

A APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA EVIDÊNCIA DA PRODUTIVIDADE DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Breno Teixeira Pereira¹, Vitória Carolyne Tavares Lima¹, Daniele de Sousa Fernandes²

RESUMO

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar tem importância em todo o processo produtivo da cultura, inclusive nas manutenções realizadas durante o processo de produção. O cenário atual da agricultura vem crescendo muito e, com isso, obriga o uso de inovações, nas quais se busca o crescimento da produtividade em um menor tempo. Isso pode ser feito por meio da adoção de tecnologias inovadoras, com a finalidade de atingir melhores resultados do produto, além da redução dos custos, considerando, principalmente, o sistema de produção, como as operações de plantio e colheita. Diante de um panorama altamente competitivo, em que companhias buscam o aumento gradativo de sua produtividade, faz-se necessário que a atividade de manutenção seja integrada de maneira eficaz ao processo produtivo, contribuindo para que a empresa aumente a disponibilidade de sua frota de ativos, de forma alinhada ao menor custo empregado e, por consequência, aumente sua produtividade. O objetivo do estudo foi avaliar a eficácia da manutenção preventiva no efeito da produtividade de colhedoras de cana-de-açúcar. Em vista disso, o presente trabalho foi realizado a partir de dados cedidos pelo setor de Planejamento de Controle da Manutenção (PCM), da usina Pedro Afonso Açúcar e Bioenergia S/A do Tocantins, localizada na Rodovia 010, km 20 – zona rural 9°11'43.2''S, 48°08'26.9''W. A aquisição de dados foi feita a partir da geração de ordens de serviços, em virtude da verificação de quantidades de horas trabalhadas do maquinário em campo. Com o levantamento e análise de tais dados, resultou-se em uma média de 79% de confiabilidade mecânica da frota de colhedoras no período de safra, após o investimento de 31,1% do tempo de paradas do maquinário em campo para realização de manutenção preventiva. O presente estudo demonstrou claramente que a realização da manutenção preventiva correta e constante sob a frota de colhedoras de cana-de-açúcar eleva a confiabilidade perante os ativos, agregando maior tempo produtivo do maquinário a campo e menor custo de manutenção para a empresa.

Palavras-chave: Manutenção preventiva. Cana-de-açúcar. Colheita. Produção. Operações.

INTRODUÇÃO

A produtividade da gramínea cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) tem importância direta em países tropicais em desenvolvimento, com a função principal de aumentar suas receitas através da exportação. Sua cadeia produtiva de seus produtos originários, como o etanol, em grande maioria, é realizada às proximidades do local de plantio da cultura. Essa característica a difere de outros produtos agrícolas, tais como o milho e a soja, que, quando colhidos, são majoritariamente exportados em grãos para serem processados em outros países (BARBOSA, 2010).

¹ Acadêmico (a) do curso de Agronomia do IESC – FAG. E-mail: breno.164540@iescfag.edu.br

² Eng. Agrônomo (a) Daniele de Sousa Fernandes. Ms. Agronomia. Prof.^a Adjunto do IESC – FAG. danielle.fernandes@iescfag.edu.br

Dados levantados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016) comprovam a importância do Brasil dentro do agronegócio, como sendo o país, intitulado maior produtor a nível mundial da cultura de cana-de-açúcar. De acordo com as perspectivas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2017), o Brasil continuará liderando o ranking como maior produtor e exportador de açúcar até o ano de 2024, apresentando um aumento de 2,9% ao ano de área cultivada, de forma a atingir 11,5 milhões de hectares.

O setor sucroenergético é responsável por mais de 900 mil empregos com formalidade e 70 mil produtores rurais de cana-de-açúcar de ação independentes (UNICA, 2019). Gerou-se, no ano de 2017, US\$ 12 bilhões em divisas externas com a realização de exportações de açúcar e etanol, o que fez do setor sucroenergético o terceiro fragmento quanto às saídas do agronegócio no Brasil em determinado ano, ficando atrás somente dos grupos de carnes e de soja (MAPA, 2019b). O site UNICA (União das Indústrias de Cana-de-Açúcar, 2019) ainda afirma que foram movimentados valores superiores a US\$ 100 bilhões pela cadeia produtiva sucroenergética, contribuindo com cerca de 2% do total do PIB brasileiro, o que corresponde a US\$ 43 bilhões.

Esse cenário crescente torna necessário o uso de inovações por meio da adoção de novas tecnologias, com a finalidade de atingir a peculiaridade do produto pela colheita e a redução dos custos de produção, por exemplo, uma vez que o que define o sistema de produção de um produtor são as operações de plantio e colheita (OLIVEIRA e NACHILUK, 2011; TORQUATO, 2010).

Ripoli (1996) subdividiu as operações de colheitas de cana-de-açúcar em três subsistemas: manual, semi-mecanizado e mecanizado. Dentre estes, destaca-se o sistema mecanizado, em função de todo processo operacional ser executado exclusivamente por máquinas. Portanto, o bom desempenho da frota de ativos está diretamente ligado à confiabilidade (disponibilidade do maquinário em horas de colheita de cana-de-açúcar) que é dada em virtude do ato de executar ou não a manutenção preventiva.

Responsável por manter o maquinário em pleno funcionamento, a manutenção automotiva prevê as falhas ou constantes quebras que possam vir a ocorrer, por meio dos componentes que as compõem (MANTOVANI, C. e SANDRINI, J. P. B., 2020). Vários trabalhos mostraram que alguns fatores indicadores de qualidade foram observados para operar a colheita mecanizada de cana-de-açúcar, de forma a afirmar que o monitoramento tem capacidade aumentativa de qualidade de operação, garantindo as características padrões desejáveis da cultura (NEVES et al., 2004; PELOIA et al., 2010). Assim, fazem-se necessárias ações preventivas como forma de detectar quaisquer situações irregulares durante o processo de execução, a fim de controlar e manter a qualidade das operações agrícolas e, principalmente, impedir que ocorram falhas. Dessa forma, evita-se o gasto desnecessário com a realização de ações corretivas (MILAN e FERNANDES, 2002; SILVA et al., 2013).

De forma paralela ao já mencionado, surge a seguinte problemática: Diante de um panorama altamente competitivo, onde companhias buscam o aumento gradativo de sua produtividade de forma alinhada ao menor custo empregado, por que se faz necessário que a atividade de manutenção preventiva seja integrada ao sistema de produção de cana-de-açúcar?

