

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

WESLEY MARTINELLI SOARES

**Automação Agrícola: controle do processo operacional e gerencial
da colheita mecanizada**

Pirassununga/SP

2022

WESLEY MARTINELLI SOARES

**Automação Agrícola: controle do processo operacional e gerencial
da colheita mecanizada**

Versão Corrigida

Projeto apresentado à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Gestão e Inovação na Indústria Animal

Orientador: Prof. Dr. Adriano Rogerio Bruno Tech

Pirassununga/SP

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S676a Soares, Wesley Martinelli
Automação Agrícola: controle do processo
operacional e gerencial da colheita mecanizada /
Wesley Martinelli Soares ; orientador Adriano
Rogerio Bruno Tech. -- Pirassununga, 2022.
67 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Mestrado Profissional Gestão e Inovação na
Indústria Animal) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Colheita Mecanizada. 2. Soluções Tecnológicas.
3. Eficiência. 4. Gestão Operacional. I. Tech,
Adriano Rogerio Bruno , orient. II. Título.

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: SOARES, Wesley Martinelli

Título: Automação Agrícola: Controle do processo operacional e gerencial da colheita mecanizada

Projeto apresentado à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ___ / ___ / ___

Banca examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, meu guia. Aos meus pais, Nivaldo e Vera, e minha irmã, Nellize, pelo exemplo, dedicação e firmeza com que orientaram minha educação.

AGRADECIMENTOS

A todos Professores Doutores da USP pela convivência e por compartilharem seus conhecimentos, contribuindo desta forma para o meu crescimento científico e intelectual.

Ao Prof. Dr. Adriano Rogério Bruno Tech, pela orientação, pelo estímulo incessante e crença inabalável na capacidade de transformação do empreendedorismo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Inovação na Indústria Animal da FZEA/USP, pela oportunidade de qualificação profissional e de integração entre a vida acadêmica e a corporativa.

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”

Mahatma Gandhi

Resumo

Soares, Wesley Martinelli **Automação Agrícola: controle do processo operacional e gerencial da colheita mecanizada**. 2022. 59f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

Os sistemas gerenciais agrícolas vêm sendo largamente utilizados nas organizações como vantagem competitiva, auxiliando os gestores em suas tomadas de decisão. Este trabalho teve como finalidade realizar um estudo de caso para identificar qual é o sistema mais apropriado para uma usina espanhola de cana de açúcar no interior do estado de São Paulo, dando suporte aos níveis gerenciais e operacionais relacionados à colheita mecanizada da cana de açúcar, solucionando as problemáticas: identificação de gargalos, aumento de eficiência, sustentabilidade, tomada de decisão e competitividade, possibilitando mais eficiência no processo de colheita mecanizada. Para isso, foi realizado um estudo de caso nas empresas A, B, C que utilizam os sistemas X, Y e Z de modo a realizar uma análise nos níveis operacionais e gerenciais de suporte a tomada de decisão destes sistemas, além de um estudo interno nas áreas de gerenciamento agrícola com suas equipes de gestão. Foi observado em ambas as empresas que o processo vai além das questões meramente metodológicas, sendo dependente de inúmeras variáveis associadas aos fatores ambientais e culturais das empresas e, que passam a interferir no processo final de otimização do suporte de decisão. O sistema que mais atendeu os requisitos estabelecidos foi o sistema Z, por possuir uma plataforma inteligente de relatórios operacionais e gerenciais, o que permite um melhor gerenciamento decisório sobre os elos de cadeia de produção, potencializando a produção, o aumento de eficiência dos equipamentos, a otimização de tempo e recursos humanos, além de redução de custos operacionais de equipamentos e máquinas, permitindo a equipe gerencial um melhor processo de gestão e decisão.

Palavras-chave: Colheita Mecanizada, Soluções Tecnológicas, Eficiência, Gestão Operacional

ABSTRACT

Soares, Wesley Martinelli **Agricultural Automation: control of the operational and managerial process of mechanized harvesting**. 2022. 59f. M.Sc Dissertation - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

Agricultural management systems have been widely used in organizations as a competitive advantage, helping managers in their decision making. This work aimed to carry out a case study to identify the most appropriate system for a Spanish sugar cane plant in the interior of the state of São Paulo, supporting the managerial and operational levels related to the mechanized harvesting of sugar cane, solving the problems: identification of bottlenecks, increased efficiency, sustainability, decision-making and competitiveness, enabling more efficiency in the mechanized harvesting process. For this, a case study was carried out in companies A, B, C that use systems X, Y and Z in order to carry out an analysis at the operational and managerial levels of support for decision making of these systems, in addition to an internal study in the areas of agricultural management with their management teams. It was observed in both companies that the process goes beyond merely methodological issues, being dependent on numerous variables associated with the environmental and cultural factors of the companies, which start to interfere in the final process of optimizing decision support. The system that most met the established requirements was the Z system, as it has an intelligent platform for operational and managerial reports, which allows for better decision-making management over the links in the production chain, enhancing production, increasing equipment efficiency, the optimization of time and human resources, in addition to reducing operating costs of equipment and machines, allowing the management team a better management and decision process.

Keywords: Mechanized Harvesting, Technological Solutions, Efficiency, Operational Management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Colheita manual e mecanizada em São Paulo	16
Figura 2. Histórico Brasileiro de Produção de Cana-de-açúcar.....	18
Figura 3. Evolução da produtividade média de cana de açúcar	18
Figura 4. Estrutura do sistema X	28
Figura 5. Vantagens Sistema X	29
Figura 6. Visões sistema X.....	29
Figura 7. Visões Sistema X	30
Figura 8. Funcionalidades Sistema Y	31
Figura 9. Sistema Z	32
Figura 10. Ciclo de horas produtivas	38
Figura 11. Informe de horas trabalhadas Operador.....	39
Figura 12. Gestão de horas Improdutivas.....	39
Figura 13. Horas de deslocamento.....	40
Figura 14. Rastreabilidade de equipamento	41
Figura 15. Velocidade do Vento	41
Figura 16. Radiação Solar	42
Figura 17. Direção do Vento.....	42
Figura 18. Temperatura.....	42
Figura 19. Rastreabilidade da cana de açúcar	43
Figura 20. Logística em Campo.....	44
Figura 21. Alarmes de horas	45
Figura 22. Comparação Sistemas analisados nas visitas das usinas A, B e C	46
Figura 23. Definição conceitual de tempos.....	47
Figura 24. Indicadores de produtividade	48

Figura 25. Modelo de Sistema.....	49
Figura 26. Mapa do sistema	50
Figura 27. Mapa Analítico de estado de operação	50
Figura 28. Mapa Analítico de Velocidade	51
Figura 29. Mapa Analítico de RPM.....	52
Figura 30. Mapa Analítico de área trabalhada.....	52
Figura 31. Mapa Analítico de falha de aplicação	53
Figura 32. Mapa Analítico de Velocidade	54
Figura 33. Tempos de utilização Colhedoras	55
Figura 34. Tempos de disponibilidade mecânica de colhedoras	55
Figura 35. Tempo de disponibilidade efetiva de colhedora	56
Figura 36. Tempos de performance de colhedora.....	57
Figura 37. Resumo de tempo Disponível Efetivo.....	58
Figura 38. Resumo de tempo Disponível Efetivo 1.....	59
Figura 39. Parte Logística em campo.....	60
Figura 40. Payback Projeto	61
Figura 41. Entrada de Cana Manual.....	61
Figura 42. Entrada de Cana Digital	62
Figura 43. Passos sequenciais de análises COA.....	63
Figura 44. Centro de Operações Agrícolas COA.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. TOMADA DE DECISÃO	18
3.2. TOMADA DE DECISÃO ATRAVÉS OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.....	19
3.3. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	20
3.3.1. Sistema de processamento de transação /SPT.....	21
3.3.2. Sistema de informação gerencial (SIG)	22
3.3.3. Sistema de apoio à Decisão (SAD)	22
3.3.4. <i>Executive Information Systems</i> (EIS)	23
3.3.5. <i>Enterprise Resource Planning</i> (ERP)	23
3.4. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DISPONÍVEIS NO MERCADO	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Como o sistema de informação auxilia o agronegócio	33
5.2. Estudo realizado na usina A utilizando o sistema X.....	34
5.3. Estudo realizado na usina B utilizando o sistema Y.....	37
5.4. Estudo realizado na usina C utilizando o sistema Z.....	38
6. CONCLUSÕES	64

1. INTRODUÇÃO

Este estudo tem por objetivo implantar um sistema de informação gerencial que realiza todo o processo de gestão operacional e de colheita mecanizada na cana de açúcar. Este tema é tratado a partir do levantamento de informações junto a vários agentes que atuam na cadeia de produção, buscando identificar os gargalos do processo de colheita mecanizada, a fim de manter a sustentabilidade econômica, social e ambiental da atividade canavieira com a ajuda da tecnologia.

