the relationship of overall equipment effectiveness (OEE) variables and CO2 emissions.** *Procedia Manufacturing. Anais...Elsevier B.V.*, 1 jan. 2019
- CHEN, H. et al. International Journal of Operations & Production Management Emerald Article: Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities Örjan Ljungberg"Expanding the concept of requirements traceability: The role of electronic records ma. **International Journal of Operations & Production Management Journal of Property Investment & Finance Aslib Proceedings**, v. 18, n. 37, p. 510–528, 2011.
- CHONG, K. E.; NG, K. C.; GOH, G. G. G. Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) through integration of Maintenance Failure Mode and Effect Analysis (maintenance-FMEA) in a semiconductor manufacturer: A case study. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, v. 2016- Janua, p. 1427–1431, 2016.
- CICEK, K.; CELIK, M. Application of failure modes and effects analysis to main engine crankcase explosion failure on-board ship. **Safety Science**, v. 51, n. 1, p. 6–10, 2013.
- DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement - A practical analysis. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 20, n. 12, p. 1488–1502, 2000.
- ESMAEILIAN, G. R. et al. Particular model for improving failure mode and effect analysis (FMEA) by

using of overall equipment efficiency (OEE). **Proceedings - International Symposium on Information Technology 2008, ITSIm**, v. 4, 2008.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 13, p. 3517–3535, 2008.

Nutrição Animal: o Guia completo sobre o assunto. Disponível em: <<https://multitecnica.com.br/nutricao-animal-guia-completo>>. Acesso em: 7 mar. 2021.

NAGAJIMA S., "**TPM Development Program**," Cambridge, MA : Productivity Press, 1989

NAKAJIMA, S. (1988), **An Introduction to TPM**, Productivity Press, Portland, OR.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA – FTA)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995

RABELO, M. H. S.; SILVA, E. K.; PERES, DE A. P. Análise de modos e efeitos de falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 79–86, 2014.

RAPOSO DE MEDEIROS, S.; DA COSTA, R.; BUNGENSTAB, J. **Nutrição de Bovinos de Corte**. Brasília, D ed. [s.l.] Embrapa Gado de Corte, 2015.

TSAROUHAS, P. Improving operation of the croissant production line through overall equipment effectiveness (OEE): A case study. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 68, n. 1, p. 88–108, 2019.

VIJAYAKUMAR, S. R.; GAJENDRAN, S. **IMPROVEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) IN INJECTION MOULDING PROCESS INDUSTRY**IOSR **Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <www.iosrjournals.org>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ZAMMORI, F.; BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M. Stochastic overall equipment effectiveness. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 21, p. 6469–6490, 2011.

ZUASHKIANI, A.; RAHMANDAD, H.; JARDINE, A. K. S. Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 17, n. 1, p. 74–92, 2011.

WELBORN, C. **Using FMEA to assess outsourcing risk**. **Quality Progress**, v. 40, n. 8, p. 03-31, 2021.

WILLIAMSON, R.M., **Using Overall Equipment Effectiveness: the Metric and the Measures, 2006 (Strategic Work Systems: Columbus, OH)**. Disponível em: www.swspitcrew.com Acesso em: 23 mar. 2021.