Dessa forma, justifica-se esse trabalho pelo fato de que, uma vez conhecendo o sistema de produção da frota de ativos, o qual a colhedora está relacionada, a realização da manutenção preventiva possui papel fundamental quando aderida ao sistema como forma de driblar manutenções corretivas, as quais levam ao maior tempo de parada do ativo, demandando maior custo de manutenção e impedindo, assim, a aquisição esperada de sua produtividade à campo.

O presente projeto de pesquisa tem como objetivo geral abordar sobre a eficácia da manutenção preventiva no aumento da produtividade de colhedoras de cana-de-açúcar.

Apresenta-se, dessa forma, os seguintes objetivos específicos: identificar componentes de frequente quebra na frota de ativos (colhedoras de cana-de-açúcar); avaliar a implementação processos preventivos, visando a otimização dos indicadores de disponibilidade e o número de falhas por componente da frota de ativos e, por fim, apontar estratégias em indicadores para o aumento da disponibilidade e baixo custo de manutenção.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa de campo foi realizada com base em dados fornecidos pela Bunge usina Pedro-Afonso, no estado do Tocantins, localizada na Rodovia 010, km 20 – zona rural 9°11'43.2''S, 48°08'26.9''W.

No que diz respeito à abordagem, esta pesquisa é classificada tanto como qualitativa como quantitativa, dado que foi utilizado como instrumento de coleta de dados. Os registros foram feitos pela equipe de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) agrícola da empresa, por meio dos sistemas de gerenciamento de equipamentos em campo ifrotas, SAP módulo PM para adição de informações a respeito de custos de manutenção e resumo de informações através do Power BI para ser consolidado ao ifrotas e identificar a disponibilidade dos ativos, utilizando a entrevista e a troca de e-mails como meio de comunicação e transmissão de dados. A entrevista consistiu na realização de call (vídeo chamada), juntamente ao especialista de manutenção automotiva da empresa, o qual é o responsável pelo setor de PCM.

Na empresa, a aquisição de dados inicia-se a partir da geração de ordens de serviços para a verificação de quantidades de horas trabalhadas do maquinário em campo. Essas ordens são geradas pelo programador de manutenção, no intuito de direcionar ao inspetor quais equipamentos deverão ser examinados durante a semana atuante. Assim, de maneira preventiva, o inspetor é direcionado ao equipamento de destino para verificação das possíveis causas que levarão à parada significativa do equipamento em campo.

Embora a manutenção preventiva consista em verificar os componentes que estarão prestes a falhar, ela não se resume apenas a isso, mas se relaciona também à proatividade em realizar possíveis reparos. Após o retorno dos dados, são informadas as detecções de falhas do maquinário, as quais ainda poderão obter resoluções preventivas. Desta forma, tornou-se possível a ação imediata de acordo com a prioridade definida ao equipamento.

Foram obtidos, por intermédio da entrevista, dados relacionados às frotas que apresentaram maior relevância quanto ao número de paradas provenientes da manutenção corretiva e preventiva, tais como os componentes de frequente quebra na frota, indicadores de manutenção correlacionados ao tempo de parada do equipamento e os custos empregados. Portanto, com o fornecimento dessas informações, tornou-se possível a realização de levantamentos que possibilitaram avaliar, quantificar e ilustrar através de tabelas, gráficos e figuras a influência que uma frota de ativos de colhedoras exerce no processo produtivo da cana de açúcar dentro da usina.

A fim de abordar os principais fatores quantitativos relacionados às paradas da frota de colhedoras da empresa citada, foi ilustrado, por meio da Tabela 1, a relação de prefixos que identificam as frotas de colhedoras da usina. A tabela foi construída a partir da relação de frotas e da base de dados relacionados às paradas de colhedoras devido à necessidade de manutenções corretivas e preventivas, os quais foram adquiridos através do frequente contato com o responsável imediato sob as colhedoras da empresa. O levantamento quantitativo de paradas por colhedoras foi realizado do dia 02 ao dia 09 do mês de setembro de 2020, e os dados utilizados foram referentes ao período de atividade de safra, que consistiu dos meses de abril a agosto do ano de 2020.

Quadro 1 - Prefixos de identificação das frotas de colhedoras fornecidas para estudo.

Frotas dos Equipamentos
840024
840045
840042
840039
840048
840038
840035
840044
840052
840046

Fonte: Sistema de monitoramento de frotas Bunge, ifrotas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com as frotas e com a realização de suas manutenções (quadro1; gráfico 1), verificou-se que a ocorrência dessas obras gerou significativa influência nas horas de trabalho produtivo ou improdutivo da colhedora. Tal desempenho possui relação direta com a estrutura do canavial relacionado à condução da colheita e ao espaçamento entre linhas de plantio, junto a outras características da área a ser colhida (BELARDO; RIPOLI, 2015). Dessa forma, ressalta-se a necessidade da realização do planejamento agrícola, o qual induz consideravelmente o desempenho das colhedoras, sendo capaz de influenciar a produção e impactando na Tonelada de Cana por Hectare (TCH) colhida.

Esse benefício do planejamento agrícola ocorre em virtude da existência de componentes de frequente quebra ocorrentes a cada frota (figura 1). Portanto, através de índices e relações levantadas, foi possível obter-se um sistema eficaz de controle da manutenção ao fazer uso de indicadores. Em virtude da utilização destes indicadores, foram possíveis as detecções de pontos fracos e de problemas que estivessem ocasionando perdas no sistema de produção (PINTO, 2002 apud ORZECOWSKY e CAMPOS, 2019). Os cuidados com estes componentes são importantes, pois as colhedoras de cana-de-açúcar possuem significativo custo de manutenção, desse modo, a análise dos dados torna-se necessária para a determinação da quantidade de horas que serão utilizadas, o que se resume à confiabilidade do maquinário. (BANCHI et al., 2019).

Avaliando-se os componentes de frequente quebra na frota de ativos de colhedoras de cana-de-açúcar, observa-se que os equipamentos funcionam como indicadores de manutenção de importância, visto que exercem papel fundamental na condução de metas de desempenho, além de sua utilidade para diagnosticar, propor melhorias, definir caminhos e iniciar um acompanhamento através de rotinas diárias de controle (VIANA, 2014). Em consequência, utilizados para indicar os pontos fracos e possíveis problemas causadores de resultados indesejáveis, os mesmos permitem prosseguir com a implementação dos processos preventivos mediante a colhedora. Dessa forma, os indicadores de manutenção funcionam como tradutores do comportamento dos equipamentos e dos sistemas de produção a favor da manutenção (ORZECOWSKY e CAMPOS, 2019).

