

# **APLICAÇÃO DA FERRAMENTA OEE COMO PROPOSTA DE AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM SISTEMAS DE SECAGEM DE GRÃOS**

*Higor Marques de Oliveira<sup>1</sup>*

*Darlan Marques da Silva<sup>2</sup>*

## **RESUMO**

As empresas, na atualidade, buscam obter vantagens frente aos seus concorrentes com emprego de ferramentas que as façam convergirem para processos mais eficientes e eficazes. Com esse cenário competitivo, o uso do indicador de Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) tem crescido. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo propor melhorias na produtividade e gestão da manutenção das operações de secagem de grãos, através da análise e dos cálculos de OEE do processo. Desenvolvido em uma unidade de beneficiamento e armazenamento de grãos, foram calculados os índices de Disponibilidade, Performance e Qualidade, através de dados históricos registrados em planilhas de *Excel* e analisados graficamente. As avaliações realizadas indicaram bons desempenhos quanto à programação da manutenção, dado os altos índices de disponibilidade dos equipamentos. Quanto aos resultados obtidos para performance, foi possível observar as variáveis impactantes à produtividade e apontar melhorias ao processo. As observações realizadas no âmbito da qualidade circundaram os efeitos que os altos teores de umidade dos grãos causam ao processo de secagem. Todavia, foi possível concluir que as perdas entre os índices que compõem o OEE possuem alta correlação.

Palavras-chave: Disponibilidade. Eficiência Global de Equipamentos. Indicador de desempenho.

---

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia de Produção pela Universidade de Rio Verde.

<sup>2</sup> Orientador, Professor Mestre da Faculdade de Engenharia de Produção.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que conta com diversos aspectos que privilegiam a prática do agronegócio. Sua grande extensão territorial, abundância de água doce, relevo e clima favoráveis tornam essa prática uma das principais fontes econômicas do país. De acordo com dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o agronegócio representou 21,5% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional de 2016, com destaque para as culturas de milho e soja. A soja ocupa o notável segundo lugar no *ranking* mundial, com a produção de 113,923 milhões de toneladas, atrás apenas dos Estados Unidos, com 117,208 milhões de toneladas na safra 2016/2017 (EMBRAPA, 2017).

A região centro-oeste do país, nos últimos cinco anos, registrou os maiores avanços em relação ao plantio de milho e soja, segundo levantamentos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Atualmente, é responsável por cerca de 36,70% e 65,37% da produção brasileira de milho e soja, respectivamente. Para a safra 2017, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) esperava um aumento em 19,5% na cultura de soja em relação à safra 2016. Esses constantes aumentos na produção de grãos acabam por refletir nas unidades armazenadoras, exigindo controles maiores e mais sofisticados.

A manutenção de suas propriedades biológicas depende muito do manejo dos grãos durante o processo de armazenagem, do contrário não estarão à disposição para suprir a demanda quando solicitados (BURKOT, 2014). No período pós-colheita, um dos principais processos que antecedem a armazenagem é a secagem dos grãos (RIBEIRO, 2005), pois ao reduzir o percentual de umidade é possível satisfazer as condições necessárias para a estocagem (WEBER, 2005).

Neste contexto, é comum que as agroindústrias invistam fortemente nesse setor, a fim de produzir, beneficiar e exportar os produtos oriundos do campo. Com a competitividade nesse mercado e em consonância ao aumento de demanda, as empresas precisam estar preparadas para lidar com essa movimentação, e para isso é crucial o conhecimento da capacidade de suas plantas. O bom gerenciamento de ativos é uma das medidas que pode proporcionar às indústrias aumento de produtividade, redução de custo em operações, além de melhorias na qualidade. Um indicador que permite a visualização desses aspectos é o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), pois possui seu foco voltado nas medições da eficiência global dos equipamentos (STORTTE et al., 2014).

O presente estudo de caso foi desenvolvido em uma Unidade de Beneficiamento e Armazenagem de Grãos (UBAG) de uma empresa multinacional do ramo das *commodities* localizada no sudoeste goiano, com objetivo de propor melhorias na produtividade e gestão da manutenção das operações de secagem de grãos através da análise dos cálculos de OEE, identificando perdas relacionadas à manutenção, produção e qualidade, a partir da compreensão do processo e da ferramenta estudada.

Assim, este foi subdividido em sete seções, nas quais a segunda, terceira e quarta seções discutem o processo de secagem de grãos, os indicadores de performance na tomada de decisão e o OEE como ferramenta de redução de perdas, todas com a finalidade de conhecer o processo no qual a pesquisa foi desenvolvida e trazer trabalhos correlacionados. Na seção de número cinco, serão apresentados os processos metodológicos adotados ao longo do trabalho, e na sexta, a discussão dos resultados obtidos pela pesquisa. A última seção traz o encerramento conclusivo do trabalho.

## **2 SECAGEM DE GRÃOS**

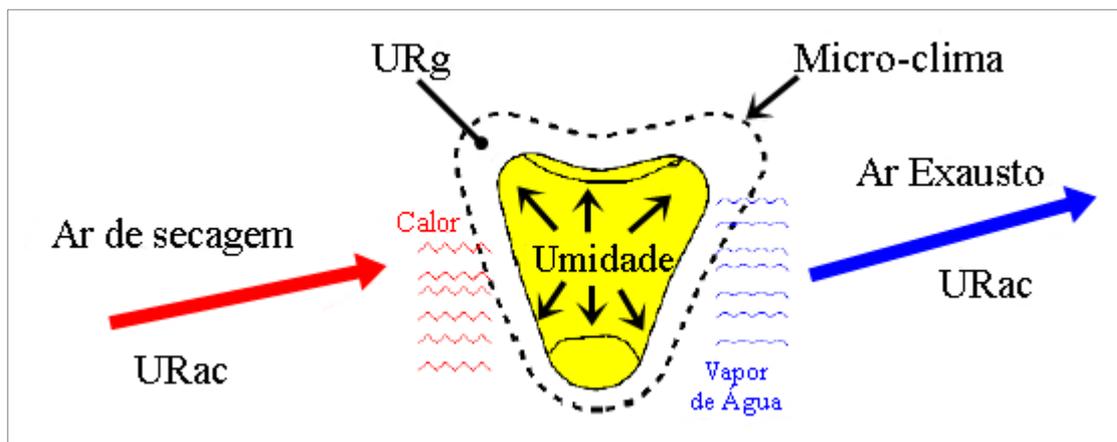
Durante os períodos de safra, algumas medidas são propostas em busca da garantia da qualidade do produto, uma delas consiste em adiantar os períodos de colheita, a fim de preservar o plantio do ataque de pragas. Essa medida acaba gerando produtos com índices elevados de umidade. Esses altos índices tem impacto direto no processo de conservação dos grãos, momento no qual o processo de secagem demonstra sua excelência no período pós-colheita (RIBEIRO, 2005).

