

OEE na colheita mecanizada da cana: mais controle ou autonomia?

Larissa Diniz Freitas, Nilton Luiz Menegon

Resumo: Diante da possibilidade da inclusão continuada de implementos e sensores nas máquinas colhedoras de cana-de-açúcar, objetiva-se neste artigo evidenciar a necessidade por mais autonomia nas situações de trabalho da colheita mecanizada. O método de pesquisa realizado teve respaldado na teoria do Curso da Ação. Os dados utilizados foram coletados em visitas técnicas em situações reais de colheita mecanizada em uma usina do centro-oeste brasileiro. Os resultados mostraram que o monitoramento por sensores e indicadores na colheita não dão conta de controlar e de melhorar o processo produtivo. Os operadores das colhedoras são os verdadeiros responsáveis pelo cumprimento de metas de produção e qualidade de cana-de-açúcar para suprir as moendas das usinas, uma vez que a colheita da cana é permeada por variabilidades de natureza complicada e complexa, fora de controle.

Palavras chave: Curso da ação, competência na ação, estratégia operatória, canavial.

OEE in mechanized sugarcane harvesting: more control or autonomy?

Abstract: Given the possibility of continued inclusion of implementers and sensors in machines with sugar cane sugar, this article aims to highlight the need for more autonomy in working situations of mechanized harvesting. The research method performed was supported by the theory of the Course of Action. The data used were collected during technical visits in real situations of mechanized harvesting in a plant of the Brazilian Midwest. Results shown or monitoring by sensors and indicators at harvest cannot contain control and improvement of the production process. The operators of the collectors are the real responsible for meeting the sugar production and quality goals in sugar to supply the mills metrics, since sugarcane harvesting is allowed by the variability of the complicated and complex nature, out of control.

Key-words: Course of action, competence in action, operative strategy, sugarcane.

1. Introdução

A partir da revisão bibliográfica sobre os indicadores do OEE na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, foi encontrada uma dispersão de resultados entre diversos autores (NEVES, 2003; CARVALHO 2009; SCHMIDT, 2011; BANCHI et al., 2012a, 2012b; ROSA, 2013; CARRARA NETO, 2016; BELARDO, 2016). Por exemplo, o método utilizado para entender a relação da velocidade com a capacidade de colheita era o mesmo, mas os resultados muitas vezes eram conflitantes entre si. Nota-se então que a capacidade nominal da colhedora nunca é considerada, porque ela está implicitamente relacionada com as condições da cana. Ademais disso, às colhedoras de cana são adicionadas a cada ano tecnologias embarcadas inovadoras, novos sensores, cujo principal interesse é controlar os operadores e calcular indicadores. Porém, neste estudo em um contexto real de trabalho, notou-se que os indicadores controlados pelos sistemas são falhos e que sem a competência e as estratégias operatórias dos operadores, a demanda das moendas por cana-de-açúcar não seria alcançada.

Assim, o objetivo deste artigo é evidenciar a necessidade por mais autonomia nas situações de trabalho da colheita mecanizada, frente à tendência contínua do aumento de sensores e controles dos operadores de colhedoras. Este trabalho teve como perspectiva o Curso da Ação, método de análise de trabalho inserido na disciplina da Antropologia Cognitiva Situada.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Indicador de desempenho baseados no tempo: *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

O OEE é a principal métrica do *Total Productive Maintenance (TPM)*, cujo objetivo é identificar e controlar as perdas produtivas e apontar oportunidades de melhorias para o aumento da produtividade, da redução de custo e aumento da vida útil da máquina (STAMATIS, 2010). Assim, o OEE considera que a produção efetiva requer que o equipamento esteja operando durante o tempo planejado, produzindo peças conformes na velocidade nominal do sistema.

Para tanto, o OEE é constituído por um conjunto de indicadores hierarquizados, chamados de indicadores de Disponibilidade (ID), de Velocidade (IV) e de Qualidade (IQ), nos quais são atribuídos valores percentuais para indicar seus desempenhos. O ID é a razão entre o tempo disponível e o tempo ativo e avalia o impacto das paradas na eficiência do sistema. O tempo ativo é o período programado para o funcionamento do sistema e o tempo disponível é a diferença entre o tempo ativo e o tempo das paradas. O IV é a razão entre o tempo nominal e o tempo disponível e avalia o impacto das perdas de velocidade na eficiência do sistema. O tempo nominal é o período que o sistema opera em capacidade nominal, desconsiderando o tempo das perdas de velocidade. O IQ é a razão entre o tempo efetivo e o tempo nominal e avalia o impacto das perdas de qualidade na eficiência do sistema. O tempo efetivo é o período que o sistema produziu itens conformes. Por fim, o OEE é o produto desses três indicadores, que atribui um valor para a eficácia do processo produtivo (STAMATIS, 2010).

2.2 Indicadores de desempenho na colheita mecanizada

Dos equipamentos presentes no CCT, o recurso gargalo é a colhedora, devido a sua baixa disponibilidade (Menegon et al., 2017). Logo, como forma de auxiliar a gestão das frentes de corte e da chegada de cana na planta industrial, vários autores, como exemplo de Neves (2003), Carvalho (2009), Schimidt (2011), Banchi et al. (2012a, 2012b), Rosa (2013), Carrara Neto (2016) e Belardo (2016), vêm estudando as relações potenciais existentes entre os diferentes índices de desempenho das colhedoras.