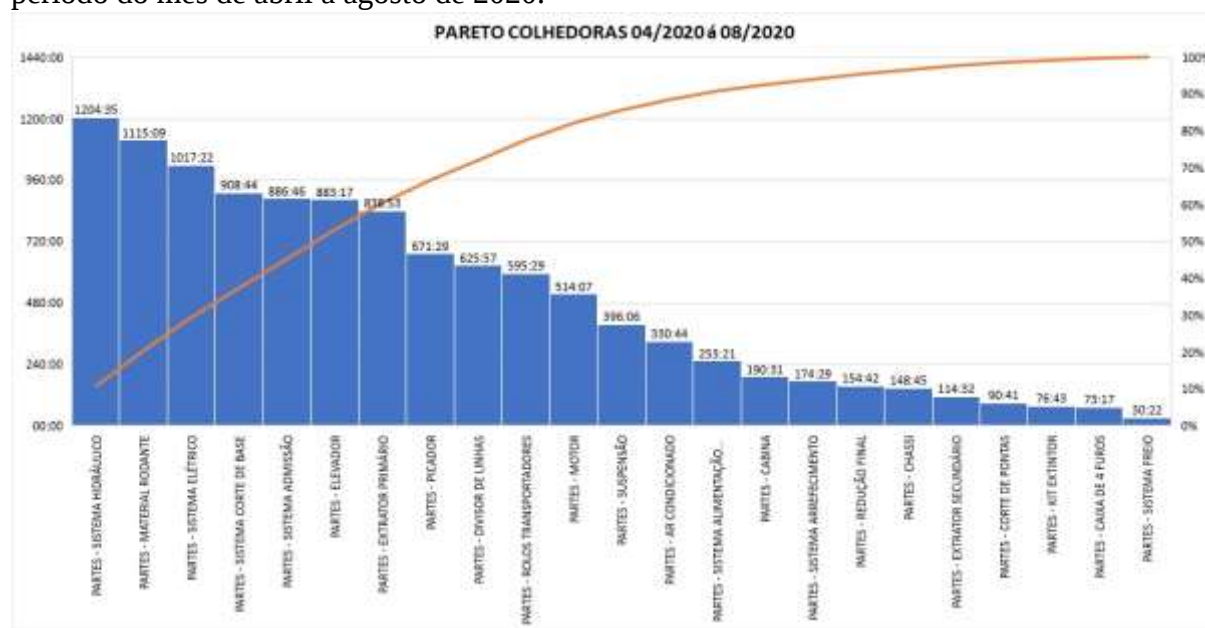
Figura 1 – Componentes pertencentes a uma colhedora de cana de açúcar.

Item	Nome do Componente
1	Extrator Secundário
2	Elevador
3	Extrator Primário
4	Alerta de Levantamento
5	Luzes (3 áreas)
6	Tela de Admissão de Ar
7	Compartimento do Motor
8	Cabine
9	Cortador de Pontas
10	Divisores de Linha
11	Orifício de Amarração
12	Rolo Tombador
13	Cortador de Base
14	Rolo Levantador
15	Rolos de Alimentação
16	Caixa do Picador
17	Ganchos de Reboque
18	Cesto

Fonte: Catálogo John Deere 3520.

Tendo em vista a realidade explicitada, foi realizado um gráfico de Pareto acerca dos principais componentes de frequente quebra nas colhedoras no período do mês de abril a agosto de 2020, conforme a figura 2. No diagrama de Pareto, foram expostas as partes evidenciadas com o maior número de falhas que, com o resultado, foi possível concluir de onde partem as necessidades de manutenções, as causas das mesmas, além das horas de parada da frota de ativos.

Figura 2 – Gráfico de Pareto – Principais componentes de frequente quebra nas colhedoras no período do mês de abril a agosto de 2020.

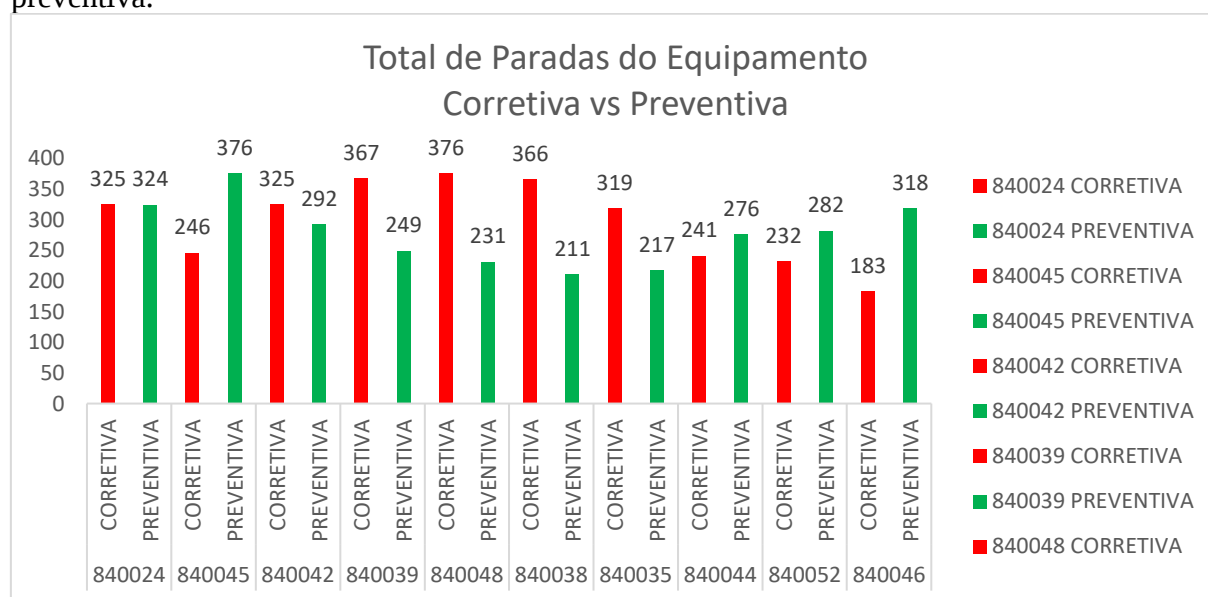


Fonte: Sistema de monitoramento de frotas Bunge, ifrotas.

Ao avaliarmos o Pareto acima, pôde ser observado, quanto aos componentes, que os que mais sofreram durante este período foram aqueles que compõem o sistema hidráulico do maquinário, com representatividade em torno de 80% de quebra dos seus componentes. Em subsequência, com percentual em torno de 75%, apresentam-se os componentes de material rodante, os quais ocupam o segundo lugar dos que mais sofrem quebra. Em terceiro lugar, estão os componentes do sistema elétrico do maquinário, com cerca de 72% de quebras ocorrentes no período de abril a agosto do ano de 2020.