Diante das mudanças dos cenários econômico e tecnológicos nas últimas décadas, as organizações necessitaram encontrar diversas alternativas para se manterem competitivas diante do mercado que atuam (OZAKI; DEL REY; ALMEIDA, 2011). Para tanto, como forma de contribuir para a manutenção e permanência no mercado em que estão situadas, o conhecimento passou a ser considerado como elemento fundamental nos dias de hoje, para o desenvolvimento e disseminação de novas tecnologias pelas organizações (MARQUES et al., 2015).

O entendimento dos vários aspectos que envolvem o processo tecnológico, tornou-se uma estratégia fundamental para a adaptação dos sistemas de produção com agilidade às mudanças inerentes ao ambiente em que se inserem. Conforme apontam Anselmo e Krause (2004), o conhecimento do ambiente só se torna possível como o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e gestão de informações que permita o acompanhamento das tendências tecnológicas e forneça subsídios à tomada de decisões estratégicas em tecnologia.

O monitoramento tecnológico proposto por Porter et al. (1991), consideram que a evolução tecnológica deriva das mudanças ocorridas em aspectos socioeconômicos e, que esses, por sua vez, influenciam diretamente no desenvolvimento tecnológico. Assim, enfatiza a necessidade da construção de dois grupos de informações classificados em monitoramento contextual, que se referem às informações socioeconômicas e ao monitoramento tecnológico, que abrigam informações sobre a evolução histórica da tecnologia e seus impactos.

As várias técnicas e métodos que têm por objetivo identificar e organizar informações que permitam subsidiar a tomada de decisão na construção de estratégias tecnológicas, muitas vezes, se relacionam entre si, dentre elas, está o método de *roadmapping* tecnológico (RMT). O RMT tem na flexibilidade e adequação a vários contextos sua principal vantagem para atingir o objetivo de auxiliar a

integração estratégica do trinômio: tecnologia, produto e mercado (GARCIA; BRAY, 1997; PHAAL et al., 2004).

Já Coelho, Botelho Junior e Tahim (2012), referindo-se ao termo no contexto da estratégia organizacional, dizem que os *roadmaps* fornecem um quadro para pensar o futuro. Eles estruturam a planificação estratégica e o desenvolvimento, a exploração de caminhos de crescimento e o acompanhamento das ações que permitem chegar aos objetivos.

Portanto, a escolha do tema foi baseada na análise do cenário atual, onde mesmo com o avanço tecnológico, as empresas ainda enfrentam problemas para controlar as operações em campo, não conseguindo em modo online, realizar a tomada de decisão e tampouco realizar um relatório gerencial de fácil visualização para a alta direção. Tais dificuldades, estão diretamente associadas à falta de tecnologia no processo de colheita mecanizada.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso para definir qual o sistema de gestão mais apropriado para uma usina espanhola de cana de açúcar, localizada no interior do Estado de São Paulo, solucionando as problemáticas: identificação de gargalos, aumento da eficiência, sustentabilidade, tomada de decisão e competitividade, possibilitando mais eficiência no processo de colheita mecanizada.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O agronegócio é um dos setores mais importantes do Brasil, e uma das principais atividades é a produção canavieira. Com o constante crescimento de sua produção, os produtores buscam cada vez mais investir em tecnologia, visando melhorar a qualidade do produto, obter maior eficiência e rentabilidade na produção. Com a chegada da tecnologia, a mecanização das culturas agrícolas vem substituindo a mão de obra manual, o que obriga os produtores a adequarem seus processos e a manter um nível de competitividade no mercado otimizando seu gerenciamento de produção. Vários departamentos da lavoura tiveram influências de mecanização, ao ocorrer essas mudanças, desde o preparo do solo, onde começam as atividades

agrícolas até a colheita, devido ao seu nível de energia gasta e à complexidade do processo de plantio, deixando o trabalho braçal quase inviável, por sua demora para a execução de tarefas e problemas associados à gestão de pessoal (BRAUBECK; OLIVEIRA, 2006).

A cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial na produção de etanol e seus respectivos subprodutos. Além da produção de etanol e açúcar, as unidades de produção têm buscado aumentar sua eficiência na geração de energia elétrica, auxiliando no aumento da oferta e redução dos custos, contribuindo para ampliar a sustentabilidade do setor. A agroindústria sucroalcooleira nacional, diferentemente do que ocorre nos demais países, opera numa conjuntura positiva e sustentável. Ao conciliar as preocupações relacionadas ao meio ambiente e os efeitos indesejáveis da utilização dos combustíveis fósseis, que considera o balanço do lançamento de carbono na atmosfera e os seus danosos efeitos no aquecimento global, o segmento industrial brasileiro, quando produz o etanol, oferta para o mercado um combustível ecologicamente correto, que não afeta a camada de ozônio e é obtido a partir de fonte renovável (CONAB, V.6 - SAFRA 2019/20 N.1).

O processo da cana de açúcar tem seu início no preparo do solo e a escolha do tipo de muda a ser plantada. Muito se engana quem pensa que a cana de açúcar só serve para o doce açúcar, ela é utilizada como combustível, o etanol e para fazer cachaças. Mas, como funciona este processo? Basicamente, a produção de açúcar em si, é dividida em 5 etapas:

1. Formação do caldo: após moer a cana, surge o caldo e dele são retiradas todas as impurezas solúveis e insolúveis, por exemplo: a areia, argila e outros. Esta etapa envolve o aquecimento, tratamento químico, decantação e peneiramento.
2. Evaporação: em seguida, o caldo de cana fica praticamente transparente, levemente amarelado. Nele tem água, sais minerais e açúcares. Esta água precisa ser evaporada para transformá-lo em um xarope concentrado, com aproximadamente 65° de brix (% de sólidos solúveis).
3. Cozimento: neste momento é realizado um novo aquecimento para a cristalização e recuperação de 80% a 85% da sacarose que estão no xarope que vira uma massa e é centrifugada para ficar homogênea.

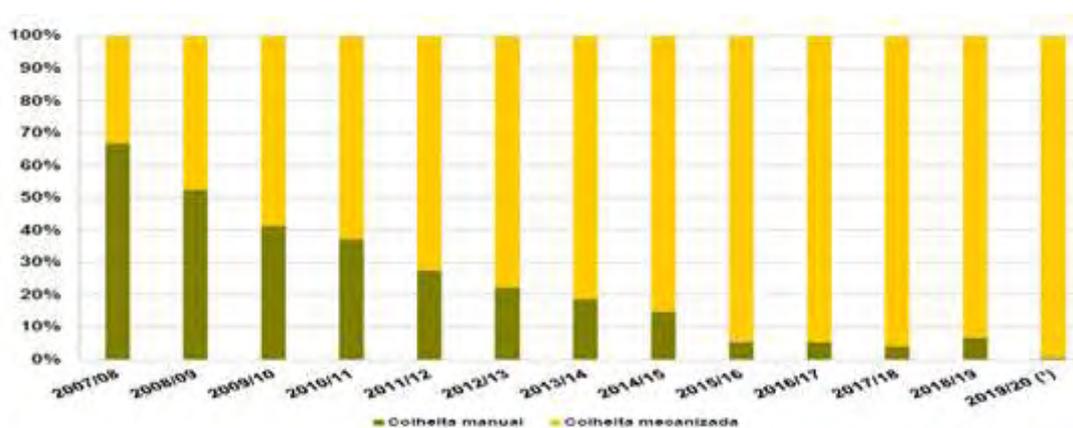
4. Centrífuga: com água e vapor, o açúcar é centrifugado para que seja separado do mel – subproduto que resultará na fabricação do etanol.
5. Secagem: a tecnologia já criou várias máquinas preparadas para secar a massa e transformar o açúcar conforme conhecemos hoje. O tradicional açúcar branco, ao final deste processo é ensacado e armazenado em estoque para venda.