A eficiência em manter qualidade dos grãos para armazenagem por meio do processo de secagem se sustenta nos preceitos de que a água é utilizada como fonte no desenvolvimento metabólico dos microrganismos, logo se percebe que, com controle nos níveis de umidade do produto, é possível garantir a qualidade nos períodos de estocagem (RODRIGUES, 2010).

Segundo Schmidt, Lorencena e Teixeira (2017), o processo de secagem por deslocamento de ar quente através da massa de grãos é o mais usual. Durante sua execução, há a ocorrência simultânea de transferência de calor e massa até que se atinja equilíbrio com o ambiente, sendo que sua duração é determinada a partir da relação entre o teor de água desejado e o teor de água inicial, e a performance do secador (BIAGI, 2002; RIBEIRO, 2005; SCHMIDT; LORENCENA; TEIXEIRA, 2017).

Segundo Silva (2004), o processo de secagem ocorre em três etapas: na primeira, o ar aquecido pela fornalha dos secadores transfere calor aos grãos, que em consonância transmitem umidade à camada de ar que o envolve, a qual é denominada de microclima. Na próxima fase, o vapor do microclima migra para o ar de secagem devido a umidade relativa do microclima ( $UR_g$ ) ser maior que a umidade relativa do ar ( $UR_{ac}$ ). Na terceira etapa, o ar de secagem se torna ar de exaustão ( $UR_{ae}$ ) em função de sua queda de temperatura por meio da transferência de calor e aumento de sua umidade relativa por meio da transferência de massa, conforme ilustrado na Figura (1).

**FIGURA 1** – Processo de secagem



Fonte: Silva (2004).

No Brasil, o modelo de secador mais utilizado é o de fluxo misto ou também denominado de tipo cascata, possui alimentação a partir da energia térmica liberada pela queima de lenha na fornalha. É composto por uma torre em que 2/3 de sua construção é destinada à secagem e o 1/3 restante está disponível para o resfriamento da massa de grãos até a temperatura de armazenagem. Estão disponíveis no mercado com capacidades entre 15 a 250 t/h (SCHMIDT; LORENCENA; TEIXEIRA, 2017).

Por serem responsáveis pela maior parte do consumo de energia elétrica e térmicas a partir da queima de combustíveis, os secadores recebem tratamentos especiais nas unidades de beneficiamento de grãos. Além de seus altos custos de operações, são responsáveis por manter a qualidade da colheita para armazenagem. No entanto, a má operação desses equipamentos pode gerar transtornos às propriedades físicas dos grãos, especialmente quando se faz necessário a secagem intermitente, na qual a massa de grãos não atinge o teor de umidade esperado, sendo preciso recircular o produto pelo secador (SILVA, 2006).

Ainda Silva (2006) destaca que, para uma boa operação do equipamento, é importante o conhecimento das variáveis de entrada, os parâmetros do sistema e as variáveis de saída. São as variáveis de entrada o teor de água inicial do produto, tipo de produto e índice de grãos quebrados e trincados. A capacidade dos elevadores, potência dos motores elétricos, vazões de ar necessárias e velocidade do produto pelo secador são os parâmetros do sistema. Para as variáveis de saída, são considerados o tempo de secagem, teor final de água do produto, temperatura do ar de exaustão, índice de grãos trincados e quebrados, consumo de lenha e energia elétrica.

Para que seja possível gerir todas essas variáveis, as indústrias comumente fazem uso de ferramentas que monitoram os processos. Essas ferramentas em geral visam o acompanhamento e controle dos aspectos de maior relevância, são eles os indicadores de performance que auxiliam a tornar a gestão mais eficaz e o processo mais eficiente.

### **3 INDICADORES DE PERFORMANCE**

A necessidade da tomada de decisões assertivas por parte dos gestores sobre condições adversas exige estratégias capazes de demonstrar informações dos processos produtivos em tempo real. Nesse contexto, os indicadores de desempenho se mostram eficazes por quantificarem os resultados obtidos e proporcionarem avaliações de melhorias nos processos, bem como verificar se o alcance dos objetivos e metas ocorreu conforme o planejado (VINHA; MOTA, 2014; SILVA et al., 2015).

Para a manutenção de ativos não é diferente, os indicadores de performance amparam os planejadores e mantenedores nas avaliações comportamentais de máquinas e equipamentos, propondo o momento mais apropriado para atuação. Além disso, mensurar o desempenho dos equipamentos contribuiu para o êxito das companhias industriais, afinal são determinantes para a produtividade (MARQUES, 2014).

Gonçalves (2014) demonstra em seu trabalho com indicadores de performance a avaliação da filosofia adotada na gestão de manutenção de um aeroporto e sua efetiva melhoria nas soluções das necessidades dos ativos e resultados almejados pela organização. Para Marques (2014), é imprescindível que o setor de manutenção conheça, acompanhe e planeje seu uso, assim seus rendimentos e custos são melhores administrados. Em seu estudo, os indicadores deram suporte ao processo de implantação de uma nova metodologia de

planejamento e programação de manutenção, gerando benefícios com redução de custos, aumento da disponibilidade dos equipamentos, redução dos riscos de acidentes e aumento da qualidade dos serviços realizados.