A colhedora de cana pode ser vista como um conjunto de dois subsistemas. Um subsistema de alimentação e outro de processamento. O primeiro consome uma massa vegetal disponível no campo e entrega parte dessa ao processamento. Nessa entrega geram perdas, pois parte do material consumido não é entregue ao subsistema seguinte. O conjunto processamento pica e limpa o material alimentado. Outra vez, perdas ocorrem, pois nem todo material útil que adentra no processamento é entregue no transbordo. A massa vegetal consumida é constituída por colmos (ricos em açúcar) e folhas. A massa colhida é uma composição de frações de colmos (rebolos), impurezas vegetais (folhas) e impurezas minerais. Em colheitas convencionais objetiva-se maximizar a quantidade de frações de colmos e minimizar perdas e impurezas vegetais e minerais na carga do transbordo.

As perdas podem ser classificadas em (NEVES, 2003): visíveis, pois podem ser detectadas visualmente no campo após a colheita, constituindo-se de canas inteiras, rebolos e tocos resultantes da altura do corte basal; e, invisíveis, pois são encontradas em forma caldo, serragem e estilhaços de cana, que ocorrem devido à ação de mecanismos rotativos que cortam, picam e limpam a cana durante o processamento interno nas colhedoras.

No processo de colheita da cana interferem diversos parâmetros e variabilidades relacionadas a propriedades agronômicas, ambiental, geográficas e operacionais. Serão tratados na sequência estudos que estabeleceram relações que influenciam o OEE da máquina colhedora.

2.2.1. Estudos relacionados ao Indicador Disponibilidade (ID)

O Indicador Disponibilidade (ID) é amplamente utilizado pelas usinas. Banchi et al (2012a) apresenta 1.210.821,26 horas de dados coletados de colheita, cujos maiores tempos de paradas nas colhedoras foi devido a manutenção (35,84%), a condições climáticas (20,44%), aguardando transbordo (15,68%), abastecimento (4,16%) e autodeslocamento (3,72%). Freitas et al. (2019) verifica hierarquia parecida para as paradas das colhedoras em campo: problemas logísticos, de manutenção e climáticos.

Carrara Neto (2016) apresenta a situação da porcentagem das horas trabalhadas das colhedoras de cana em relação às horas de safra. As empresas com ótimo desempenho apresentam 49,5% de aproveitamento potencial, numa média de 36,5%. O autor explica que a gestão cotidiana desse ativo, o meio em que ele está inserido e a forma como ele é operado são os responsáveis pela média baixa do aproveitamento de sua capacidade instalada. O autor também argumenta que mais do que tecnologias modernas, os gestores das usinas precisam saber como usa-las mais e melhor. É necessária uma organização que enxergue não só o equipamento, mas todo o contexto, ambiente, meio e homens em que nele estão inseridos.

2.2.2. Estudos relacionados à Taxa de Alimentação (TA) (Velocidade)

No lugar do termo Velocidade, usualmente chamado na composição do OEE, adota-se neste artigo o termo Taxa de Alimentação (TA), expresso em porcentagem (%) da potencial massa de cana que poderia ser colhida. Tal opção é feita pelo fato que a velocidade de deslocamento da colhedora é variável em função da densidade linear de material na linha de colheita. Uma maior ou menor velocidade não implica em maior ou menor capacidade de colheita. A velocidade da colhedora é consequência da produtividade do canavial e do número de linhas que estão sendo colhidas, além de outros fatores situacionais. O termo Velocidade poderia causar interpretações dúbias para o indicador.

Assim, o indicador TA representa uma relação do que a colhedora está colhendo efetivamente (massa consumida) comparada ao que ela poderia consumir em uma situação ideal. A situação ideal representa a capacidade nominal da colhedora. Nos estudos revisados (CARVALHO, 2009; SCHIMIDT, 2011; ROSA, 2013; BELARDO, 2016) essa capacidade nunca é considerada e a velocidade é sempre definida de forma arbitrária, como variável de entrada, definida de antemão pelo pesquisador.

Nos experimentos de campo apontados acima a metodologia utilizada é bem determinada e reproduzida em todos os estudos praticamente. De maneira geral, os experimentos consistem em realizar a colheita em tiros de tamanhos definidos, monitorar a velocidade, pesar o material colhido, obtendo assim a Capacidade Efetiva Bruta (ton/h). Amostras do material colhido são separadas e pesadas segundo os componentes: impurezas e rebolos. O percentual de rebolos na carga é utilizado para calcular a Capacidade Efetiva Líquida (ton rebolos/hora). Ainda, amostragens são feitas para avaliar a quantidade de material deixado no campo. Dessa forma, a Eficácia de Manipulação (%) são obtidas através das perdas e da produtividade linear da cana no plantio. A Produtividade Agrícola (Ton colmos/ha) é obtida de forma indireta.

O que não é adequado é a forma usual de apresentação dos resultados dos experimentos. Os autores correlacionam a Capacidade Efetiva Bruta (ton/h) e Velocidade Operacional (Km/h), de forma que a produtividade agrícola que deveria ser entrada para a definição da velocidade é, nesses estudos, variável de saída. Ou seja, ao invés de se conhecer primeiro a produtividade agrícola, para a partir dela ser definida a velocidade, o que acontece é o contrário. Belardo

(2016) apresenta resultados de vários experimentos padronizados, levando a uma interpretação de que a capacidade da colhedora é função da velocidade. Esta relação somente é verdadeira se referir-se a canaviais homogêneos, em termos de produtividade, declividade, porte e condições do solo; bem como, tratar-se de colhedoras e estratégias de colheitas similares (uso de máquina que colhem uma, duas ou três linhas por exemplo).