Já o processo de etanol é obtido por meio de um processo que ocorre nas dornas de fermentação. Ao mosto é adicionado o fermento que promoverá a transformação dos açúcares em etanol. Após a fermentação, o mosto transforma-se em vinho apresentando em média 8,5°GL (% de etanol em volume). O fermento é recuperado por centrifugação e reutilizado na própria fermentação. Após a recuperação do fermento, o vinho segue para a etapa de destilação em colunas que utilizam como fonte de calor o vapor de escape das turbinas das moendas e do gerador.

No processo de destilação, na base, é extraída a vinhaça, já desalcoolizada que será utilizada como adubo líquido para fertirrigação dos canaviais. Já o etanol que sai pelo topo da coluna é enviado ao processo de desidratação, resfriado e em seguida bombeado para os tanques de armazenamento.

O aumento da demanda mundial por etanol, aliado às grandes áreas cultiváveis e condições edafoclimáticas favoráveis à cana-de-açúcar, tornam o Brasil um participante na comercialização mundial com elevada competitividade (Figura 1) (CONAB, V.6 - SAFRA 2019/20 N.1).

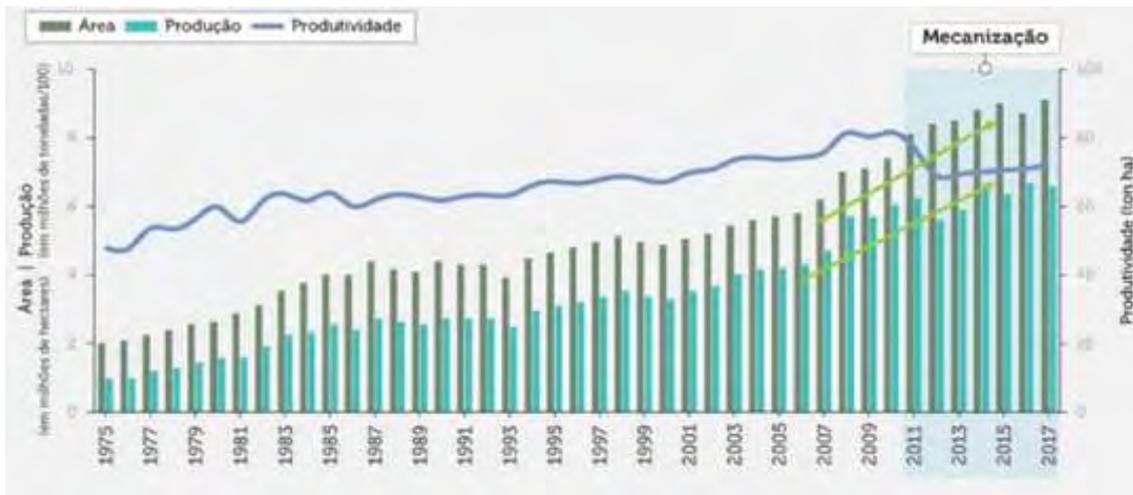
Figura 1. Colheita manual e mecanizada em São Paulo



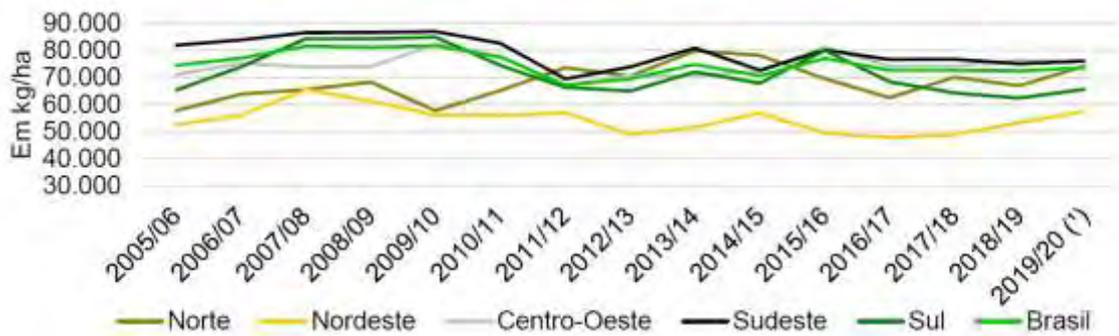
Fonte: Conab V.6 - SAFRA 2019/20 N.1

Em São Paulo, estado responsável por aproximadamente 50,6% da área colhida na safra 2020, o índice de colheita mecanizada saiu de 56,6% na safra 2009/10 para 98,3% na safra 2019/20. A mecanização da colheita, sem queima prévia, evita a emissão de gases de efeito estufa e beneficia o solo, pois deixa sobre o solo a palha que antes era queimada, protegendo-a contra erosão e contribuindo para o aumento da sua fertilidade teor de matéria orgânica. A unidade de produção também se beneficia da intensificação do sistema de colheita mecanizado, uma vez que a limpeza da cana-de-açúcar colhida nesse sistema é realizada a seco, reduzindo o uso de água no processo industrial e evitando afetar o teor de sacarose, que diminui com o uso da água (CONAB, V.6 - SAFRA 2019/20 N.1).

A transição do sistema de colheita manual para a colheita mecanizada pode ser considerada um processo rápido e árduo. Máquinas agrícolas operavam em áreas que não estavam preparadas para a colheita mecanizada, causando pisoteio no canavial, arranquios de soqueira e aumentando as falhas. Não existia sistematização adequada, as variedades não estavam adaptadas à mecanização e a carência de mão-de-obra qualificada para operar tais máquinas foram alguns desafios enfrentados em muitas empresas. Em muitas usinas os custos das operações de corte, carregamento e transporte (CCT manual) eram inferiores à colheita, transbordamento e transporte (CTT), em função da baixa eficiência de colhedoras, transbordos e caminhões. Todas essas variáveis, somado à crise do setor sucroenergético e problemas de gestão (principalmente agrícola), influenciaram de forma negativa a produtividade do canavial da região Centro-Sul do Brasil, conforme ilustram as Figuras 2 e 3.

Figura 2. Histórico Brasileiro de Produção de Cana-de-açúcar

Fonte: NOVACANA (2017)

Figura 3. Evolução da produtividade média de cana de açúcar

Fonte: Conab V.6 - SAFRA 2019/20 N.1

3.1. TOMADA DE DECISÃO

Segundo Shimizu (2001), frequentemente uma organização se depara com problemas de decisão. Poder-se-ia pensar que uma pessoa física poderia analisar o problema e escolher a melhor alternativa de decisão de modo inteiramente informal; no entanto, em uma organização, os problemas são amplos e complexos, envolvendo riscos e incertezas que ocorrem em diferentes níveis funcionais, com a participação de diversas pessoas. Logo, em uma empresa, o processo de decisão deve ser estruturado e resolvido de maneira formal, detalhada, consistente e transparente.

Por sua vez, Gomes e Gomes (2012) afirmam que uma decisão deve ser tomada quando se está diante de um problema que possui mais de uma alternativa

para sua solução. Mesmo quando, para solucionar um problema, exista uma única ação a ser realizada, há as alternativas de realizar ou não essa ação. Concentrar-se no problema certo possibilita direcionar corretamente todo o processo.

A tomada de decisão, usando parâmetros quantitativos e qualitativos é utilizada por grupos empresariais, pequenas e médias empresas, por governos, militares etc. Nos dias atuais, as organizações estão presentes em um mercado globalizado cada vez mais competitivo, buscando reduzir perdas se aumentar ganhos, por meio de tomadas de decisões rápidas, corretas e abrangentes. O tomador de decisão, como por exemplo, o gestor de uma área, pode criar também situações para comparar e analisar o estado da natureza antes e depois, julgando as vantagens e desvantagens após implementar a decisão (GOMES; GOMES, 2012).