Na próxima sessão será abordado a respeito do OEE, que visa quantificar e avaliar as perdas produtivas por meio do processo de gestão de ativos. A ferramenta *Overall Equipment Effectiveness* tem ganhando ênfase de muitas empresas, principalmente as que precisam garantir os grandes índices de disponibilidade de seus equipamentos (SILVA; DERZI, 2016).

#### **4 A EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS PELO OEE**

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é uma ferramenta utilizada na gestão de desempenho de ativos, foi desenvolvida de acordo com a metodologia Manutenção Produtiva Total (TPM), baseada na transição da manutenção corretiva para preventiva, em busca da “parada zero”, reduzindo os custos com a quebra de equipamentos e paradas no processo produtivo (GIRÃO; AMORIM; MASIH, 2016). Ainda segundo Girão, Amorim e Masih (2016), a primeira empresa a implementar a filosofia TPM fazia parte do grupo Toyota que, em contrapartida, recebeu o prêmio de excelência industrial no Japão devido à eficácia do programa implantado.

Raposo (2011) destaca que a busca pela “parada zero” ocorre para eliminar as seis grandes perdas, são elas: quebras e falhas, pequenas paradas, perda de velocidade, *start-up* e o retrabalho. Eliminar tais perdas é uma das grandes provocações da metodologia TPM, e para isso cinco práticas são estruturadas. A primeira delas está na busca da melhoria da eficácia, na qual as perdas que podem ocorrer durante todo o processo são estudadas; a próxima prática envolve a disseminação da manutenção autônoma, em que os operadores são responsáveis por parte da manutenção; a terceira meta é o planejamento da manutenção, no qual são determinados métodos de trabalho e roteiros para cada máquina. Na sequência vem o treinamento do pessoal, para que haja o melhor desempenho da equipe e, por fim o gerenciamento dos equipamentos desde o projeto, evitando manutenções complexas (SLACK, 2002).

Ainda segundo Slack (2002), a manutenção produtiva total demonstra que a disponibilidade dos equipamentos não diz respeito apenas à equipe de manutenção e sim a todos, que de alguma maneira podem contribuir. Esse conceito deixa evidente a importância da

interação entre homens e máquinas, e fica ainda mais claro quando visualizado através dos oito pilares que sustentam a filosofia de trabalho TPM. São eles: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhorias específicas, educação e treinamento, qualidade, controle inicial, TPM administrativo, TPM segurança, higiene e meio ambiente (MACON; CASPANI; ALONSO, 2010).

Referenciado na bibliografia brasileira como Eficiência Global dos Equipamentos, o OEE foi criado na década de 60 por Seiichi Nakajima, com o intuito de avaliar a manufatura por meio de três índices, a disponibilidade, performance e qualidade (LEAL *et al*, 2013). A combinação entre esses três fatores demonstra a eficiência global do equipamento, no entanto, a análise individual de cada um deles permite identificar quais são os pontos que requerem maior atenção (RAPOSO, 2011).

A sua disseminação em âmbito mundial surgiu de acordo com a adoção das metodologias do Sistema Toyota de Produção e a Manufatura Enxuta por parte das empresas, que cada vez mais buscam a perda zero. Por ser indicador tridimensional, reflete bem as principais perdas que ocorrem em um equipamento e ainda assim permite outras funcionalidades, como o planejamento de capacidade, controle de processo, melhoria de processo e quantificar os custos das perdas (SILVA, 2009).

Stortte et al (2014) ressaltam que o uso do OEE em seu estudo trouxe possibilidades de melhorias na eficiência da moenda e da caldeira, nas quais as perdas de disponibilidade puderam ser qualificadas e quantificadas, norteando a adoção de medidas que aumentassem o desempenho do sistema. As causas com diagnósticos mais relevantes, de acordo com o indicador, foram a falta de vapor e manutenções mecânicas, demonstrando abertura para que seu uso seja expandido para outros pontos críticos da indústria. Silva e Derzi são outros autores que demonstram que, com o levantamento e avaliação do OEE, é possível ganhos na produtividade. Em seu trabalho na conformação de tampas de alumínio para bebidas foi possível reduzir a ociosidade durante o processo, refletindo um acréscimo da ordem de 10,5% na fabricação das tampas.

Segundo Rigoto e Natti (2014), a aplicação dos cálculos de eficiência global dos equipamentos em seu estudo revelou a necessidade da troca de duas máquinas empilhadeiras para um melhor aproveitamento do tempo disponível para operação, o que trouxe como resposta um aumento na produtividade na linha de produção do vibrado durante o processo de fabricação de tubos de concreto. De maneira indireta, o indicador teve atuação na redução dos custos de

manutenção assim que um programa de manutenções preventivas foi instaurado, minimizando os impactos causados pelas quebras repentinas das máquinas.

Com todo esse cenário de aplicações e melhorias, as empresas consideradas excelência quando aplicado o OEE, possuem o resultado igual a 85%. No entanto, para se obter o “título” de OEE classe mundial não basta apenas atingir tal resultado, é necessário que seus índices de disponibilidade, performance e qualidade sejam iguais a 90%, 95% e 99,9%, respectivamente. Vale ressaltar que nem sempre esses valores possuem relevância para todas as organizações, variando de acordo com metodologia adotada por cada uma em seus processos (OEE, 2017).

Dado que o OEE tem seu foco voltado a reduzir ou eliminar os desperdícios dos processos produtivos, sejam eles de tempo e ou recursos, o seu uso é indicado para aqueles equipamentos que constituem os gargalos. Desse modo, os resultados precisam indicar os pontos de melhorias (PINTELON, 2010; RAPOSO, 2011). Raposo (2011) ressalta que para isso é importante que os dados para o cálculo do indicador apresentem alto grau de confiabilidade, uma vez que informações duvidosas podem levar à tomada de decisões que acarretem no aumento dos desperdícios, indo pelo sentido contrário do proposto.