Nos estudos de Carvalho (2009), Schimidt (2011), Rosa (2013), Belardo (2016) a densidade linear de colheita (ton de colmos/km) foi calculada considerando a produtividade agrícola (ton de colmos/ha). À parte das críticas sobre a arbitrariedade das velocidades praticadas, a questão principal é a tendência declinante da curva que poderia ser traçada com os dados desses estudos: quanto maior a densidade de colheita menor a velocidade. Por fim, Banchi et al (2012b) identificam as relações entre a capacidade operacional, vida das máquinas e produtividade agrícola. A capacidade operacional cresce em função da produtividade e decresce em função da vida da colhedora. A influência da produtividade agrícola na capacidade indica que a capacidade nominal da colhedora é variável.

2.2.3. Estudos relacionados ao Indicador Qualidade (IQ)

O Indicador de Qualidade (%) é usualmente representado nos estudos da literatura pela eficácia de manipulação (EM) (%). Os dois indicadores representam o mesmo fenômeno, indicando a relação entre a capacidade líquida efetiva, expressa em toneladas de rebolos entregues no veículo de transporte (transbordo) e massa de colmos consumida, expressa em toneladas de colmos por hora. Dessa maneira, representam as perdas, ou seja, a quantidade de colmos ou fração deste que ficou no campo.

A forma usual de apresentação das perdas visíveis é relacioná-las à velocidade da colhedora. Belardo (2016) ilustra resultados de alguns experimentos, onde observa-se uma dispersão entre eles. Como já ponderado anteriormente, a correlação entre perdas e velocidade só seria razoável quando considerados canaviais e condições de colheita homogêneas. Mesmo assim, perdas e velocidades relacionam-se de forma pertinente apenas com o subsistema de alimentação. A relação entre perdas no subsistema de processamento e a Eficiência de Limpeza é pouco tratada nos experimentos pesquisados. A Eficiência de Limpeza indica o percentual de impureza vegetal retirado da massa que adentra o sistema de processamento. A melhor relação poderia ser estabelecida se considerada a rotação do extrator primário. Isso porque o extrator primário interfere diretamente na composição da carga distribuída no transbordo (Menegon et al., 2017).

3. Arcabouço teórico metodológico de pesquisa: Curso da Ação (CA)

Este artigo é conduzido pela teoria do Curso da Ação (CA). Essa escolha é justificada pela natureza dinâmica do processo de colheita que envolve a todo tempo mudanças de variáveis e tomadas de decisão. Por esse dinamismo, entende-se que o CA revela como o operador percebe a situação, o que para ele é relevante e quais perturbações do meio ele admite.

A teoria do CA é um método científico desenvolvido por Jacques Theureau que analisa o trabalho através do objeto teórico “curso da ação”. Responde-se com essa análise questões referentes a significação para o ator sobre seu trabalho, tendo o estudo em seu contexto social (THEUREAU, 2014). O método aqui discutido faz parte da Antropologia Cognitiva Situada, onde o operador é o criador permanente da própria atividade, que depende daquilo que ele compreende da própria situação (WISNER, 1995).

Contraopondo-se ao cognitivismo, a teoria do CA origina-se de pesquisas que tem como

fundamento a enação (THEUREAU, 2004, 2014), segundo a qual a ação emerge em situação impregnada de saber. O CA aborda também a cognição de modo coerente com a autopoiese (MATURANA & VARELA, 1980), que tem cada indivíduo como um sistema autônomo, que se autorregula, de autoprodução e em interação com as perturbações do meio.

Theureau define o CA como a atividade de um ou mais atores engajados em uma situação, que é significativa para esses últimos, quer dizer mostrável, narrável e comentável por eles a todo instante mediante condições favoráveis (THEUREAU, 2014). Quando o ator narra e comenta sua ação, ele tem como objeto o evento efetuado e as ações consideradas ou previstas e seu raciocínio propriamente dito. Quando ele narra o raciocínio, ele revela tanto o que foi feito de forma consciente, mas também os elementos “não conscientes” durante o CA, os quais são reconstituídos por um processo de reflexão (THEUREAU, 2004).

Para a coleta de dados, Theureau (2014) enfatiza que somente os dados provenientes de observações e de verbalizações do CA devem ser considerados. Outros dados diferentes dessas fontes participam do conhecimento científico do trabalho somente se estiverem articulados com os dados primeiros.

4. Método de pesquisa

Este estudo tem abordagem predominantemente qualitativa, a qual se justifica pelo interesse centrado na compreensão da lógica operacional produzida pelas atividades vividas dos operadores, a partir das perspectivas e significados atribuídos para estes. Adota-se a abordagem qualitativa às pesquisas da história, das relações, das representações, das crenças, das percepções e das opiniões dos atores em relação ao modo como vivem, constroem seus artefatos e a si mesmos, sentem e pensam (MINAYO, 2010). Esta pesquisa foi estruturada em duas fases: revisão bibliográfica e estudo de caso fundamentado no CA (THEUREAU, 2002, 2014). A revisão bibliográfica, além de elucidar questões conceituais sobre o OEE e o processamento da colhedora, contribui principalmente para retratar como indicadores do OEE estão sendo tratados no campo canavieiro.