3.2. TOMADA DE DECISÃO ATRAVÉS OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

De acordo com os autores Cândido, Valentim e Contani (2005), existem diversas falhas informacionais encontradas nas organizações. Dentre as mais comuns, estão fluxos de informações incorretos; desconhecimento da informação nas tomadas de decisão rotineiras; baixa capacidade na utilização das tecnologias de informação; insegurança e imprecisão nas decisões, e administração inadequada perante um amplo conteúdo informacional quando se necessita de decisões ágeis, que ocasionam estresse e ansiedade no gestor. Os autores acrescentam ainda que os sistemas de apoio à tomada de decisão são indispensáveis e essenciais à vida das organizações, visto que as exigências e a competitividade do mercado global não admitem falta de competência para inventar e reagir rapidamente, nem não saber usar a informação e o conhecimento visando à inovação.

No processo de trabalho, a tomada de decisão é considerada a função que caracteriza o desempenho da gerência. Independentemente do aspecto da decisão, esta atitude deve ser fruto de um processo sistematizado, que envolve o estudo do problema a partir de um levantamento de dados, produção de informação, estabelecimento de propostas de soluções, escolha da decisão, viabilização e implementação da decisão e análise dos resultados obtidos (GUIMARÃES; ÉVORA, 2004, p. 74).

Segundo Gomes e Gomes (2012), os sistemas de informação são os recursos básicos para a decisão automatizada, pois permitem que todos os colaboradores responsáveis pela empresa tenham acesso aos dados mais recentes a qualquer

momento. Tais informações, que a organização possui, devem estar de preferência integradas por meio de computadores em rede. Embora todos os sistemas, por melhores que sejam, estejam sujeitos a falhas, é possível tentar identificá-las e corrigi-las.

3.3. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Desde 1950, a Teoria Geral de Sistemas vem sendo estudada, abordando as questões científicas e empíricas ou pragmáticas dos sistemas (REZENDE; ABREU, 2013). Atualmente, conforme Rosini e Palmisano (2012), a palavra “Sistema” pode ser mal aplicada, usada sem o devido conhecimento e sem qualquer critério, originando, em especial nas organizações, a confusão de usá-la como definição; ou, ainda, serem pregada para expressar determinadas situações dentro de um sistema.

O termo sistema pode ser definido como um grupo de elementos independentes, que ao mesmo tempo se interligam, visando atingir um objetivo comum. Teoricamente, há dois tipos de sistemas: abertos e fechados. O sistema aberto é o que sofre influências do meio e que, com suas ações, influencia o meio; já o sistema fechado não sofre influências do meio, nem o altera com suas ações internas. Um sistema apresenta entradas de dados (input), processamento, saída das informações (output) e feedback (ROSINI; PALMISANO, 2012).

Nas atuais circunstâncias do ambiente de negócios, as organizações não podem continuar sem o SI; é a ferramenta de relacionamento mútuo para facilitar a comunicação entre a organização e o ambiente ao seu redor, além de ativar os canais de comunicação horizontal e vertical entre os níveis gerenciais e as unidades dentro da organização. Também ajuda a definir as circunstâncias para a tomada de decisões, fornecendo a informação no tempo certo e na forma que melhore a qualidade (AL-ADWAN et al., 2015).

O sistema de informação permite que os gestores obtenham as informações gerenciais online e detalhadas para a tomada de decisão em tempo real. Tais informações são muito importantes para a resolução de problemas em tempo “record”, não afetando a produtividade e a operação. Com o sistema de informação podemos ser mais produtivos atuando no tempo de perdas e transformando isso em produtivo.

De acordo com Rosini e Palmisano (2012), os sistemas de informação estão segmentados em três níveis: operacional, tático e estratégico. O Sistema de Processamento de Transações enquadra-se no nível operacional; o Sistema de

Informação Gerencial e o Sistema de Apoio à Decisão estão no nível tático e, por fim, no nível estratégico, enquadra-se o Sistema de Apoio ao Executivo.

Existe, também, o sistema integrado conhecido como *Enterprise Resource Planning* (ERP), que possui uma arquitetura aberta, viabilizando a operação com diversos sistemas operacionais, banco de dados e plataformas de hardware. Dessa forma, é possível a visualização completa das transações efetuadas por uma empresa. Esses sistemas oferecem às organizações a capacidade de modelar todo o panorama de informações que possui e de integrá-lo de acordo com suas funções operacionais. Eles devem ser capazes de relacionar as informações para a produção de respostas integradas a consultas que digam respeito à gestão de todo negócio (JAMIL, 2001)

3.3.1. Sistema de processamento de transação /SPT

É um sistema que trabalha no nível operacional e que, costuma ser os primeiros sistemas de informação a serem utilizados na organização. É utilizado pelos profissionais da empresa em todos os módulos de funcionamento e tem, como função, executar e cumprir as perspectivas criadas por todos os outros sistemas acima dele, pois serve como base na entrada de dados (inputs) (ROSINI; PALMISANO, 2012).

Objetivos do SPT:

- Processamento de dados;
- Verificação com exatidão da real situação do negócio;
- Garantir a integridade dos dados e informações;
- Documentos e relatórios.

Todos esses objetivos são definidos pela empresa no planejamento estratégico. Outra meta comum a qualquer empresa é em relação à vantagem competitiva, que é observada a longo prazo, através da qualidade, melhor agrupamento de informações. A empresa deve levar em consideração quais objetivos do sistema, em termos de custo, controle e complexidade, são mais necessários para o apoio às metas organizacionais.

3.3.2. Sistema de informação gerencial (SIG)

O Sistema de Informação Gerencial dá suporte ao nível gerencial da empresa, servindo como base para as funções de planejamento, controle e tomada de decisão. Para trabalhar com o SIG, é necessário primeiro ter o sistema SPT, que serve de base de dados para os relatórios gerados no SIG. Em geral, o SIG auxilia na resolução de problemas estruturados, cujos dados podem ser quantificados, condensados e comparados; porém, na maioria das vezes, não são flexíveis e apresentam reduzida capacidade analítica, visto que dão suporte às áreas funcionais específicas de modo separado. Atualmente, a busca é por sistemas integrados (ROSINI; PALMISANO, 2012).

3.3.3. Sistema de apoio à Decisão (SAD)

Segundo Silva (2008), o Sistema de Apoio à Decisão é projetado de modo que os usuários possam trocar suposições, fazer perguntas novas e incluir novos dados, trabalhando diretamente com eles de maneira interativa. O SAD, também envolve o julgamento gerencial, oferecendo alternativas para resolução de problemas com a possibilidade de ajudar um gerente a tomar a decisão certa.

Gestores de diversas áreas de atuação dependem de um auxílio para que assim possam tornar ou até mesmo transformar o seu negócio rentável. No entanto, considerando essa realidade, Gomes e Gomes (2012) por sua vez, afirmam que uma decisão deve ser tomada quando se está diante de um problema que possui mais de uma alternativa para sua solução.

No entanto, a ênfase de um SAD é dar suporte e não substituir a tomada de decisão gerencial. Exemplo de uma pergunta que o SAD ajuda a responder: Dados os custos X do hotel, qual é o número de quartos vagos, dentro do período de um mês, para não se ter prejuízos? (STAIR; REYNOLDS, 2012).

3.3.4. Executive Information Systems (EIS)

O Sistema de Apoio ao Executivo possui alta capacidade analítica, emprega sistemas gráficos avançados e pode emitir gráficos e dados, a partir de várias fontes, imediatamente para o executivo sênior. Combinando dados de fontes internas e externas, o EIS cria um ambiente de comunicação e computação generalizado, que pode ser focado e aplicado a diferentes gamas de problemas. (ROSINI; PALMISANO, 2012).

3.3.5. Enterprise Resource Planning (ERP)

Traduzindo para o português, denomina-se Planejamento de Recursos Empresariais, um software ou pacote comercial de gestão que surgiu a partir da necessidade de as empresas possuírem suas áreas funcionais ou filiais totalmente integradas sem uma única base de dados. Dentre as suas vantagens, destaca-se a padronização dos dados e processos, bem como a mudança contínua da organização (REZENDE; ABREU, 2013).

3.4. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DISPONÍVEIS NO MERCADO

Hoje com a competitividade do mundo tecnológico existem vários sistemas gerenciais que podem ser comprados para automatizar o processo da colheita mecanizada, mas poucos atendem as problemáticas citadas no objetivo. São eles SAP, Totvs, Solinftec, Gatec, Datamob, Creare.