A seguir, os indicadores que compõem o OEE serão apresentados de maneira equacionada no contexto do presente estudo de caso, de maneira mais detalhada, a fim de uma melhor compreensão.

Logo, pode-se traduzir o OEE pela Equação (1):

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

- a) Disponibilidade: é o índice que diz respeito ao percentual do tempo em que o equipamento ou máquina esteve em operação em relação ao tempo total, devido a paradas por falhas, manutenções e setup (PEREIRA, 2012). Para o presente estudo será calculado a partir da Equação (2).

$$D = \frac{\text{Tempo total} - \text{Tempo parado}}{\text{Tempo total}} \times 100 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: Tempo total é o número de horas disponíveis em calendário no período em questão;

Tempo parado é o número de horas em que o equipamento esteve indisponível devido a falhas, manutenção, setup, limpeza entre outros.

- b) Performance: é a relação percentual entre capacidade nominal do equipamento e o seu desempenho efetivo. Nesse aspecto, são analisadas as quedas de velocidade devido a anomalias e pequenas paradas que podem impactar no desempenho. Para o presente estudo, será calculado a partir da Equação (3).

$$P = \frac{\text{Desempenho nominal} - \text{Desempenho efetivo}}{\text{Desempenho nominal}} \times 100 \quad \text{Equação (3)}$$

Onde: Desempenho nominal é a capacidade determinada pelo fabricante em projeto;

Desempenho efetivo é o volume secado por hora na realidade. Ambos em t/h.

- c) Qualidade: esse indicador demonstra a parcela da produção defeituosa ou que geraram retrabalho, para o processo de secagem será analisada a relação percentual entre o volume total secado e o volume que necessitou passar mais de uma vez pelo secador, ou seja, ser reprocessado. Seus resultados serão obtidos conforme a Equação (4).

$$Q = \frac{\text{Volume total secado} - \text{Volume em secagem intermitente}}{\text{Volume total secado}} \times 100 \quad \text{Equação (4)}$$

Onde: Volume total secado corresponde a todo o volume secado no período analisado;

Volume em secagem intermitente corresponde a quantidade de produtos que foram secados por mais de uma vez.

O próximo tópico demonstra os materiais e métodos adotados ao longo do desenvolvimento desse estudo.

## 5 METODOLOGIA

Nessa seção, exploram-se os métodos empregados na execução do presente estudo na busca do objetivo almejado, caracterizando-se como estudo de caso, por avaliar ocorrências do

cotidiano da vida real. E de abordagem quantitativa, pois leva em consideração a análise de indicadores que se baseiam em métodos matemáticos, a fim de quantificar as perdas nos processos produtivos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Os dados coletados para essa pesquisa foram registrados pela organização por meio de planilhas e são referentes aos registros dos volumes secados nos meses de janeiro a abril de 2017, período que corresponde à movimentação de soja. Além disso, houve também auxílio do gestor da área. Os valores tabulados demonstravam os tempos em que o equipamento esteve em pleno funcionamento e os momentos de paradas devido a quebras ou falhas, capazes de traduzir a disponibilidade do ativo, além do tempo gasto para realizar a operação com determinados volumes e seus resultados obtidos, permitindo os cálculos de performance e qualidade.

Todos os cálculos e gráficos apresentados nesse estudo foram desenvolvidos por meio de planilhas no *Microsoft Excel*® 2016, a partir de então os resultados obtidos foram discutidos e analisados ao longo das próximas seções, a fim de propor melhorias no desempenho do sistema de acordo com a metodologia estudada.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

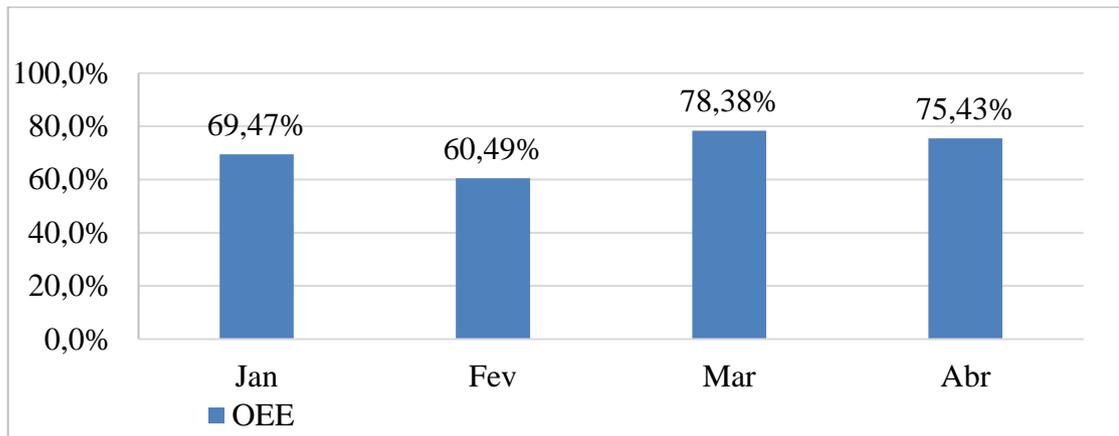
A planta de beneficiamento e armazenagem recebe os grãos por caminhões e os expedem pelo modal hidroviário. Os equipamentos estudados foram dois secadores de fluxo misto com a capacidade de produção equivalente a 60 t/h cada, trabalhando 24 horas, 7 dias por semana nos períodos de safra. É alimentado com lenha de maneira manual por operadores ao decorrer da secagem. Por ser um processo que possui elevados custos de instalação e operação, é importante que a sua eficiência seja acompanhada de perto, reduzindo ao máximo suas perdas; nesse aspecto, a aplicação do OEE surgiu como um pilar para a busca de melhorias ao processo.