A pesquisa de campo teve como objetivo o diálogo e a interação dos pesquisadores com os operadores de colhedora de cana para compreensão de suas experiências, estratégias e das atividades que eram significativas para eles. Assim, observações do CA desses trabalhadores e registros de suas verbalizações foram registradas, majoritariamente, de dentro da cabine da máquina colhedora, durante 17 visitas em uma usina sucroenergética do centro-oeste. Para entender as restrições e efeitos extrínsecos à atividade, diálogos realizados com líderes e supervisores foram considerados. Além disso, foram colhidas informações ao longo do estudo sobre as características dos canaviais, do equipamento colhedor e seus tempos de operacionalização, da organização do trabalho e dos resultados da qualidade da cana colhida. Esta pesquisa de campo durou sete meses, entre os meses de abril e novembro de 2018.

Foram utilizadas como técnicas de coleta de dados observações, entrevistas não estruturadas, filmagens e fotografias. As visitas ocorreram em diferentes dias da semana, nos 3 turnos - A (6h30 às 14h30), B (14h30 às 22h30) e C (22h30 às 6h30), durando entre 2 a 8 horas, pois dependia da disponibilidade da colhedora, ou seja, se teve quebra, parada obrigatória por causa de chuva, manutenção e/ou mudança de fazenda. Entrevistas abertas e não estruturadas foram feitas com os operadores das colhedoras, tratoristas, líderes e supervisores das frentes de corte. Como registro, foram utilizadas anotações e gravações de áudios e vídeos. As anotações foram feitas em forma de diário de campo. Os equipamentos utilizados para capturar áudios e imagens foram um telefone celular e uma câmera de aventura.

As entrevistas com os líderes e supervisores ocorreram durante as primeiras visitas nas frentes de trabalho, para a compreensão do processo da colheita e aspectos relacionados à organização e à tarefa. Já as entrevistas com operadores e tratoristas objetivaram o entendimento acerca da operação do CCT. As entrevistas aconteciam durante as pausas por quebras, abastecimentos, etc., exceto com os operadores, que além desses momentos, os pesquisadores intervinham, quando necessário, no momento do evento para entender o que tinha acontecido e a causa e efeitos das decisões tomadas (verbalizações provocadas).

A cada visita feita, foram gerados relatórios com os seguintes itens: a) características dos canais: tipo e condição do terreno, porte, idade e densidade da cana, quantidade de cortes e nível de colheitabilidade; b) qualidade da cana colhida: quantidade de perdas diárias de cana, cujos valores eram atribuídos a cada equipamento e eram calculados com base no TCH estimado do talhão, quantidade de impurezas minerais e vegetais calculada por frente; c) dados da plataforma de monitoramento, referente aos tempos de máquina operando e máquina parada. Em determinados dias, esses dados não foram coletados, porque não foram gerados pela usina. A plataforma de monitoramento era uma plataforma digital que continha softwares embarcados de monitoramento que possibilitavam a coleta de informações produtivas de forma automática. Os operadores apontavam na plataforma o motivo de cada mudança operacional, assim pretendia-se conhecer quanto tempo a máquina cortou cana, os tempos de parada, de manobra, aguardando transbordo e seus respectivos motivos.

A seleção dos participantes para a pesquisa de campo teve como princípio a diversidade. Deste modo, a cada visita feita a usina era acompanhado um operador diferente. O critério de escolha era quem estivesse mais perto do pátio da frente e com a máquina funcionando, ou seja, o trabalhador disponível e mais acessível.

Os dados colhidos foram reunidos. No primeiro momento, foi digitalizado todo diário de campo. Em conjunto, as filmagens e gravações de áudios foram transcritas completando as informações do diário. Tendo todas as informações digitalizadas, iniciou-se a análise do material seguindo a teoria do CA.

5. Resultados

5.1 Unidade estudada

A usina visitada moía 1200 toneladas de cana/h. O plantio estava distribuído em 90 mil ha de terra de fornecedores e fazendas próprias. Dez frentes faziam sua colheita. Cada frente operava com 6 colhedoras e 11 tratores, em turnos fixos. Os tratores eram alocados por um sistema de “fila única” da plataforma de monitoramento. Quando uma colhedora estava prestes a preencher a carga do transbordo, o sistema sinalizava para o primeiro trator da fila virtual no pátio se deslocar até essa colhedora.

Cada frente tinha uma meta diária para cumprir, desdobradas em metas horárias e calculadas de acordo com o TCH estimado, a colheitabilidade do canal e o tamanho do tiro. Numa cana “boa”, a frente tinha que entregar 204 ton/h, o que correspondia a 3 caminhões/ hora.

O controle de perdas era feito diariamente. Os trabalhadores da qualidade recolhiam as perdas dentro de um espaço escolhido aleatoriamente e as pesavam, estimando a perda do talhão processado pela máquina. As perdas eram toleráveis até 3,5% e eram calculadas por meio da média das perdas encontradas no determinado turno (supervisor 1).

Também era estipulada uma meta de densidade da carga de cana colhida nos caminhões, que

era de 0,34 ton/m³. Toda hora esse indicador era atualizado para os líderes das frentes. Quando essa densidade estava abaixo da meta, o líder informava aos seus operadores, com o propósito deles modificarem seus modos operatórios para retomar aos índices desejados. Caso não tivesse sucesso, o líder avaliava as condições do canavial para reportar justificativas ao coordenador. Uma carga limpa não significava uma carga com 100% cana. Se a cana fosse muito limpa para o caminhão, perdia-se cana no campo, principalmente perda de estilhaço. Além disso, quanto maior a rotação do extrator primário, maior era o consumo de diesel.