SAP

Fundada em 1972, a empresa foi inicialmente chamada de *System Analysis Program Development (Systemanalysis Programmentwicklung)*, mais tarde consolidada na sigla SAP. Desde então, cresceu de um pequeno esforço de cinco pessoas para uma empresa multinacional com sede em Walldorf, Alemanha, com

mais de 105.000 colaboradores em todo o mundo. (SAP, 2022). O SAP como um centralizador e gerenciamento de dados fornece várias funções de negócios com uma única visão da verdade. Isso ajuda as empresas a gerenciar melhor os processos de negócios complexos, dando aos colaboradores de diferentes departamentos acesso fácil a insights em tempo real em toda a empresa.

Totvs

Líder absoluta no mercado SMB do Brasil, a TOTVS cria soluções inovadoras para transformar o dia a dia das empresas e ajudá-las a superar os desafios de seus negócios. É a maior empresa de desenvolvimento de sistema de gestão do país, investindo R\$ 1.6 bilhão em pesquisa e desenvolvimento nos últimos 5 anos para atender às exigências de 12 setores da economia. Como uma empresa originalmente brasileira, a TOTVS acredita em um “Brasil que Faz” e apoia o crescimento de milhares de negócios e empreendedores, de norte a sul do país, por meio da tecnologia (TOTVS, 2022).

Solinftec

Como líder global em inteligência digital para o agro, sabe-se que o planeta passa por um momento decisivo: A produção agrícola global precisa crescer em 60% para atender à demanda por alimentos estimada para 2050. Assim, torna-se necessário se adaptar com extrema agilidade para conseguir produzir mais em um mesmo espaço de terra. Em 30 anos, as mudanças climáticas podem limitar ainda mais a produtividade na agricultura. Na medida em que observa-se um aumento na produção, deve-se simultaneamente diminuir o impacto ambiental para assegurar a qualidade de vida das próximas gerações, essas são a premissas da empresa (SOLINFTEC, 2022).

Gatec

Sediada em Piracicaba (SP), a Gatec S / A – Gestão Agroindustrial é uma empresa de consultoria, treinamento, desenvolvimento e integração de sistemas de gestão para cana-de-açúcar, grãos, algodão, café e agroindústria pecuária, entre outros. A Gatec S / A é formada por profissionais com experiência de mais de 40 anos na área de planejamento e controle do agronegócio. Vindo de um renomado centro de pesquisas, nossa equipe técnica está apta a fornecer as melhores soluções informatizadas para a gestão agroindustrial. (GATEC, 2022).

Datamob

É uma empresa de transformação digital com foco e eficiência nas atividades. Tecnologias avançadas e dados precisos que transformam negócios em oportunidades. Por isso, há mais de 15 anos, tem como proposta de valor, desenvolver soluções que garantam rapidez e qualidade aos processos, além da gestão de informações, agregando, ao mesmo tempo, segurança, confiabilidade e agilidade às empresas (DATAMOB, 2022).

Creare

A Creare Sistemas Ltda é uma empresa brasileira criada a partir de um processo bem-sucedido de “spinoff” de uma área de negócios da AEL Sistemas S.A. A companhia nasce independente com um legado de produtos, serviços e carteira de clientes construído ao longo dos últimos 20 anos. Dedicar-se ao desenvolvimento de soluções eletrônicas modernas para a gestão de ativos móveis e de sistemas para a automação da coleta de dados de processos logísticos e industriais, utilizando as mais apropriadas tecnologias (CREARE, 2022).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O método para a elaboração e desenvolvimento desta pesquisa foi baseado em um estudo de caso para identificar qual o sistema mais apropriado para ser implantado em uma usina espanhola de cana de açúcar, localizada no interior do

Estado de São Paulo. Foram realizadas visitas a três usinas no interior do Estado de São Paulo, identificadas neste trabalho como usinas A, B e C, para análise de viabilidade de seus sistemas de informação para determinar qual deles melhor atenderia as necessidades da empresa espanhola, em relação a identificação de gargalos, aumento de eficiência, sustentabilidade, tomada de decisão e competitividade, possibilitando mais eficiência no processo de colheita mecanizada. Os sistemas foram identificados como sistemas X (usina A), Y (usina B) e Z (usina C). O período de visitas foi de janeiro a julho de 2019. Por uma questão de segurança e privacidade as usinas não serão identificadas.

A usina A, situada no interior de São Paulo, nascida em meados do século 50, fruto de um sonho de uma família de imigrantes italianos produzindo apenas aguardente, tem uma capacidade de moenda de 3 milhões de toneladas de cana de açúcar, cultivada em uma área de 35 mil hectares entre terras próprias e arrendadas, com produção exclusiva de açúcar e etanol. Nessa usina, observou-se o sistema de gestão X. A usina possui um parque de tratores e colhedoras do tipo Case e John Deere, os dois mais utilizados no Brasil. As frentes de colheita são configuradas em frente dividida, cada colhedora trabalha exclusivamente com dois tratores e existe um líder de frente, um auxiliar para realizar os apontamentos dos trabalhos de cada funcionário, um operador para abaixar e levantar o pé das carretas de engate e desengate, dois operadores de colhedora e quatro operadores de trator. A problemática encontrada antes da implementação do sistema X era a descentralização de informação e a baixa comunicação entre a torre de controle e as frentes de colheita, dificultando a correção de problemas e afetando a produtividade das frentes de colheita. Esses problemas foram solucionados com a implantação do sistema X.

A usina B, situada no interior de São Paulo, nascida em meados do século 70, por um grupo familiar, possui uma capacidade de moenda de 1,4 milhões de toneladas de cana de açúcar, cultivada em uma área de 18 mil hectares em terras próprias, com produção exclusiva de açúcar e etanol. A usina possui 100% do seu parque tratores e colhedoras do tipo John Deere. As frentes de colheita são configuradas em frente dividida, cada colhedora trabalha exclusivamente com dois tratores e existe um líder de frente, um auxiliar para realizar os apontamentos dos trabalhos de cada funcionário, dois operadores para abaixar e levantar o pé das carretas de engate e

desengate, um operador de colhedora e dois operadores de trator. A problemática encontrada antes da implementação do sistema Y era a falta de informação das frentes de colheita, falta de programação de início de safra e problemas de tempos perdidos de manutenção de equipamentos, afetando a produtividade da colheita mecanizada. Muitos equipamentos ficavam dias na oficina passando por manutenções, porém, sem um status do serviço a ser realizado e disponibilidade para voltar ao trabalho. Esses problemas foram solucionados com a implantação do sistema Y.