Para uma melhor compreensão do indicador, é importante que cada um de seus índices seja observado e julgado separadamente. No entanto, os primeiros resultados aqui apresentados traduzem os valores da eficiência global dos equipamentos e sua avaliação de forma geral, no intuito de promover uma avaliação prévia dos resultados obtidos e voltar o foco da pesquisa ao índice que merecer os maiores esforços.

Assim, de posse dos dados necessários, foi possível mensurar os valores de cada um dos três componentes para um acompanhamento mensal e, posteriormente, obter o valor total do

OEE de todo o período em questão. De acordo com a Equação (1), produto entre disponibilidade, performance e qualidade puderam definir a eficiência global do processo de secagem em questão. Os resultados obtidos foram plotados no gráfico representados pela a Figura (2).

**FIGURA 2** – Eficiência Global dos Equipamentos (OEE)



Fonte: Próprios autores (2017)

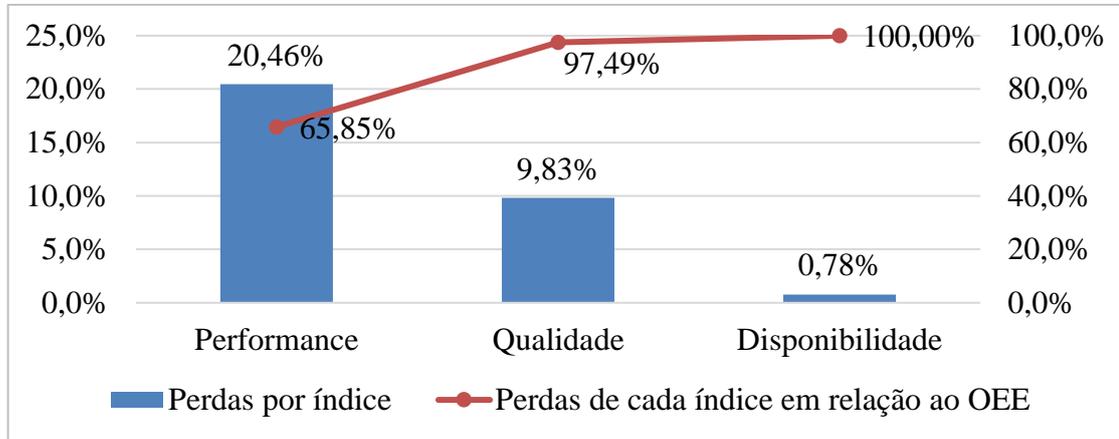
A partir dos dados apresentados na Figura (2), é possível compreender que os valores do OEE estão variando entre 60,0% a 80,0%, resultante em uma taxa de 71,16% de eficiência global em média para os meses de janeiro a abril de 2017. A priori, existe uma lacuna de melhoria igual a 28,84%, no entanto, em uma análise comparativa com o valor de classe mundial, essa lacuna passa a ser de 13,84%. Porém, apenas com essas observações, evidenciar as perdas contidas no processo se torna algo quase impossível. Contudo, antes de iniciar as avaliações índice a índice, utilizou-se uma das ferramentas da qualidade para rastrear em qual métrica as perdas eram mais contundentes.

A ferramenta da qualidade empregada foi o Gráfico de Pareto, também conhecido como princípio 80/20, o qual é capaz de demonstrar que 80% dos problemas são oriundos de 20% das causas, ou seja, 20% dos motivos geram 80% dos transtornos. Sendo assim, atacando esses 20% das fontes, 80% dos empecilhos serão solucionados (PEINADO; GRAEML, 2007).

O uso do Gráfico de Pareto proporcionou a tomada de decisão em relação a qual dos itens os olhares devem se voltar com maior efetividade. Com um rápido exame, o diagnóstico está dado, as principais perdas do processo relacionam-se com a performance do equipamento. Nesse contexto, os próximos parágrafos trazem uma avaliação mais detalhada de cada índice, começando pela disponibilidade e encerrando com a qualidade, porém com maior foco a seção

de performance. A Figura (3) mostra em ordem o índice com maior frequência de perdas de eficiência ao índice de menor frequência.

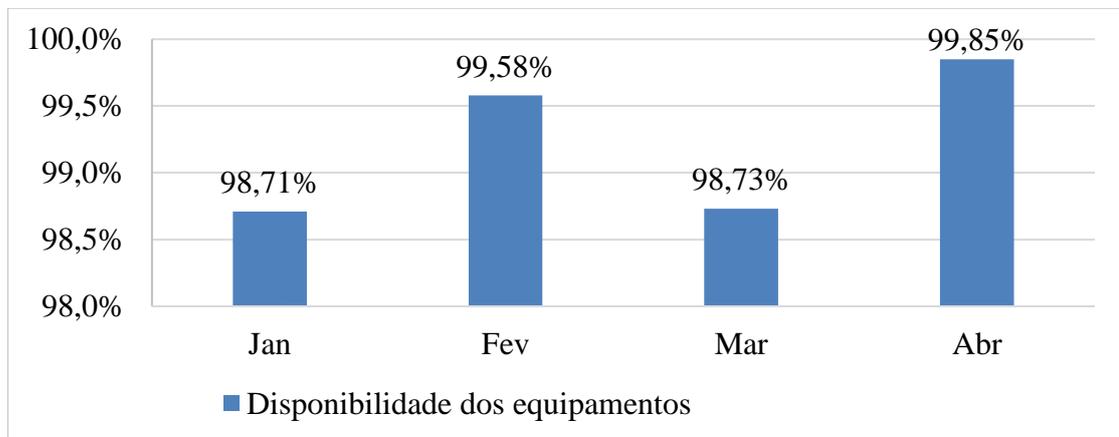
**FIGURA 3** – Perdas de Eficiência Global



Fonte: Próprios autores (2017)

O primeiro aspecto analisado dentre os três índices foi acerca do tempo em que os equipamentos estavam realmente à disposição. Para isso, todos os instantes em que o sistema não esteve produzindo, tal como paradas programadas, manutenção e limpezas, foram subtraídos do cálculo, conforme Equação (2). O período do levantamento era composto por 2880 h, sendo que dessas 2857,05 h o equipamento esteve em pleno funcionamento. A Figura (4) retrata o cenário de disponibilidade dos equipamentos durante o período estudado.