Outra meta imposta pela organização era do consumo de combustível. Essa meta na safra de 2018/19 era de 0,95 litros/tonelada de cana colhida. O supervisor 1 concluiu “tem um monte de indicadores, se a gente falar todos, vamos perder a semana falando: impureza mineral, impureza vegetal, taxa de frequência, índice de acidente, horas homem trabalhada...”. Quem cumprisse com as metas, poderia ganhar um bônus mensal, que dependia da produção da máquina globalmente, ou seja, da produção dos parceiros e folguistas (operador 4). Já o bônus anual dependia da usina inteira: “Dá uns 1000,00” (operador 4).

As paradas para refeições era um direito do operador. Porém, esse direito era desconsiderado por toda a organização e enquanto um parava de colher, preocupava-se em ter alguém o substituindo. O operador 4 contou que era raro parar para comer, pois “não vale à pena. Tem gente que para para dormir (turno C)”. Explicou que, se todas as colhedoras parassem para refeição o tempo previsto, não venceriam a produção. Alguns líderes reclamavam quando haviam muitas paradas para refeições: “querem trabalhar ou não?”.

Quando a usina operava com alta taxa de produção, demandava dos operadores carregamentos mais rápidos dos tratores, para liberar caminhões mais prontamente. Outro fator que fazia o sistema de produção ser severo era o número de máquinas paradas na frente, ou quando chegava próximo a troca de hora e ainda não haviam enviado o PA de caminhões que deveria naquele horário. Então, o líder perguntava via rádio aos operadores se havia chance de alguém enviar a carga até o fechamento da hora.

5.2 Tarefa

As tarefas são representadas pela Instrução de Trabalho (IT) e pelos procedimentos de operação da máquina colhedora. A IT pertencia a um documento chamado *databook*, que estabelecia os requisitos mínimos para a realização das atividades de operação de colhedora.

Todos os dias, os operadores deveriam fazer o *checklist* da máquina tão logo quando a troca de turno, para verificarem imediatamente problemas na máquina. Se houvesse, abertura de Ordens de Serviço (OS) para a manutenção deveria ser feita, de acordo com sua urgência.

Era obrigação dos trabalhadores fazer os apontamentos na plataforma de monitoramento. Caso não fizessem, a plataforma era configurada para perguntar ao operador toda vez que a máquina parava o que provavelmente ele estava fazendo: se estava esperando o trator manobrar ou se está aguardando transbordo, por exemplo.

Independentemente da situação de cana processada no talhão, os supervisores cobravam que os operadores utilizassem todos os implementos automatizados disponíveis da máquina colhedora: copiadores de solo dos divisores de linha, do disco de base e o *Field Cruise* (sistema eletrônico que limitava e controlava a rotação do motor). A regulagem do extrator primário e a sincronia dos facões picadores eram também de responsabilidade do operador. O supervisor 1 esclareceu que quando os facões não estavam sincronizados, perdas invisíveis eram geradas e os operadores tinham que abrir uma OS para os mecânicos regularem. Mas existiam

situações que o próprio operador podia solucionar, onde registravam na plataforma de monitoramento a função de “operador-mantenedor”, a exemplo da troca ou ajustes das faquinhas do disco de corte.

O operador tinha que gerenciar todas essas funções, considerando as metas determinadas pela empresa: metas de produção, de perdas, de densidade e de consumo de combustível. O supervisor 1 reconheceu que a CH570, modelo da colhedora mais nova na empresa, conseguiu chegar nesse nível utilizando todos seus recursos, enquanto as outras era mais difícil.

5.3 Atividade

Foram reunidos no Quadro 1 as variáveis agronômicas, geográficas, ambientais e operacionais relevantes para os operadores nas situações de trabalho observadas e, por sua vez, elas foram associadas aos indicadores do OEE que mais influenciavam. Essas variáveis tinham entre si uma certa interdependência, como por exemplo, o porte da cana estava associado à variedade e às condições climáticas. Além disso, o porte interferia na Taxa de Alimentação (TA): quando a cana estava acamada, as perdas eram maiores e a limpeza era mais difícil para a máquina. Por isso, o operador operava a uma velocidade menor do que faria em um canavial ereto.

Tipo	Variáveis	ID	TA	IQ
Agronômica	Densidade		X	
Agronômica	Número de cortes, Variedade, Idade (cana)		X	X
Agronômica	Sistematização canavial	X	X	X
Geográfica	Tipo de solo	X	X	X
Geográfica	Declividade		X	X
Ambientais	Braquiária, horário de colheita, porte		X	X
Ambientais	Umidade do solo	X	X	X
Ambientais	Condições climáticas	X		
Ambientais	Rede elétrica/cerca		X	
Operacionais	Mês de safra	X	X	
Operacionais	Idade da colhedora, Manutenção programada e corretiva	X		
Operacionais	Modelo da colhedora		X	
Operacionais	Potência		X	X
Operacionais	Regulação dos componentes:			
Operacionais	-CICB		X	X
Operacionais	-Pressão corte de base, Rotação rolos alimentadores, Sincronização facões picadores, Ajuste faquinhas corte de base	X	X	X
Operacionais	-Inclinação corte de base, Rotação extrator secundário, Altura do despontador, Posição do elevador, Ajuste da chapa defletora			X
Operacionais	-Rotação extrator primário	X		X
Operacionais	Experiência operador, experiência do tratorista	X	X	X
Operacionais	Tempo de manobra, pressão do rolo picador		X	