Estudos realizados por Ahn e Dinh (2009), afirmam que sistemas hidráulicos vêm sendo apontados como potenciais opções para as máquinas. Dessa forma, as colhedoras de cana possuem quatro pontos principais, nos quais ocorrem mais perdas, sendo eles o cortador de base, os rolos alimentadores, o picador e os extratores (BRAUNBECK e MAGALHÃES, 2004). Esses principais pontos das colhedoras possuem agregados alimentados pelo sistema hidráulico, o qual é o líder do ranking, devido ao maior tempo de improdutividade do maquinário para que se possa reparar. Apesar de algumas porcentagens de perdas não serem disparadamente elevadas, ao final de uma safra, quando totalizado o resultado das perdas, os valores obtidos são de extrema significância, representado pelo esquema da figura 3. Assim, faz-se necessário que o produtor adote formas eficazes para minimização de custos e de desperdícios, além de lapidar o planejamento e gestão das atividades (SILVA et al. 2018).

Gráfico 1 - Total de paradas dos equipamentos para efetuação da manutenção corretiva e preventiva.



Fonte: Sistema de monitoramento de frotas Bunge, ifrotas.

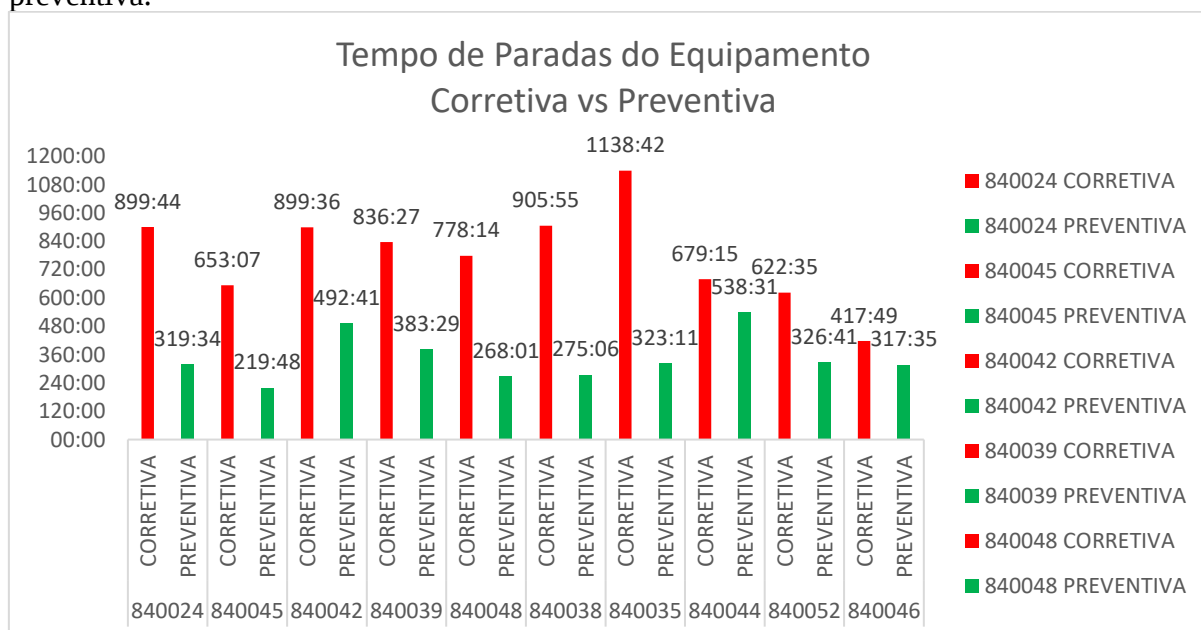
Como demonstra o gráfico 1, é possível observar a ocorrente relação que os tipos de manutenção apresentam entre si e, assim, relacioná-las. Pôde notar-se claramente no gráfico, principalmente por meio dos dados obtidos pela frota 840046, que, quanto mais manutenções preventivas foram executadas nas colhedoras, menores foram suas paradas para manutenções corretivas. Esses números demonstram os ganhos alcançados pelas paradas para manutenção preventiva, interferindo diretamente na produtividade da safra e garantindo o maior número de disponibilidade mecânica (Gráfico 3) dentre as demais colhedoras.

A realização da manutenção preventiva leva à redução do número de falhas das colhedoras. Como descrito por Figueiredo e Rodrigues (2017), a *Preventive Maintenance* (PM) é feita em programações pré-estabelecidas e alinhadas junto ao setor operacional, para que

ocorra a diminuição de falhas acentuadas do ativo. Portanto, com o intuito de prevenir o surgimento de avarias, utiliza-se a forma periódica para conservação do maquinário (GOULART et. al, 2016). Porém, a falta de informações precisas, tais como cálculos corretos de paradas, pode ser prejudicial, como abordado por Freitas (2016), pois poderá levar à ocorrência de falhas bruscas antes do período correto para intervir, tornando necessária a reposição dos componentes de forma precoce (KARDEC e NASCIF, 2015).

Esses números de paradas, seja de forma corretiva ou preventiva, influenciaram de forma relevante nas horas em que o equipamento ficou retido para realização da manutenção (Gráfico 2). Sendo assim, foi consolidada tal afirmação à realidade da frota 840045, onde o índice de paradas por manutenção preventiva consta maior (Gráfico 1), influenciando gradativamente em um dos menores tempos improdutivos da listagem de máquinas (Gráfico 2) e se tornando uma das frotas com maior aderência à disponibilidade no período de safra. Assim, quanto maior foi o número de paradas para realização de manutenção preventiva, maior tornou-se, simultaneamente, as horas com o maquinário ativo. Deste modo, Capote (2011) afirma ser de grande importância conhecer todo o processo. Perante a isso, o processo citado por Capote refere-se ao Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), o qual se faz responsável por toda intervenção em maquinários da usina. Portanto, a manutenção preventiva é vista como forma de driblar manutenções corretivas, as quais levam ao maior tempo de parada do ativo, demandando maior custo de manutenção e impedindo, assim, sua produtividade em campo.

Gráfico 2 - Tempo de parada do equipamento para efetuação das manutenções corretiva e preventiva.



Fonte: Sistema de monitoramento de frotas Bunge, ifrotas.

O gráfico 2 demonstra o elevado tempo em que o maquinário esteve em manutenção corretiva, resultando em uma média de 68,9% do tempo improdutivo das colhedoras por tal tipo de manutenção, conforme dados demonstrados por meio da tabela 1. Em virtude destas vertentes, correlacionando o tempo e a realização das manutenções, tornou-se possível estimar os custos gerados para a empresa. Segundo Banchi (2016), o custo da mecanização representa 41% do custo de produção de uma saca de açúcar, valor bastante significativo, o que torna necessária uma visão estratégica, econômica e operacional dos equipamentos, pois as variáveis com maiores influências no custo total da operação são: horas efetivas de trabalho, mão de obra, manutenção e reparos, combustível e depreciação (SANTOS, 2016).