**Figura 4** – Disponibilidade dos Equipamentos



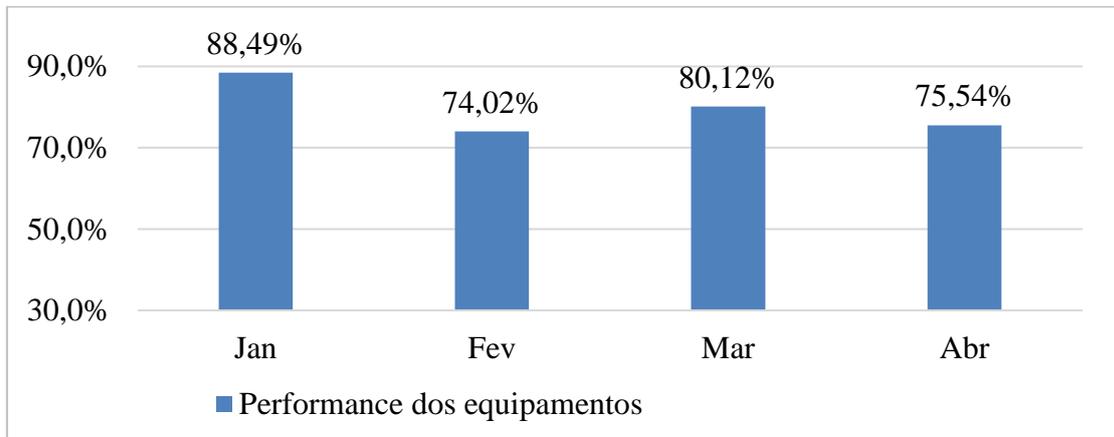
Fonte: Próprios autores (2017)

A disponibilidade média registrada atingiu os consideráveis 99,22%. Observando a Figura (4) é possível notar os valores bem expressivos de cada mês. Tratando-se de equipamentos, esses números podem ser considerados como um ótimo índice de disponibilidade ainda se comparado com o valor de classe mundial. A partir desse número, levanta-se a hipótese de que o plano de manutenção adotado demonstra eficácia, afinal as perdas no processo registradas para o critério de manutenção são baixas. Durante os períodos entre safra, a operação com produtos de índices elevados de umidade é bem reduzida, promovendo a armazenagem direta sem a necessidade que a secagem ocorra, proporcionando tempo suficiente para adequações, manutenções e melhorias, então reduzindo quebras inesperadas. Embora os resultados obtidos demonstrem altos níveis de disponibilidade, o acompanhamento frequente desse indicador permitirá que equipe de manutenção mensure seu desempenho e ofereça maior confiabilidade operacional ao processo.

Afinal, em uma visão mais atual dos conceitos de manutenção, seu foco está em manter as funções das máquinas e equipamentos bem como projetado. Esse panorama faz com que as equipes de manutenção concentrem-se cada vez mais em estratégias que equilibrem o fator disponibilidade e custos, ou seja, encontrar o ponto ótimo entre esses dois aspectos (GARCIA, 2014; BRUSIUS JUNIOR, 2016). Portanto, quando se tem equipamentos que proporcionam bons níveis de disponibilidade, os gestores possuem maior confiabilidade nos sistema e/ou processos produtivos, facilitando a tomada de decisão.

A performance do equipamento, segundo índice que compõe o OEE, é a relação percentual entre o desempenho real e o projetado, esse indicador dá grande ênfase à produtividade por evidenciar como o sistema está se comportando. Para o seu cálculo, foram utilizadas as quantidades produzidas em proporção ao tempo de operação, e comparadas ao desempenho nominal bem como exposto na Equação (3).

Os resultados obtidos para esse critério são demonstrados na Figura (5), a partir de sua observação é perceptível que as perdas por performance são maiores quando comparadas às perdas de disponibilidade, o índice médio de performance registrado em todo intervalo corresponde a 79,50%, ou seja, há espaço para melhoria da performance do equipamento em 20,46%, porém há variáveis importantes para a capacidade produtiva dos secadores, algumas delas são passíveis da influência dos gestores, outras nem tanto, implicando em análises cuidadosa desse indicador.

**Figura 5** – Performance dos Equipamentos

Fonte: Próprios autores (2017)

Com o estudo teórico e as observações do funcionamento do processo de secagem, é possível indicar algumas melhorias relevantes ao processo. Quando o equipamento recebe junto aos grãos um alto percentual de impureza sua performance é impactado, sendo necessário que os grãos passem por um processo de pré-limpeza para a remoção de materiais vindos da colheita (talos, folhas, palhas, torrões, entre outros). Durante esse processo, os grãos são submetidos ao peneiramento em diferentes malhas granulométricas até que o percentual de impureza seja reduzido. Esse processo, além de diminuir o consumo de combustível e os riscos de incêndio, proporciona maior efetividade durante a secagem, pois esses materiais obstruem as transferências de calor e massa entre e os grãos e o ar de secagem (BRASIL, 2017). Para esse aspecto, pode-se sugerir um melhor ajuste às peneiras para que haja uma maior remoção das impurezas dos grãos, antes de adentrarem ao secador.