Quadro 1 - Variáveis no CCT e relações com o OEE (Fonte: Elaborado pelos autores)

Além da análise qualitativa, reuniu-se no Quadro 2 os dados referentes aos relatórios do perfil dos canaviais, da qualidade da cana e dos tempos de operação registrados pela plataforma de monitoramento, na tentativa de calcular o OEE para cada visita feita e, a partir disso, estabelecer algumas relações entre as variáveis e os indicadores. O tempo disponível foi calculado a partir das operações produtivas (P), ou seja, a operação de corte de cana, e das auxiliares (A), que podiam ser operações de manobras, aguardando o trator manobrar e auto-deslocamento (P+A). Operações perdidas (Pe), como “aguardando trator”, manutenção mecânica e elétrica, “sem apontamentos”, abastecimento e limpezas foram utilizadas para

calcular o tempo ativo (P+A+Pe). Assim o ID foi estimado por $(P+A)/(P+A+Pe)$. A TA foi calculada pela razão $P/(P+A)$. Por fim, o IQ foi dado pela redução das perdas encontradas no campo. Dos 17 operadores acompanhados, apenas foi fornecido o relatório de sete (operadores 1, 7, 8, 12, 13, 15 e 16). A seguir são abordados os principais pontos sobre as atividades realizadas por esses operadores para uma comparação com os índices calculados.

Operador	Caract.canavial	ID	TA	IQ	OEE
Op1. 6 a. na colhedora. Turno A.	Terreno Plano, Cana 45°, forte 75 t/ha, 3°corte	(P+A)=2h56m14s (71,14%) (+Pe)=4h07m43s	(P) = 2h25m30s (82,56%)	Perdas: 1,85% (98,15%) Imp.min: 4,38 kg/ton Imp.veg: 70,96 kg/ton	57,65%
Op7. 8 a. na colhedora. Turno C.	Terreno Plano, C. ereta, fraca 52 t/ha, 5°corte	(P+A)=6h10m57s (78,51%) (+Pe)=7h52m28s	(P) = 0 (0%)	Perdas: ? Imp.min: 10,05 kg/ton Imp.veg: 88,05 kg/ton	0
Op8. 6 a. na colhedora. Turno A.	Terreno Plano, Cana 45°, fraca 58 t/ha, 3°corte	(P+A)=2h39m52s (55,56%) (+Pe)=4h47m45s	(P) = 2h10m47s (81,81%)	Perdas: 1,26% (98,74%) Imp.min: ? Imp.veg: ?	44,88%
Op12. 5 a. na colhedora. Turno A.	Declividade suave, C. ereta, forte, 86 t/ha	(P+A)=3h41m58s (43,34%) (+Pe)=8h32m11s	(P) = 1h57m24s (52,89%)	Perdas: 1,34% (98,66%) Imp.min: 11,1 kg/ton Imp.veg: 80,41 kg/ton	22,62%
Op13. 7 a. na colhedora. Turno A.	Declividade suave, C. ereta, forte, 86 t/ha	(P+A)=4h08m08s (71,24%) (+Pe)=5h48m17s	(P) = 1h32m13s (37,16%)	Perdas: 3,73% (96,27%) Imp.min: ? Imp.veg: ?	25,49%
Op15. 6 a. na colhedora. Turno C.	-	(P+A)=5h45m27s (80,12%) (+Pe)=7h11m10s	(P) = 4h00m42s (69,68%)	Perdas: 1,13% (98,87%) Imp.min: ? Imp.veg: ?	55,20%
Op16. 5 a. na colhedora. Turno C.	-	(P+A)=2h30m41s (37,76%) (+Pe)=6h39m04s	(P) = 1h12m35s (48,17%)	Perdas: 2,98% (97,02%) Imp.min: ? Imp.veg: ?	17,65%

Quadro 2 – Cálculo do OEE das máquinas colhedoras (Fonte: Elaborado pelos autores)

A começar pelo operador 1. O acompanhamento na máquina do operador 1 se deu entre às 11h30 até as 13h30. Durante esse período o operador passou parte do tempo colhendo cana em condições favoráveis ao corte, ou seja, sob as condições previstas no Quadro 2, e parte do tempo foi dedicado a abertura de um eito. O que chama atenção aqui é que no relatório de horas trabalhadas, a máquina do operador 1 registrava operações “indeterminadas” desde às 11h20 até o dia seguinte às 6h. Isso quer dizer que, os indicadores registrados no Quadro 2 não correspondem a grande período do trabalho real do operador.

O operador 7 desconfiou que estava com problema no câmbio da colhedora, porque “minha máquina limpa mais que isso”, disse ele. Além disso, a cana era de uma variedade que produzia muita palha, talvez essa fosse a causa da alta taxa de impurezas vegetais dessa máquina comparada as demais. No relatório de horas desse operador, outra divergência foi encontrada. Em nenhum momento das quase 8 horas de trabalho foi registrada a operação de corte de cana, resultando em um OEE nulo, o que não foi verdade.

O operador 8 estava operando em uma fazenda de terceiros com solo argiloso e úmido. Ele disse que quando se colhe na fazenda de um fornecedor, zela-se por mais qualidade. Por isso, quando começou a garoar, o líder da frente logo pediu para pararem as máquinas. Além disso, a variedade da cana colhida era do tipo “quebradeira” segundo o operador, ou seja, fácil de quebrar quando ela colidia com a colhedora, deixando muita perda em “pedaço” no chão. Apesar disso, o indicador de perdas apontava baixo desperdício de cana no campo.