Análises da produção canavieira em todo território nacional explanam que o maior custo operacional das atividades se refere à mecanização, uma vez que as máquinas que compõem o sistema de colheita mecanizada são consideravelmente de alto valor (SANTOS et al., 2014; PEREIRA, 2017). Portanto, quando não realizada a manutenção preventiva dos componentes das colhedoras, eleva-se o custo de produção final da empresa, não somente em gastos agregados, mas também na falta de lucratividade no produto final. Isso ocorre em virtude de o custo com a frota de máquinas utilizadas no setor sucroalcooleiro atingir altos valores, o que é resultado do alto nível de mecanização exigido pela cultura (BANCHI et al., 2016).

Em grande decorrência, o equipamento decide quando será efetuada a manutenção. Porém, esse cenário não é positivo, pois é o que leva ao alto custo e ao elevado tempo improdutivo. Isso ocorre pois, quando ocorre a falha do equipamento na realização do processo de produção, o mesmo é interrompido, causando a redução do seu desempenho e ocasionando assim o chamado lucro cessante, o qual é responsável pela elevação dos custos quanto à manutenção corretiva (SANTOS et al., 2019).

Ao se analisar o gráfico 2, é possível observar que a frota 840035 foi a que mais teve seu tempo dedicado à manutenção corretiva. Apesar deste dado, ao considerar o gráfico 4 observa-se que a frota em que houve maiores gastos com a manutenção foi a 840042. Em consequência disso, foi possível analisar que mesmo os números de corretiva e preventiva atingindo uma quantidade semelhante (gráfico 1), tanto o custo de manutenção (gráfico 4), quanto o tempo de improdutividade do ativo (gráfico 2), serão gradativamente menores se tratando de manutenções preventivas. Isso foi explicado por Kardec e Nascif (2009) os quais disseram que, constituído pela soma de todos os gastos compostos, o custo de manutenção é atribuído a partir de custos fixos e variáveis como a depreciação e mão-de-obra, respectivamente.

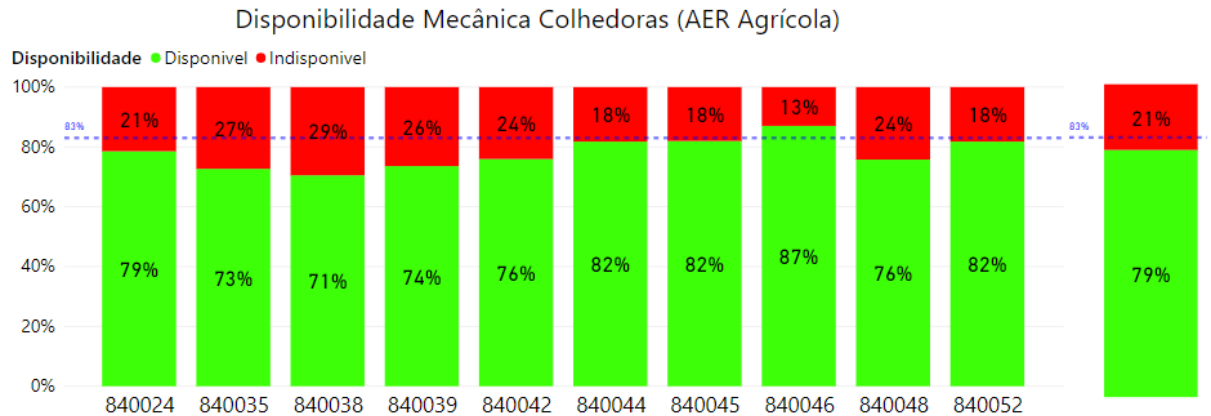
Em consequência da medição dos indicadores de manutenção, a produção de colhedoras tende a elevar-se de forma gradativa, fazendo com que haja maior disponibilidade e menor custo de manutenção. Ao observar o indicador de aderência descrito na tabela 1, em especial a coluna onde se trata do tempo de paradas do equipamento, a frota 840038 obteve 56% de suas paradas por manutenção corretiva, ocasionando menor número de disponibilidade mecânica (Gráfico 3), já a frota 840046 obteve 72% de suas paradas por manutenção preventiva (tabela 1), atingindo maior disponibilidade mecânica (Gráfico 3). Isto se dá pelo fato de a incidência quanto à realização de manutenção preventiva ter ocorrido mais vezes na frota 840046 do que a 840038, o que aumentou a confiabilidade do equipamento e diminuiu o emprego de elevados custos. De acordo com Komninakis (2018), a análise da confiabilidade de equipamentos é considerada fundamental para definir e selecionar as estratégias para realização da manutenção que mais se adequa.

Citado por Komninakis et al (2018), a disponibilidade de um equipamento ou sistema está diretamente ligada à vida útil que o sistema possui. Portanto, ao analisar o gráfico 3 com base nas informações anteriores, tem-se a relação de disponibilidade e indisponibilidade de cada frota das colhedoras de cana-de-açúcar na usina, onde destacou-se a 840046 como a frota de maior disponibilidade e, conseqüentemente, de maior confiabilidade. Em contrapartida, a frota 840038 foi a que esteve menos disponível durante o período de safra. Dessa forma, a tentativa de aumento da confiabilidade, da disponibilidade e da manutenibilidade dos equipamentos, tem sido uma forma alternativa de proporcionar a redução dos custos e a elevação dos níveis produtivos, de forma diminuta aos gastos na realização da manutenção (FOGLIATO e RIBEIRO, 2009).

Correlacionada com a habilidade de desempenho dentro do sistema de produção, a confiabilidade faz referência ao mantimento dos atributos em consequência do tempo empregado (SLACK et al., 2006 apud.). Ela também corresponde à pretensão de não ocorrência de falhas, evidenciadas quanto às possibilidades que o maquinário executa. Desse modo, a

presença da confiabilidade é uma proporção somatória para o sucesso na vida útil do maquinário, baseado em suas funções distribuídas (SOUZA, 2011; COLLINS, 2015).

Gráfico 3 - Disponibilidade mecânica das colhedoras.



Fonte: Acesso corporativo Bunge, office365, power BI.

Portanto, em virtude das informações obtidas, foi realizada uma análise de porcentagem que engloba, de maneira sucinta e coesa, as informações levantadas acerca dos custos de manutenção, do total de paradas, do tempo e da disponibilidade que o maquinário obteve apesar da influência dos fatores anteriores, conforme retrata a tabela 1.