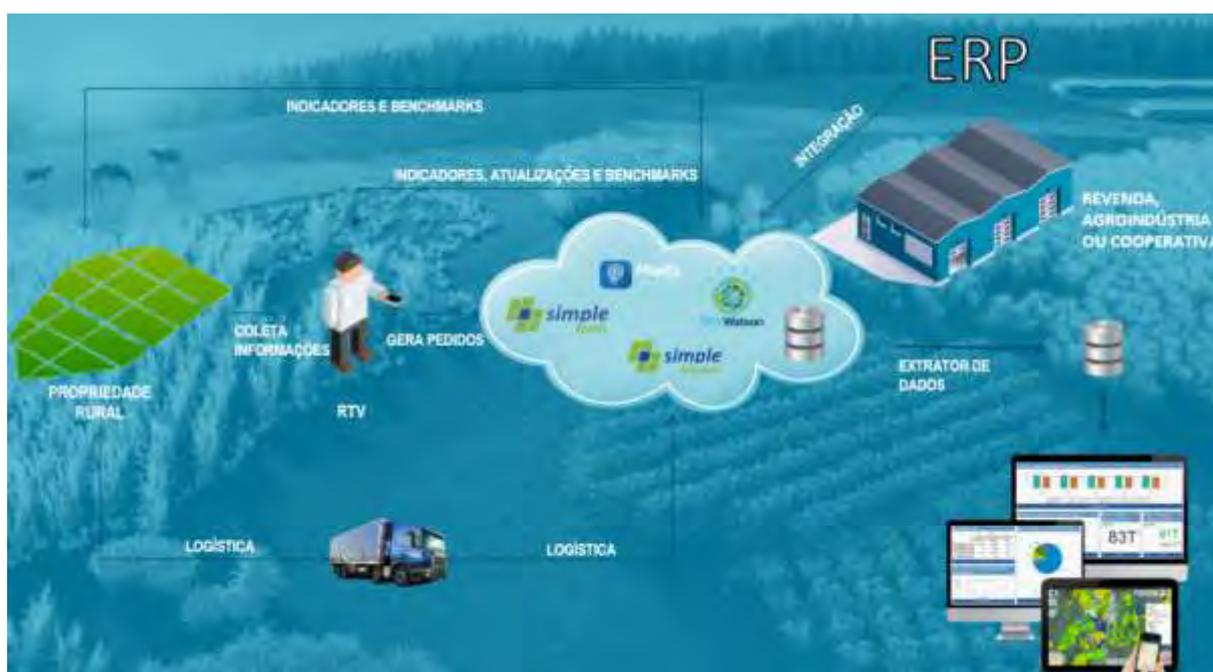
A usina C, situada no interior de São Paulo, possui uma capacidade de moenda de 3,5 milhões de toneladas de cana de açúcar, cultivada em uma área de 46 mil hectares entre terras próprias e arrendadas, produzindo 220 mil toneladas de açúcar e 115 milhões de litros de etanol por safra, além de 28 mil MW de energia elétrica que garantem a autossuficiência da usina. As frentes de colheita são configuradas em frente dividida, cada colhedora trabalha exclusivamente com dois tratores e existe um líder de frente, um auxiliar para realizar os apontamentos dos trabalhos de cada funcionário, dois operadores para abaixar e levantar o pé das carretas de engate e desengate, 3 operadores de colhedora e 6 operadores de trator. A problemática encontrada antes da implementação do sistema Z era a falta de informação das frentes de colheita, problemas de logística dos caminhões, perdas de ficha operador contendo a jornada de cada funcionário, problemas de rastreabilidade cana afetando os pagamentos dos terceiros. Esses problemas foram solucionados com a implementação do sistema de gestão Z.

Nas três usinas visitadas, o seguimento e acompanhamento foi feito pelo gestor agrícola e toda a equipe do centro de operações agrícolas, num total de 40 pessoas envolvidas no processo.

Verificou-se que na usina A o sistema X (Figuras 4, 5, 6 e 7), ele funciona como uma plataforma inteligente de dados e informações; ou seja, simulando, um novo departamento de gestão, trabalhando em tempo real. A cada nova entrada, os cálculos são realizados automaticamente e todo o sistema é atualizado com os novos resultados. É um método de automação da sua gestão. O sistema possui as seguintes funcionalidades:

- Recomendação de adubação;
- Controle da motomecanização e operadores;
- Aplicação de insumos;
- Verifica-se que o sistema controla via Ordem de Serviço a aplicação e a utilização de insumos agrícolas (mão-de-obra, produtos – inseticidas, herbicidas, vinhaça, adubos, calcário, etc. - e equipamentos);
- Verifica-se que o sistema realiza um acompanhamento e controle da retirada diária de insumos do almoxarifado;
- Verifica-se que o sistema realiza um acompanhamento do período ideal da colheita;
- Observações agrônômicas;
- Acompanhamento e qualidade de plantio;
- Meteorologia – Verifica-se que o sistema armazena os dados climáticos, gerando históricos dos elementos climáticos através de relatórios e/ou gráficos;
- Controle de perdas na colheita;
- Controle de pragas de solo e plantas daninhas;
- Integração com ERP (e sistemas legados).

Figura 4. Estrutura do sistema X



Fonte: Sistema X

Figura 5. Vantagens Sistema X

PROPRIEDADE RURAL

- Benchmarks
 - Histórico de Compras
 - Produtividade
 - Doenças
 - Tratamentos
 - Uso do Maquinário
 - Performance da Mão-de-obra
 - Aplicações e Produtos
 - Clima
 - Informações do Setor

VENDEDOR

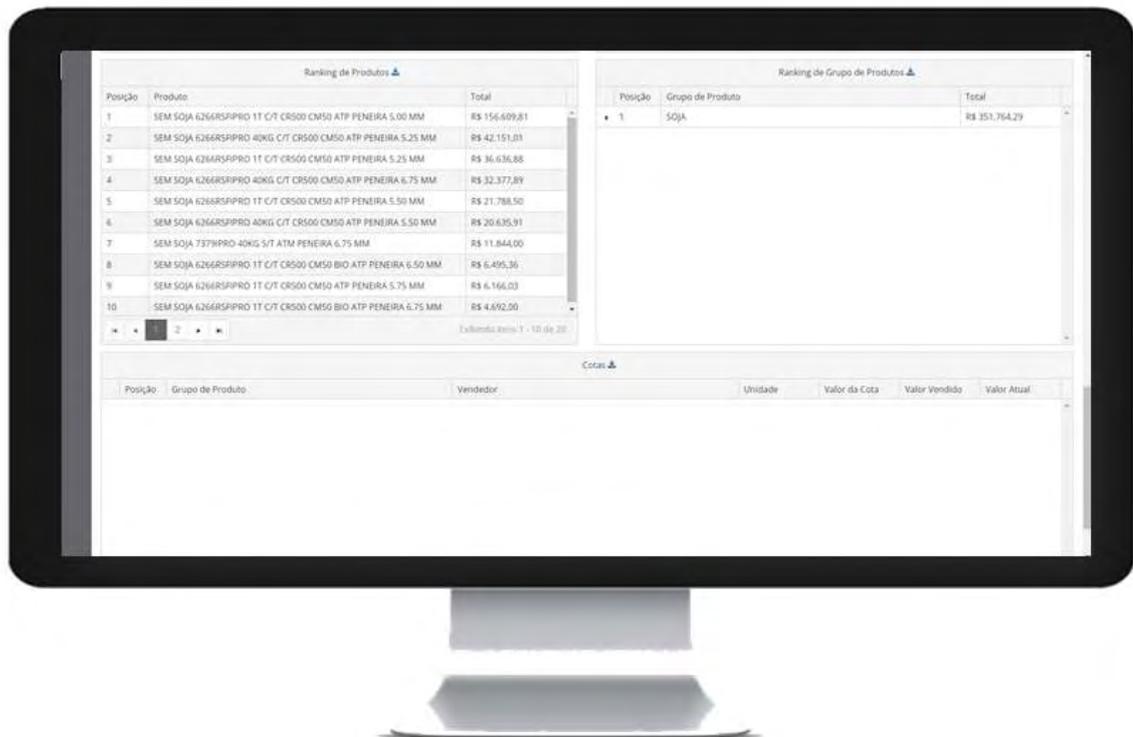
- Informações Atualizadas
- Conhecimento do Produtor Rural
- Facilidade de abertura de pedido de venda
- Plataforma de Incentivos (Gamificação)
- Benchmarks
 - Histórico de Compras
 - Produtividade
 - Doenças
 - Tratamentos
 - Performance da Mão-de-obra
 - Aplicações e Produtos
 - Informações do Setor

REVENDA, AGROINDÚSTRIA e COOPERATIVA

- Gestão e Aumento de Vendas
- Extratores de Dados
- Benchmarks
 - Rebanho
 - Produtividade
 - Doenças
 - Aplicações
 - Dosagens
 - Maquinário
 - Mão-de-obra
 - Clima
- Fidelização do produtor
- Ferramenta Cognitiva
 - Tendências/Estratégia

Fonte: Sistema X

Figura 6. Visões sistema X



Fonte: Sistema X

Figura 7. Visões Sistema X

Fonte: Sistema X

Na usina B onde o sistema de gestão é realizado pelo sistema Y, observou-se que o sistema funciona como integrador, desde a chegada da matéria prima até a saída do produto. O sistema também é totalmente integrado com todas as áreas do negócio. Verifica-se que suas principais funcionalidades são (Figura 8):

Figura 8. Funcionalidades Sistema Y



Fonte: Autoria própria

Na usina C, o sistema Z (Figura 9) funciona como um sistema único de melhoria contínua, aumento de eficiência dos equipamentos, utilizando menos recursos onde se verifica a união entre o homem e a máquina em um processo único de gestão. Verificou-se que suas principais funcionalidades são:

- Gestão de horas Produtivas;
- Gestão de horas Homem;
- Gestão de horas improdutivas;
- Gestão de horas de manobra;
- Gestão de horas de deslocamento;
- Gestão de clima;
- Rastreabilidade da cana de açúcar;
- Logística em campo;
- Plataforma em tempo Real;
- Gestão de safra;
- Gestão de horas de manutenção;
- Gestão de alarmes;
- Inteligência Artificial.