Sobre o operador 8 é importante também ponderar que diversas vezes foi visto apontamentos

incorretos sobre os motivos de paradas na plataforma de monitoramento. A exemplo, a plataforma perguntou se a colhedora estava parada porque aguardava transbordo. O operador confirmou, porém o motivo real da parada era o abastecimento de água no radiador.

Esse operador também não abriu OS na manutenção para reparos dos problemas presentes em sua máquina: defeitos na mangueira do radiador e alta temperatura do material rodante. Esse último poderia causar incêndio no canavial, porém o operador disse que a colhedora sempre apresentava temperatura elevada, descartando o risco de incêndio. Não tendo risco, a colhedora não precisava ser parada. Se parasse, “os caras da produção iam cair em cima”, justificou. Então o operador pediu para chamar depois o comboio para trocar o óleo e dar uma refrigerada: “Se a máquina parar agora, os caras lá me matam” (operador 8).

O operador 12 estava colhendo uma cana forte e alta. Sua máquina tinha defeitos no CICB, nos divisores de linha (só um lado estava funcionando), nas faquinhas de corte (estavam produzindo faíscas) e nos sensores do extrator primário (danificados). Para piorar, as condições climáticas eram favoráveis para a propagação de um incêndio, pois estava seco, quente e ventando muito. O operador então criou várias estratégias para não parar a máquina: tentou colher a cana “rodando”, sem fazer manobras; tentou abrir eito por meio do talhão para diminuir a distância das voltas; tentou operar com os implementos automáticos de regulação da altura da máquina desligados. Apesar das condições contrárias à realização da atividade, o operador conseguiu rodar com a máquina uma parte do tempo, tendo baixas perdas. Mas nota-se que o ID foi pequeno, uma vez que a máquina foi forçada a parar devido às condições climáticas e para manutenções que não puderam ser postergadas.

O operador 13, diferente do que transpareceu os demais, pareceu estar tenso. Essa tensão podia ser justificada por uma reunião de fatores inusitados em sua atividade: a cana estava acamada e contra ao corte; a máquina estava com problemas no CICB, estava com três faquinhas cegas, o extrator secundário e o giro do capuz do extrator primário não estavam funcionando, a plataforma de apontamentos estava apitando frequentemente e o ventilador do radiador estava falhando; por fim, as condições do canavial não eram as melhores, uma vez que o talhão que colhia tinha muitos bicos, demandando mais manobras e o sulco das raízes estava profundo. Com tantas variáveis para dar conta, ainda o caminhão-pipa e o comboio de abastecimento pediram para o operador parar para fazer a limpeza úmida e o abastecimento, enquanto que outras máquinas da frente já se encontravam paradas. Sem contar a pressão sofrida causada pelo supervisor que estava na cabine do tratorista que o acompanhava e a presença do pesquisador dentro da cabine. Não foi sem motivo, então, que o OEE de sua máquina teve um índice calculado de 25,49%.

O índice atingido pelo operador 13 foi baixo, porém não pior do que o OEE do operador 16, que estava rodando teoricamente com a máquina em melhores condições e sem a pressão de cobranças como a sofrida pelo colega anterior. O que se destaca foram os valores, principalmente, dos tempos de parada para manutenção, aguardando manutenção e aguardando o caminhão-pipa. As perdas desse trabalhador também foram mais altas comparadas aos seus pares, mas justificadas, pois estava colhendo em um canavial cuja cana estava acamada e contra ao corte. Para melhorar o desempenho da colheita, o operador utilizou as faquinhas laterais para desembaraçar a cana emaranhada. Apesar do auxílio, o uso dessa ferramenta trazia aumento de perdas.

Por fim, o operador 15 colhia, assim como o operador 16, uma cana acamada e contra, no turno C. Entretanto, parece que seu OEE foi mais alto, principalmente, porque os problemas

em sua máquina não eram tão urgentes para parar a máquina na prática: o despontador não estava funcionando, a sincronização do facões picadores não estava adequada e o velocímetro não acusava a velocidade real. Na teoria, tais problemas seriam suficientes para parar máquina, por conta das perdas invisíveis geradas no processo de picar a cana com facões sem sincronia. O despontador, mesmo que funcionando, não poderia ser usado, pois não conseguiria cortar as ponteiros da cana acamada.

6. Conclusões

A primeira conclusão que aparece da análise do Quadro 2 é a discrepância entre o trabalho prescrito e o trabalho real. Os relatórios de tempos de paradas gerados pela plataforma de monitoramento não eram fidedignos com as ações dos operadores, nem levavam em consideração as reais variabilidades agrônomicas, geográficas, ambientais e operacionais existentes na hora da colheita. Além disso, os apontamentos na plataforma de monitoramento não eram realizados pelos operadores da maneira como a tarefa prescrevia, por diversos motivos que variavam desde a facilidade de apertar um botão “sim”, para que o sistema parasse de apitar, até para não prejudicar o pessoal da manutenção com abertura de OS que diminuía o desempenho do setor e a contribuição com os bônus no final da safra.

Os sistemas também falhavam e informações eram perdidas. Além disso, os cálculos de perdas realizados pela qualidade eram somente uma estimativa aleatória das perdas das máquinas, quando eram feitos. As perdas do Turno C eram medidas durante o dia, deixando de ser um processo claro para os trabalhadores noturnos, uma vez que eles não tinham poder de defesa.