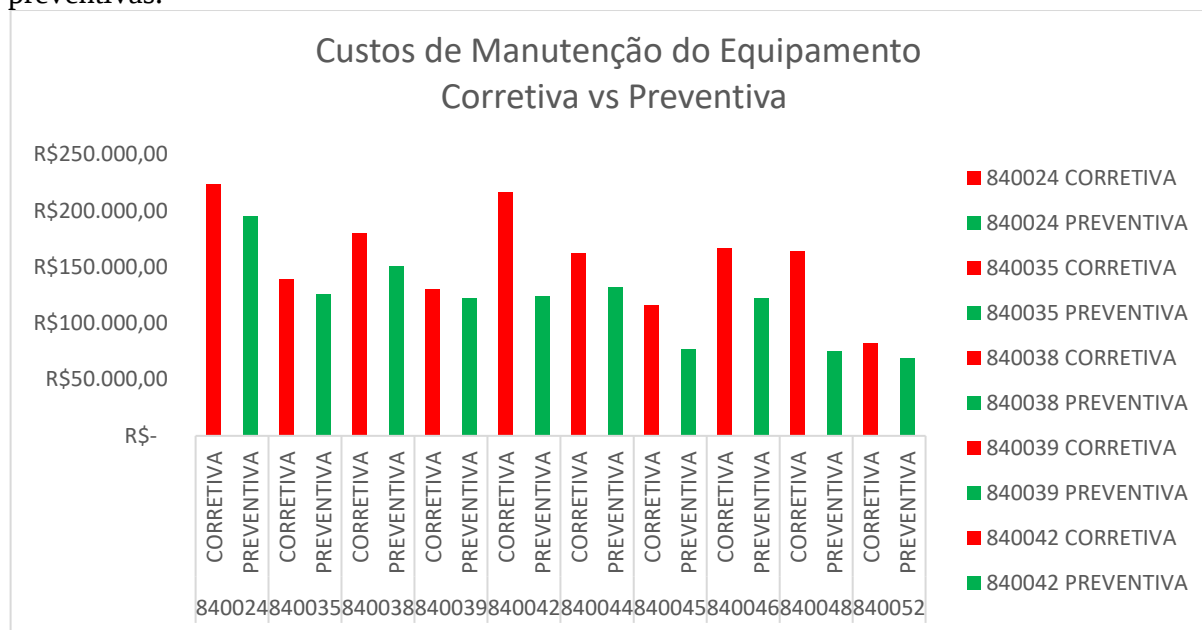
Tabela 1 - Análise de porcentagem com relação aos custos, total de paradas, tempo e disponibilidade das frotas.

Tabela para Análise de Porcentagem					
Frota	Tipo de Manutenção	Custos de Manutenção	Total de Paradas	Tempo de Paradas	Disponibilidade
840024	Corretiva	53%	50%	74%	79%
	Preventiva	47%	50%	26%	
840035	Corretiva	53%	49%	78%	73%
	Preventiva	47%	51%	22%	
840038	Corretiva	54%	56%	77%	71%
	Preventiva	46%	44%	23%	
840039	Corretiva	52%	57%	69%	74%
	Preventiva	48%	43%	31%	
840042	Corretiva	64%	50%	63%	76%
	Preventiva	36%	50%	37%	
840044	Corretiva	55%	37%	56%	82%
	Preventiva	45%	63%	44%	
840045	Corretiva	60%	38%	75%	82%
	Preventiva	40%	62%	25%	
840046	Corretiva	58%	28%	57%	87%
	Preventiva	42%	72%	43%	
840048	Corretiva	68%	58%	74%	76%
	Preventiva	32%	42%	26%	
840052	Corretiva	54%	36%	66%	82%
	Preventiva	46%	64%	34%	

Fonte: Autores, 2020.

A presente tabela correlaciona as porcentagens de ocorrência da manutenção preventiva e corretiva oriunda de cada frota analisada. Dessa forma, é perceptível a disponibilidade final de cada frota em virtude da sua utilização nas atividades da safra e, consequentemente, a sua vida útil. Tal cenário se dá em consequência da influência exercida pela realização da manutenção preventiva, uma vez que a frota de número 840046, que teve a maior porcentagem de paradas preventivas, sobressai-se com maior disponibilidade no período analisado, com o valor de 87%.

Gráfico 4 - Custos de manutenção empregados para realização das manutenções corretivas e preventivas.



Fonte: Software de Gestão Empresarial SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung), módulo PM (Preventive Maintenance), transação KOB1 (Gestão de Custos de Manutenção).

Com relação à evidência da produtividade das colhedoras de cana-de-açúcar, tem-se a minimização dos custos de manutenção das máquinas, por meio da aplicação da correção preventiva, como um dos principais alicerces para o ressalve da importância da confiabilidade dos ativos. Além disso, essa questão também permite evidenciar o efeito do tempo de parada da frota de ativos, em que notamos a interferência direta na eficiência da entrega de cana, na indústria e, consequentemente, no volume de produção final do etanol.

Estudos comprovam que as indústrias sucroalcooleiras visam a aquisição de maior eficiência por meio da geração de energia elétrica a partir da queima de biomassa proveniente dos processos produtivos, contribuindo, assim, com a redução dos custos empregados e com a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2018). Para esse fim, torna-se necessário que todos os equipamentos empregues nos processos de produção desempenhem máxima confiabilidade possível, visto que os objetivos da manutenção, de acordo com Slack et al.(2002); Sanitá, W. M. e De Campos, R. R. (2020), serem: redução de custos; aumento da qualidade dos produtos; elevada segurança; melhor ambiente trabalhista; elevação da vida útil dos equipamentos; aumento da confiabilidade dos equipamentos utilizados no processo; instalação de produção com maior valorização; elevado poder para investimento e conservação ambiental.

Portanto, baseando-se em uma das entrevistas realizadas via call, o especialista de manutenção da usina pôde pontuar que uma colhedora de cana-de-açúcar colhe, em média, 36 toneladas de cana por hora. Sendo assim, através da quantidade de frota estabelecidas para o

estudo, obteve-se um total de 360 t/h colhidas pela frota de ativos da usina. Tendo como observação o volume de produção do etanol das usinas, segundo Dias, Sicsu e Katz (2019), as destilarias produzem em média 65 litros de etanol por tonelada de cana colhida.