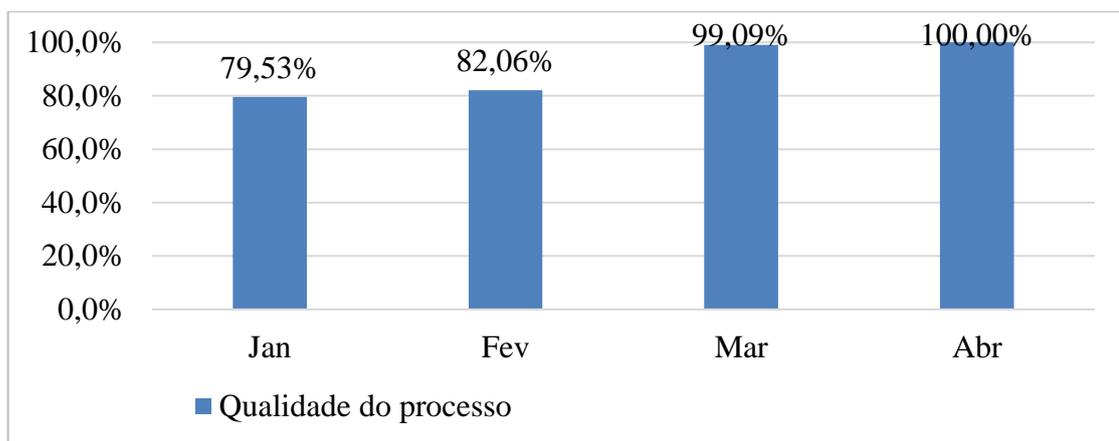
Outra variável de impacto à performance observada durante o estudo é a necessidade da constante supervisão e atuação dos operadores quanto às variações de temperatura do ar de secagem ora aumentando, ora diminuindo a alimentação de lenha. Schmidt, Lorencena e Teixeira (2017) afirmam que esse tipo de controle empírico traz ineficiência ao processo por estar mais propenso a erros. Como melhoria a esse procedimento, cabe um estudo de viabilidade de implantação de controladores de temperatura inteligentes, os quais regulam as variações de temperaturas por meio de termostatos, aumentando a eficiência do processo, a sua adoção por parte das UBAG tem crescido (RODRIGUES, 2010).

Há muita controvérsia quanto à qualidade dos grãos, em sua grande maioria recebem comparativos à finalidade do processo ou ao seu emprego final (FERNANDES; MARINHO, 2016). Dessa forma, a maneira mais coerente encontrada para as análises de resultados que

circundam o aspecto qualidade para o presente estudo é a finalidade do processo de secagem de grãos, ou seja, satisfazer aos cereais teores de umidade adequados à armazenagem por períodos prolongados sem perdas.

Os resultados aqui obtidos a partir da Equação (4) baseiam-se nas perdas geradas à qualidade do processo por retrabalhos, onde não se conseguiu atingir os requisitos preestabelecidos de umidade para armazenamento. Assim, as avaliações se concentram na qualidade do processo e não diretamente na qualidade do produto. Quanto aos retrabalhos do processo, são denominados de secagem intermitente, no qual o produto é recirculado pelo secador até que se atinja o teor desejado, e geralmente ocorre quando o percentual de umidade inicial ultrapassa cerca de 4% do percentual final desejado (SILVA, 2006). A Figura (6) apresenta os percentuais de soja secada pelo processo contínuo, sem a necessidade de recircular o produto pelo equipamento.

**FIGURA 6** – Qualidade do Processo de Secagem



Fonte: Próprios autores (2017)

Contudo, os resultados indicam que, ao longo dos meses, as taxas de produtos secados pelo processo intermitente decresceram, assim aumentando a qualidade do processo. Os aumentos registrados no gráfico ao longo do período de estudo, estão relacionados com o distanciamento do início da safra, em que os grãos possuem maiores teores de umidade. Esses acréscimos de qualidade, por sua vez, são pertinentes aos custos operacionais, levando em consideração a redução dos tempos de permanência da massa de grãos no equipamento, logo o consumo de energia é menor, tanto elétrica quanto térmica, obtida a partir da queima de combustíveis.

Quando o produto recebe rodízios nos secadores a operação de descarga de caminhões realizada na UBAG sofre impactos, sua capacidade é reduzida, devido a necessidade de enviar o produto descarregado ao secador, assim atingindo a capacidade máxima das moegas, aumentando o número de veículos aguardando a descarga e conseqüentemente os custos com estadia. Portanto, para que se atribua maiores índices de qualidade ao processo é importante que os gestores e tomadores de decisões conheçam a capacidade e os gargalos de seus processos, ponderando os teores de umidades das cargas enviadas.

## **7 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por meio desse estudo, nota-se a ampla aplicação do indicador OEE. Seu uso foi capaz de identificar as perdas no processo de secagem de grãos associadas aos pilares de disponibilidade, performance e qualidade, aspectos que podem definir a excelência e competitividade entre as organizações.

No que diz respeito à disponibilidade dos equipamentos em estudo, obteve-se desempenho realmente expressivo, com média registrada em 99,22%, destaque para a efetividade das atuações da equipe de manutenção, dado que as principais perdas ligadas a esse índice relacionam-se com esse setor das indústrias. Porém, o resultado obtido não impediu o avanço do estudo de melhorias, pelo contrário, permitiu uma melhor análise dos outros índices. Os critérios de performance e qualidade analisados se correlacionaram, demonstrando uma interdependência em relação à eficiência global do equipamento. Contudo, a abordagem das propostas de melhorias deu maior ênfase ao rendimento do equipamento, o item que demonstrou as maiores perdas e impactos ao OEE do processo de secagem.

Para trabalhos futuros, fica a possibilidade de avaliar a implantação das melhorias aqui indicadas, bem como validar a efetividade da gestão pelo indicador OEE em tempo real. Além disso, o critério de qualidade pode ser avaliado pela perspectiva das perdas de qualidade geradas aos grãos pelo processo de secagem.