Figura 9. Sistema Z

Fonte: Sistema Z

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Hoje, com a competitividade do mundo tecnológico, existem vários sistemas gerenciais que podem ser comprados para automatizar o processo da colheita mecanizada, mas poucos atendem às problemáticas citadas no objetivo. Foram encontrados três sistemas que atendem parcialmente ou por completo as problemáticas citadas.

O sistema X possui um marketshare de 10% das usinas de cana de açúcar e possui um preço médio de \$77 dólares mensal por equipamento, mais um valor de \$2.000 mil dólares para aquisição do hardware. Esse sistema atua nos níveis tático e operacional.

O sistema Y possui um marketshare de 15% das usinas de cana de açúcar e possui um preço médio de \$73 dólares mensal por equipamento, mais um valor de \$1.000 mil dólares para aquisição do hardware. Esse sistema atua nos níveis tático, operacional e estratégico.

O sistema Z possui um marketshare de 75% das usinas de cana de açúcar e possui um preço médio de \$93 dólares mensal por equipamento, mais um valor de \$600 dólares para aquisição do hardware. Esse sistema atua nos níveis tático, operacional e estratégico.

Os três sistemas encontrados são sistemas globais que precisam de mão de obra especializada tanto para a sua gestão quanto para a sua operacionalização, porém, durante a fase de implementação, as empresas já oferecem todos os treinamentos necessários para a sua gestão e operacionalização. Em relação as manutenções, essas já estão incluídas no processo de entressafra para os três sistemas quando adquiridos na modalidade de aluguel.

5.1. Como o sistema de informação auxilia o agronegócio

Fatores como informações desorganizadas, fontes de dados em diferentes sistemas, podem dificultar uma tomada de decisão. Uma solução para resolver esse problema é a utilização de ferramentas que oferecem acesso computadorizado a um banco de dados único com informações referentes à tomada de decisão. Isso é de fundamental importância, reduzindo os possíveis riscos e perdas na tomada de decisão.

Muitas vezes, vendedores ou prestadores de serviços, necessitam acessar informações de locais diferentes e de difícil comunicação. Devido à grande urgência, não se possui tempo suficiente para processar manualmente informações necessárias para a tomada da decisão. Com o grande avanço da tecnologia e pesquisas, existem uma gama muito grande de produtos, que necessitam de uma pesquisa detalhada para selecionar os que venham a atender às necessidades do tomador de decisão. Algumas decisões são complexas, sendo necessário a realização de uma análise bem detalhada, o que requer o uso de uma modelagem.

O ideal seria haver um sistema feito sob medida, mas, nem sempre isso é possível. A escolha de um sistema adequado para atender as necessidades do administrador é muito particular, mas algumas considerações sempre precisam ser avaliadas, como por exemplo, o problema a ser solucionado, resultados obtidos, dentre outros. Mas, quais são as vantagens em ter um sistema de informação:

- Eliminar o uso de interfaces manuais;
- Canalizar o fluxo de informação em uma única base;
- Aperfeiçoar o processo de tomada de decisão;

- Eliminar a redundância de atividades;
- Reduzir as incertezas do lead-time (tempo de provisionamento);
- Um bom sistema de informação permite ao usuário o acesso, a compreensão e a resposta de forma rápida e eficaz;
- Transformar dados em dashboards gerenciais;
- Aumento de produtividade e redução de custos operacionais;
- Maior integridade e veracidade da informação;
- Maior segurança de acesso à informação.

Apesar de todas as vantagens de um sistema de informação para o agronegócio, é necessário manter um controle de informações com uma equipe multidisciplinar para que uma boa administração seja feita.

5.2. Estudo realizado na usina A utilizando o sistema X

O sistema X funciona de forma integrada como uma plataforma inteligente de dados e informações, ou seja, é como se você tivesse à sua disposição, um novo departamento de gestão trabalhando em tempo real com a ajuda da inteligência artificial. A cada nova entrada de informações, os cálculos são realizados automaticamente e todo o sistema é atualizado instantaneamente. O sistema possui as seguintes funcionalidades:

- **Recomendação de adubação:** o sistema armazena as informações das análises de solos, fornecendo a recomendação de adubação, calagem ou gessagem tecnicamente ideal para cada talhão ou fazenda da unidade produtora. Todos os critérios de adubação e correção do solo são parametrizáveis. O sistema utiliza fórmulas e tabelas configuradas pelos agrônomos da usina, o que torna o resultado obtido mais próximo à realidade de cada empresa. Acompanhamento dos níveis de compactação dos talhões (penetrômetro de campo);
- **Controle da motomecanização e operadores:** nota-se que o sistema controla as operações agrícolas a partir de ordens de serviço e das horas trabalhadas e paradas de cada máquina, apontadas pelo operador manualmente ou via computador de

bordo. Fornece diversos relatórios que permitem o gerenciamento dos motivos de parada e o acompanhamento da realização das operações;

- Aplicação de insumos: Verificou-se que o sistema controla a aplicação de vinhaça por caminhão-tanque. Todo controle de quantidade aplicação (m^3/ha e teor de K/ha), comparativo de quantidade planejada e realizada é feito via Sistema de Planejamento e Controle da Produção (Insumos e PSA). Acompanhamento do Teor de Potássio por ponto dentro do talhão (georreferenciado);
- Verificou-se que o sistema controla via Ordem de Serviço a aplicação e a utilização de insumos agrícolas (mão-de-obra, produtos – inseticidas, herbicidas, vinhaça, adubos, calcário, etc. - e equipamentos), gerando informações gerenciais sobre o consumo real, confrontando-o ao planejamento orçamentário da área agrícola.
- Verificou-se que o sistema realiza um acompanhamento e controle da retirada diária de insumos do almoxarifado. Em áreas de reforma tem a possibilidade de apontamento de utilização dos insumos em talhões temporários e no momento de sua divisão efetiva em talhões, realiza a distribuição automática destes insumos nos talhões já divididos;
- Verificou-se que o sistema realiza um acompanhamento do período ideal da colheita para áreas que receberam maturadores através de intervalos de tempo mínimo, ideal e máximo. Acompanhamento da qualidade da aplicação de insumos em função de tabela parametrizada do percentual de erro na dose real em relação a dose desejada;
- Observações agronômicas – o sistema possibilita o registro de ocorrências atípicas observadas nos talhões (geadas, chuvas de granizo, incidência de pragas, etc.), associando filmes e/ou imagens;
- Acompanhamento e qualidade de plantio – o sistema realiza a previsão e execução das atividades de plantio. Fornece relatórios de acompanhamento do previsto x realizado dando informações de saldo a plantar;
- Meteorologia – o sistema armazena os dados climáticos, gerando históricos dos elementos climáticos através de relatórios e/ou gráficos;
- Controle de perdas na colheita – o sistema possui o recurso de Inclusão e armazenamento dos dados obtidos nas amostragens realizadas nos diversos locais de produção (Setor, Fazenda, Bloco e Talhão), datas, tipo de corte, frentes de trabalho, condição da cana, etc. Processamento dos dados coletados para a obtenção

de informações como: total de toneladas perdidas por hectare, por local de produção, por variedade, época da safra, tipo de corte, frente de corte e carregamento, turma de corte, carregadora e condição da cana. Fornecer aos encarregados, gerentes e diretores os valores de perdas no CCT obtidos nas amostragens realizadas em condições reais de trabalho adotado pela usina. Mostrar a toda equipe operacional (própria e terceiros) que existe um acompanhamento da qualidade dos serviços de CCT que estão sendo executados. Permitir agilidade, rapidez e segurança na tomada de decisão para redução da perda de cana (t/ha) no CCT de acordo com uma meta estabelecida;

- Controle de pragas de solo e plantas daninhas – o sistema controla a incidência/infestação de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, onde o usuário informa faixas de % de infestação e o sistema automaticamente informa o nível por talhão.