Após a obtenção dos dados de produção das destilarias por tonelada de cana colhida, foi realizado um levantamento de preços de venda do etanol por parte das usinas referências no negócio, possibilitando a observação da média de R\$ 1,248 reais/l de etanol, como evidenciado na tabela (Figura 3). Foram consolidados também os dados de ausência de produtividade das colhedoras de cana-de-açúcar em horas, mencionados no Gráfico 2, totalizando 188,26 horas de parada das colhedoras por motivos de manutenção.

Tabela 2 - Tabela de informação de preço do etanol.

	Preço da Usina	Preço da Distribuidora	Preço de Revenda
Média	1,248	1,428	1,700
Mediana	1,284	1,471	1,752
Máximo	2,247	2,455	2,803
Mínimo	0,679	0,795	0,978
Desvio Padrão	0,369	0,391	0,427
Assimetria	0,590	0,580	0,587
Curtose	-0,030	-0,101	-0,190
Observação	621	621	621

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da ANP (2017) e do CEPEA (2017).

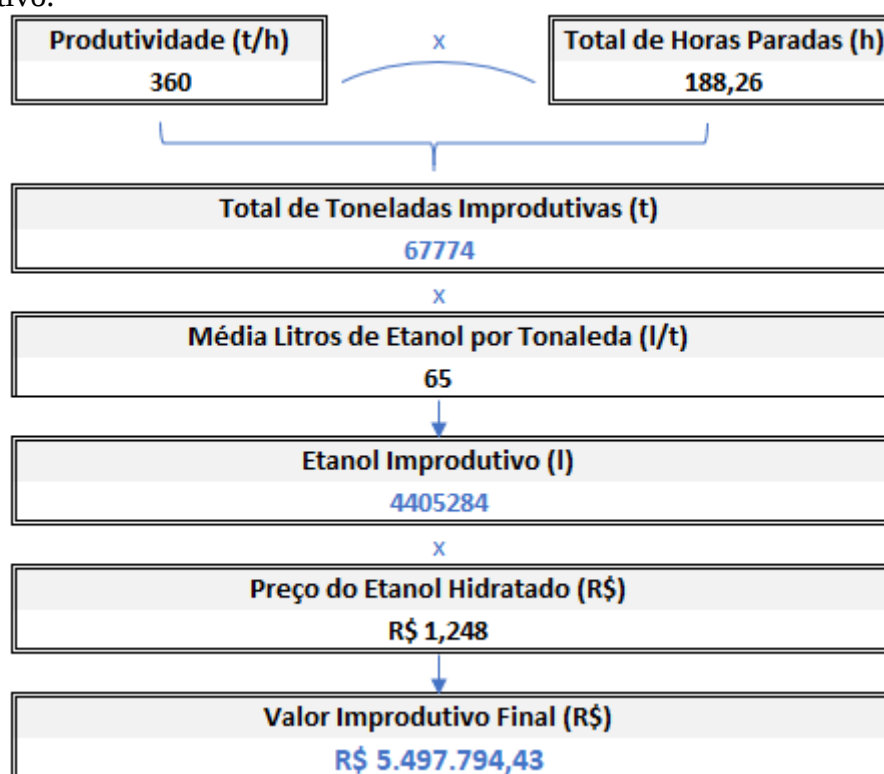
O presente estudo permitiu a realização de um cálculo de perda de produtividade do volume de etanol no período parcial de safra, conforme o esquema da (Figura 3), em que se multiplicou a produtividade de t/h das colhedoras pelo total de horas paradas das máquinas, totalizando 67.774 kg toneladas improdutivo com consequência das paradas. Com a obtenção das toneladas improdutivo, foi possível a multiplicação do valor pela média de litros de etanol produzidos por tonelada de cana, totalizando assim o volume de 4.405.284 L de etanol improdutivo.

Ao acessar o valor obtido do volume de etanol improdutivo, houve a multiplicação final desse valor pelo preço do litro de etanol vendido pelas usinas, totalizando assim um valor improdutivo final de R\$ 5.497.794,43 reais por falta de horas produtivas das máquinas a campo.

Através de alguns estudos como o de Damas et.al. 2018, comprova-se a eficiência da implementação do planejamento de controle e manutenção realizado em máquinas industriais de uma indústria de autopeças, cuja qual obteve resultados positivos quanto à redução do número de paradas dos equipamentos, além de bons ganhos quanto aos custos de manutenção e às perdas ocasionadas. Pode ser citado também o estudo de Nagai, Batista e Dagnoni (2015), no qual foi empregado o PCM junto à indústria, resultando na redução das paradas não planejadas dos equipamentos, além da ocorrente redução dos custos gerados através da realização de manutenções não planejadas, dentre outras alternativas a favor da produtividade obtida durante todo o processo.

Esses resultados se explicam pela manutenção ser ajustada à confiabilidade (Reliability Centered Maintenance -RCM), a qual corresponde a um processo baseado em estudos, a fim de direcionar variadas formas de como poderá vir a falhar um sistema. Em virtude desse segmento, torna-se possível a realização de atitudes necessárias para uma boa realização da manutenção. Com isso, tem-se o planejamento como uma vertente importante para a tomada de decisões gerenciais, de acordo com orientações a serem exercidas durante todo o processo da indústria. (VIANA, 2002 apud. BARBOSA, F. C. S. DE RESENDE ANDRADE, P. C., 2019).

Figura 3 – Esquema de apresentação sobre o valor improdutivo do etanol por tempo de maquinário inativo.



Fonte: Autores, 2020.

CONCLUSÃO

Os resultados mostram que na manutenção agrícola, setor este estratégico para o aumento da competitividade das organizações de grande porte, há a otimização no uso dos recursos disponíveis, além do trabalho e da qualidade do processo de manutenção. Dessa forma, os mesmos podem ser realizados a partir de um bom planejamento e de um levantamento de dados dos maquinários requeridos, por meio do Planejamento de controle da Manutenção (PCM).

Por motivo de ter sido empregado o devido planejamento, foi possível evidenciar, por meio do presente estudo, que, a partir da aplicação da manutenção preventiva, houve menores quebras em tempos acentuados, além da diminuição de custos empregados à manutenção e, consequentemente, houve aumento da disponibilidade da frota de ativos de colhedoras de cana-de-açúcar, de maneira a garantir uma melhor entrega do produto final.

REFERÊNCIAS

AHN, K. K.; DINH, Q. T. **Self-tuning of quantitative feedback theory for force control of an electro-hydraulic test machine**. Elsevier Science. Control Engineering Practice. v.17, n. 11, p.1291-1306, 2009.

ALMEIDA, P. S. de **Manutenção Mecânica Industrial–Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Editora Saraiva, 2018.

BANCHI, Â. D. et al. **Custo operacional da colhedora de cana-de-açúcar em função da**

produtividade agrícola e idade da colhedora. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 23, n. 7, p. 552-557, 2019.