Existe também ressalvas quanto ao cálculo do indicador da TA, pois a capacidade efetiva, como visto na literatura, é função da densidade linear da cana. Por isso não foi encontrado nos artigos revisados, nem no estudo de caso, referência sobre uma capacidade nominal para que pudesse ser feito o cálculo real da TA. A tentativa de cálculo no Quadro 2 foi feita no intuito de buscar valores de desempenho entre as colhedoras que pudessem ser comparáveis. Mas, não são valores que levam em conta todos os fatores que influenciam nesse índice.

As paradas de refeição somariam aos tempos inativos para o cálculo do OEE na teoria. Para isso se confirmar na prática, tempos de refeições seriam garantidas aos operadores. Como isso não era verdade, observa-se então, que tais ações eram entendidas como tempos perdidos, que prejudicavam o tempo ativo, ou seja, a disponibilidade da máquina.

Por fim, um fator que não foi possível quantificar foi a experiência do operador na influência de todos os indicadores do OEE, pois cada um deles mostrou aplicar estratégia operatórias para manter a colhedora colhendo de acordo com suas competências e experiências.

Portanto, os operadores tinham metas de produção e qualidade de colheita de cana a cumprir, impostas pela empresa. Para atingir essas metas, lançavam mão de modos operatórios não previstos e até, por vezes, proibidos pelo trabalho prescrito. Contudo, se não os criassem, as metas não seriam cumpridas. Para não serem cobrados ou punidos, os apontamentos obrigatórios eram feitos de forma a mascarar problemas. Logo os relatórios de controle gerados, a partir de apontamentos não reais e condições previstas (também não reais) das variáveis agrônomicas, operacionais, geográficas e ambientais não ajudavam o operador em sua atividade, pelo contrário, adicionavam mais constrangimentos para serem geridos.

Conclui-se com isso que, como defendido pelo CA, o trabalhador é o criador permanente da própria atividade, que depende daquilo que ele compreende da própria situação (WISNER, 1995). A operacionalização do conhecimento é orientada por ações intencionais, autônomas

e adaptativas (THEUREAU, 2014) e, por isso mais vale buscar formas de dar autonomia para os operadores realizarem suas atividades, do que adicionar à colhedora diversos tipos de sensores que não conseguem retratar o trabalho. O plantio da cana ainda não foi dominado como o plantio de outras culturas, a exemplo da soja. Então o problema da colheita não está na máquina nem no homem, mas sim na cana, e quem entende a cana é somente o operador. O operador, nesse caso, se mostra mais eficiente que do que a máquina colhedora.

Referências

BANCHI, A. D.; LOPES, J. R.; MARTINS, J. M. S.; DIMASE, M. Capacidade operacional de Colhedoras de Cana-de-açúcar: Modelagem matemática em função da produtividade agrícola e da vida da máquina. **Agrimotor**, 2012a.

____. Eficiência Global da Operação de Colheita: cultura da cana-de-açúcar. **Agrimotor**, 2012b.

BELARDO, G. C. **Avaliação do desempenho de colhedoras de multilinhas de cana-de-açúcar em três espaçamentos**. Jaboticabal, 173p., 2016. Tese (Doutorado) - UNESP.

CARRARA NETO, H. C. As pequenas coisas que fazem diferença. **Revista Opiniões**, v.13, n.48, 2016.

CARVALHO, L. S. **Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua na região de grande Dourados-MS**. Dourados, 36p., 2009. Dissertação (Mestrado) - UFGD.

FREITAS, L. D.; BORGES, T. M. D.; MARTINS, A. S.; PANAINO, R. C.; NEGÃO NETO, J. B.; GODINHO FILHO, M. Análise e proposta de redução de lead time no processo de corte, carregamento e transporte de uma usina de cana-de-açúcar no estado de São Paulo: um estudo de caso. **Gestão e Produção**, v.26, n.3, 2019.

MATURANA, H. R.; VARELA, F. **Autopoiesis and cognition**. D. Reidel, Dordrecht, 1980.

MENEGON, N. L.; TORRES, I.; SILVA, J. E. A. R. **Implantação de modelo de simulação do modelo e validação da lógica de simulação e das respostas do modelo em função dos indicadores de OEE**. São Carlos: SimuCad/UFSCar, 34 p, 2017.

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec, 2010.

NEVES, J. L. M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. Campinas, 210p., 2003. Tese (Doutorado) – Unicamp.

ROSA, J. H. M. **Avaliação do desempenho efetivo e econômico de uma colhedora de cana-de-açúcar (Saccharum spp) em espaçamento duplo alternado**. Piracicaba, 153p., 2013. Dissertação (Mestrado) - USP.

SCHMIDT, J. C. **Avaliação do desempenho efetivo de colhedora de cana-de-açúcar (saccharum spp)**. Piracicaba, 108p., 2011. Dissertação (Mestrado) – USP.

STAMATIS, D. H. **The OEE primer: understanding overall equipment effectiveness, reliability, and maintainability**. CRC Press, 2010.

THEUREAU, J. L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française. **Activités**, v. 1, n.2, p. 11-25, 2004.

THEUREAU, J. **O curso da ação: método elementar**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2014.

WISNER, A. **Réflexions sur l'ergonomie: 1982-1995**. Octares Ed, 1995.