## REFERÊNCIAS

- BIAGI, J. D.; BERTOL, R.; CARNEIRO, M. C. Secagem de grãos para unidades centrais de armazenamento. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. *Armazenagem de grãos*. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002. cap.5.2, p.289-308.
- BRASIL. Companhia de Armazéns e Silos de Minas Gerais S.A (CASEMG). *Secagem de Grãos*. Disponível em: <<http://www.casemg.gov.br/index.php/servicos/secagem-de-graos/>>. Acesso em: 14 out. 2017.
- \_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Produção de cereais, leguminosas e oleaginosas - confronto entre as safras 2016 e 2017 - Brasil - Junho de 2017*. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201706\\_7.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201706_7.shtm)>. Acesso em: 08 ago. 2017.
- \_\_\_\_\_. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). *Soja em Números (safra 2016/2017)*. Atualizado em Junho de 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 08 ago. 2017.
- BRUSIUS JUNIOR, W. *Estratégia de manutenção centrada na confiabilidade para três máquinas de produção em uma empresa de transformação mecânica*. Artigo (MBE em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2016.
- BURKOT, C. R. *A qualidade desejada na secagem e armazenagem de grãos em uma cooperativa no município de Ponta Grossa-PR*. Revista de Gestão e Organizações Cooperativas, v. 1, n. 2, p. 39-50, 2014.
- CNA. *PIB do agronegócio deve crescer de 2,5% a 3% em 2016, diz CNA*. Brasília, 06 dezembro 2016. Não paginado. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/noticias/pib-do-agronegocio-deve-crescer-de-25-3-em-2016-diz-cna>>. Acesso em: 12 ago. 2017.
- FERNANDES, R. L.; MARINHO, M. S. *Controle de Qualidade na Produção de Milho – Semente*. Simpósio de TCC e Seminário de Iniciação Científica, ICESP, 2016.
- GARCIA, F .L. *Proposta de Implantação de Manutenção Preventiva em um Centro de Usinagem Vertical: Um Estudo De Caso*. Tecnologia e Tendências, v. 9, n. 2, p. 88-115, 2014.
- GIRÃO, A. H. F.; AMORIM, A. A.; MASIH, R. T. *Análise do processo da aplicação da manutenção produtiva total no setor de tingimento de uma indústria têxtil*. ENEGEP, 2016.
- GONÇALVES, D. F. *Gestão da manutenção em edifícios: modelos para uma abordagem LARG (Lean, Agile, Resilient e Green)*. 2014. 319 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Industrial) – Universidade Nova de Lisboa, 2014.

- LEAL, F.; ALMEIDA, D. A.; PARENTI, L. V.; FERREIRA JUNIOR, J. S.; MAURIO, T. B. *Adaptação do Indicador OEE para Análise de Perdas Produtivas Relacionadas ao Uso da Energia Elétrica*. ENEGEP, 2013
- MACON, E.; CASPANI, F. C.; ALONSO, L. C. *Total Productive Management*. Universidade Estadual Paulista, 2010.
- MARQUES, A. P. *Planejamento e programação na base: estudo de caso PETROBRAS UO/RIO*. ENEGEP, 2014.
- PEREIRA, N. N. *Operação portuária*. Apostila elaborada para o curso de Especialização em Engenharia Portuária, UFMA-VALE, 2012.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.
- PINTELON, L.; MUCHIRI, P. *Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literature Review & Practical Application Discussion*. International Journal of Production Research, 2010.
- PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico-2ª Edição*. Editora Feevale, 2013.
- OEE. *OEE Classe Mundial*. Não paginado. Disponível em: <<http://www.oe.com.br/oe-world-class/>>. Acesso em: 05 set. 2017.
- RAPOSO, C. F. C. *Overall Equipment Effectiveness: aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus*. Revista Produção Online, v. 11, n. 3, p. 648-667, 2011.
- RIBEIRO, D. M. *Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem*. Food Science and Technology (Campinas), v. 25, n. 3, p. 611-617, 2005.
- RIGOTO, M. S; NATTI, E. R. T. *Estudo para otimização dos processos em uma fábrica de tubos de concreto*. ENEGEP, 2014.
- RODRIGUES, C. L. C. *Desenvolvimento de um sistema automático para um secador de produtos agrícolas*. 2010. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- SCHMIDT, L.; LORENCENA, M. C.; TEIXEIRA, M. *Controle de Operações em Secadores de Grãos com Redução do Consumo de Recursos Naturais*. Anais do Computer on the Beach, p. 170-179, 2017.
- SILVA, M. S.; DERZI, L. R. G. D.; *Aplicação da ferramenta tpm para otimização da eficiência para global em máquina de conformação de tampa básica de alumínio latas de bebidas*. ENEGEP, 2016.
- SILVA, D. C. S.; LUCENA. A. D.; MEDEIROS, L. D. D.; COSTA, D. O.; ANDRADE.; J. T. D.; *Estudo de indicadores chave de desempenho em manutenção e construção de uma dashboard em uma indústria do ramo petrolífero*. ENEGEP, 2015.

SILVA, J. P. A. R.; *OEE a Forma de Medir a Eficácia dos Equipamentos*. 2009.

SILVA, L. C. *Operação de Secadores Cascata*. Universidade Federal do Espírito Santo, Boletim Técnico: AGAIS, v. 2, n. 06, 2006.

\_\_\_\_\_. *Secagem de Grãos*. Revista Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo, Ano III, no XIV, p. 10 -14, 2004.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STORTTE, J. M. C.; ZAFRA F. M.; SILVA, D.C.; FILHO, E. D.; ZACHI, J. M. *Aplicação do Indicador OEE Como Ferramenta Para Aumento da Eficiência Em Uma Caldeira*. ENEGEP. 2014

VINHA, E. P.; MOTA, R. O. *A importância da correta aplicação do OEE: um estudo de caso em uma empresa produtora de rações da cidade de rio pomba mg*. Administração de Empresas em Revista, v. 13, n. 14, p. 192-203, 2014.

WEBER, E. A. *Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos*. Canoas: Salles, 2005.