BARBOSA, E. A. A. FERTIRRIGAÇÃO E APLICAÇÃO DE VINHAÇA VIA GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR.

2010. Tese de Doutorado. Instituto Agrônômico.

BARBOSA, F. C. S. DE RESENDE ANDRADE, P. C. Análise de falhas em equipamentos e a importância do planejamento da manutenção: uma aplicação em uma sucroalcooleira. ForScience, v. 7, n. 2, 2019.

BELARDO G. C.; RIPOLI T. C. C. Avaliação da colheita mecanizada – Desempenho de colhedoras de cana. In: BELARDO G. de C; CASSIA M. T.; SILVA R. P. Processos Agrícolas e Mecanização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: SBEA Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2015. 357-362p.

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES, P. S. G. Colheita sustentável com aproveitamento integral de palha. Visão Agrícola, v.1, n.1, p.72-78, 2004.

CAPOTE, G. Guia para formação de Analistas de Processos - BPM. 1. ed. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2011. 328 p.

CASSIA, M. T. et al. Desgaste das facas do corte basal na qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Ciência Rural vol.44 n.6 Santa Maria June, 2014.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília, p 1-86, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. 2016. Levantamentos de safra. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>

COLLINS, J. A. Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção de falha. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

DIAS, A. B.; SICSU, A.; KATZ, F. Mandioca e cana-de-açúcar: explorações sobre uma talvez feliz complementaridade. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 19, n. 1, p. 35-49, 2019.

DRUDI, F. S. et al. DESEMPENHO ENERGÉTICO DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES PRODUTIVIDADES AGRÍCOLAS E VELOCIDADES DE TRABALHO. ENERGIA NA AGRICULTURA, v. 34, n. 2, p. 180-186, 2019.

FIGUEIREDO, M., RODRIGUES, A.. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NO SETOR DE SOLDA EM UMA EMPRESA METALMECÂNICA. Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP, Maringá: Paraná, v. 13, n. 1, jan. 2018

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e manutenção industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GOULART, Nadia Heloisa Barbosa et al. **Proposta de implantação de um sistema de manutenção preventiva em uma empresa de pequeno porte do ramo de fabricação de fraldas.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil. João Pessoa: ABEPRO, 2016.

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

KOMNINAKIS, D; PIRATELLI, C. L.; ACHCAR, J. A.. **Análise de confiabilidade para formulação de estratégia de manutenção de equipamentos em uma empresa da indústria alimentícia.** Revista Produção Online, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 560-92, 2018.

MANTOVANI, C.; SANDRINI, J. P. B. **Planejamento do cadastro de peças de manutenção: um estudo de caso em uma usina sucroalcooleira.** 2020.

MAPA - **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.** Relação das unidades produtoras cadastradas no departamento da cana-de-açúcar e agroenergia. Brasília: MAPA.

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. **Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo.** Scientia Agrícola, Piracicaba, v.59, n.2, p.261-6, 2002.

NEVES, J.L.M.; MAGALHAES, P.S.G.; OTA, W.M. **Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p.764-70, 2004.

NIGAI, F. H.; BATISTA, G. B.; DAGNONI, V. **Estudo de caso da aplicação do planejamento e controle da manutenção em uma planta de envase Arla32.** 2015.

OLIVEIRA, M. D. M.; NACHILUK, K. **Custo de produção de cana-de-açúcar nos diferentes sistemas de produção nas regiões do Estado de São Paulo.** Informações Econômicas, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 5-33, 2011.

OLIVEIRA, M. D. M.; NACHILUK, K.; TORQUATO, S. A. **Sistemas de produção e matrizes de coeficientes técnicos da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo** Informações Econômicas, São Paulo, v. 40, n. 6, p. 68-91, jun. 2010.

ORZECOWSKY, G. R.; DE CAMPOS, R. R. **UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO COMO FATOR DE APOIO À DECISÃO DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS.** 2019.

PAVANI, Daniel Augusto Borges et al. **Indicadores de desempenho em usinas de cana-de-açúcar: uma proposta de modelo.** 2019.

PEREIRA, N. A. **Variáveis de custos de produção da cana-de-açúcar e suas diferenças entre as regiões produtoras.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v.10, p.757-774, 2017

PINTO, A. K.; RIBEIRO, H. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2002

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Julio de Aquino Nascif, **Manutenção Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2015.

PIZZECO, M. M., et al. **Aplicação da engenharia de manutenção em colhedoras de cana de açúcar numa usina sucroalcooleira do triângulo mineiro: um estudo de caso**. 2019.

RIPOLI, T.C.C. **Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar**. In: MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: FEALQ 1996. p. 635-674.

SANITÁ, W. M. DE CAMPOS, R. R. **PCM: planejamento e controle de manutenção**. Revista Interface Tecnológica, v. 17, n. 1, p. 673-685, 2020.

SANTOS, D. W. F. do N. et al. **Análise técnica do harvester operando em dois subsistemas de colheita de madeira**. Revista Engenharia na Agricultura, v.24, p.484-490, 2016a

SANTOS, M. G. dos; DOMINGOS, J. A. **A IMPORTÂNCIA DO MELHORAMENTO GENÉTICO E DA GESTÃO NO PROCESSO DE MANEJO DE VARIEDADES PARA O AGRONEGÓCIO DA CANA-DE-AÇÚCAR**. In: Congresso Interdisciplinar-ISSN: 2595-7732. 2017.

SANTOS, Mariane Cristina dos. **Desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva e preditiva para a melhoria da confiabilidade de um processo industrial automatizado**. 2019.

SANTOS, N. B. Et al. **Simulação da eficiência de campo da colheita mecanizada de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**. Revista Energia na Agricultura, v.29, p.9-13, 2014.

SANTOS, N. S. dos et al. **Planejamento e controle da manutenção na Indústria 4.0**. 2019.

SILVA, D. L. J. et al. **Análise comparativa dos custos de produção da cana-de-açúcar entre as principais cidades produtoras do Brasil**. 2018.

SILVA, R. P. da et al. **Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. Engenharia Agrícola, v. 28, n. 2, p. 292-304, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2006.

SOARES, B. N. **Análise dos aspectos positivos da manutenção preventiva em relação à manutenção corretiva: menores custos e maior disponibilidade**. 2019.

SOUZA, V. C. **Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e**

controle de manutenção. 4. ed. São Paulo: All Print, 2011.

UCELLI, Vinicius Santa Clara. **Definição de estratégia de manutenção utilizando técnicas de confiabilidade.** 2019.

UNICA - **União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo.** Setor Sucroenergético. 2019. Disponível em:<<http://www.unica.com.br>>