Pode-se comprovar que o sistema também conta com uma plataforma simples e de fácil utilização pelo usuário final, visualização de mapas temáticos, seleção de faixas para pesquisas numéricas, configuração de perfil para cada usuário, definição de cores e textura por característica para padronização de mapas, pesquisa combinada com até dez tipos de seleção, fácil configuração de pesquisas para quaisquer bases de dados, visualização de informação para cada talhão com um simples click sobre a área, configuração das informações a serem visualizadas por usuário/tipo, localização das áreas.

Possibilita a localização de empresas, safras, setores, fazendas, blocos ou talhões com um filtro das áreas. Após esta seleção, as pesquisas são executadas somente nas áreas selecionadas, impressão do mapa conforme visualizado na tela, impressão de relatório com as informações desejadas e configuradas para cada mapa, visualização da frota conforme informação do módulo de Logística de Transportes, rotinas em AutoLisp para configuração e geração dos arquivos necessários para utilização do sistema, exportação dos mapas para arquivos tipo .bmp ou .jpg, gravação e exibição de temas para mapas históricos, pesquisas já pré-definidas para os demais módulos (Agrícola, Planejamento da Colheita, Planejamento da Reforma e Tratos Culturais).

5.3. Estudo realizado na usina B utilizando o sistema Y

O sistema Y utilizado pela usina B funciona como integrador desde a chegada da matéria prima até saída do produto da usina. O sistema também é totalmente integrado com todas as áreas do negócio. As suas principais funcionalidades são:

- Planejamento e orçamento: o sistema possui o recurso de dimensionamento de atividades e recursos, planejamento agrícola sobre mapas com rotação de culturas, variedades e pacotes de insumos alimentando o orçamento agrícola;
- Manutenção e controle de frotas: o sistema possui a tecnologia para o planejamento de manutenção e controle de pneus e agregados, além de gestão sobre ordem de serviços, lubrificação e abastecimento com captura de informações via dispositivos móveis;
- Preparo, Plantio e manejo: o sistema possui uma programação ajustada, podendo programar a requisição de insumos, análise de clima e meteorologia, além de módulos com captura de informações via dispositivos móveis, como ordem de serviço, controle das atividades manuais e mecanizadas, controle de aplicações de insumos, controle agrônômico e fitossanitário e controle de qualidade de operações;
- Colheita e Safra: o sistema facilita a estimativa de colheita da produção através das análises de pré-colheita. A rastreabilidade do campo à indústria é garantida através das ordens de colheita via dispositivos móveis e registro dos romaneios pelo uso de automação com equipamentos no campo;
- Logística e recepção: o sistema possui Indicadores de dimensionamento de recursos, laboratório off-line, pesagem automatizada e integração com máquinas que estão no campo para garantir a rastreabilidade e qualidade exigida para certificações, além da transparência com fornecedores através do portal agrícola;
- Industrialização e expedição: o sistema possui o recurso de gestão para o processamento e manutenção industrial, gestão de armazéns, comercialização de produtos, agendamento e roteirização de entregas por arranjo de cargas 3D, tabela de fretes, otimização de malhas, cálculo de distância e rastreabilidade com acompanhamento de entregas em tempo real;
- Controle de custos agrícolas: o sistema realiza o gerenciamento preciso dos custos agroindustriais da safra e entressafra, do preparo do solo à colheita,

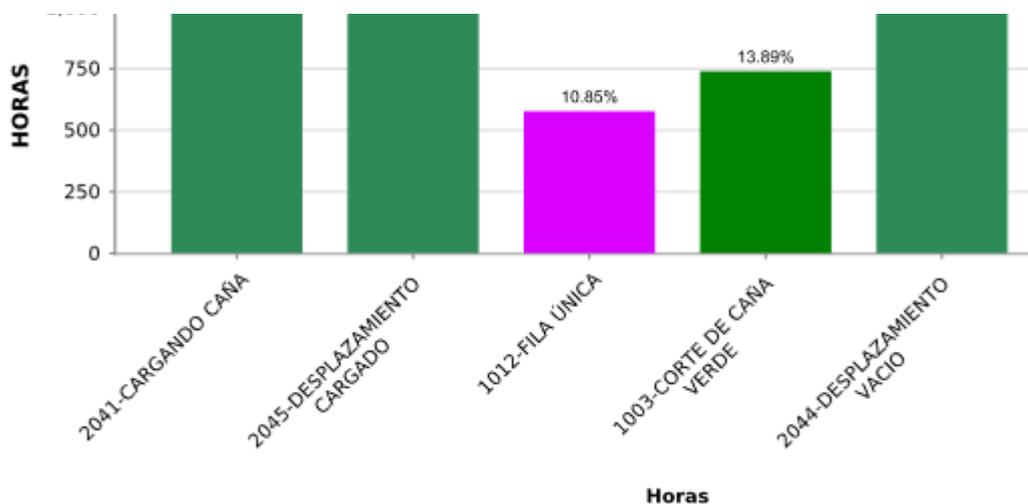
consolidando em cotas de amortização na exaustão do cultivo sobre a lavoura e consolidando informações no ativo da contabilidade.

5.4. Estudo realizado na usina C utilizando o sistema Z

A na usina C, o sistema Z funciona como um sistema único de melhoria contínua, aumento de eficiência dos equipamentos utilizando menos recursos onde se pode verificar a união entre o homem e a máquina em um processo único de gestão. Verifica-se que suas principais funcionalidades são:

- **Gestão de horas produtivas:** o sistema identifica de forma automática, através de um algoritmo, o ciclo produtivo do trator, da colhedora e do caminhão, entregando de forma gráfica os indicadores, como podemos evidenciar, na Figura 10, período de 01/06/2019 até 01/07/2019 as horas de cada apontamento considerado produtivo de acordo com o sistema;

Figura 10. Ciclo de horas produtivas



Fonte: Sistema Z

- **Gestão de horas Homem:** o sistema controla as horas trabalhadas por cada operador. Verifica-se na Figura 11 as horas trabalhadas por cada operador no período escolhido;

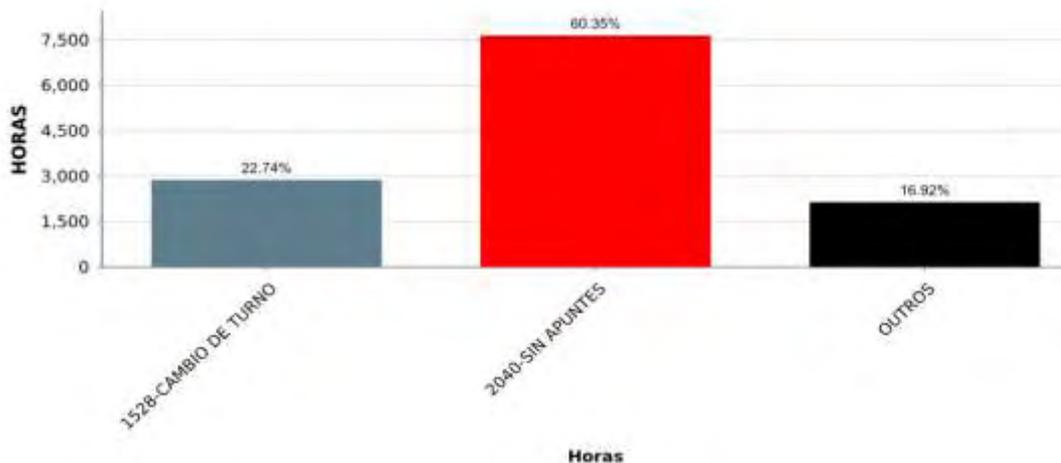
Figura 11. Informe de horas trabajadas Operador

Matrícula y Nombre del Operador	Horas Total	Horas Productivas	Horas Climáticas	Días Trabajados	Media de las Horas Productivas
752 - MUESES	215 55 49	136 40 28	03 14 38	26	05 15 24
871 - CARO	273 24 01	124 31 03	04 10 03	24	05 11 18
450 - LOZANO	272 45 11	121 04 38	08 07 03	25	04 50 35
878 - LOPEZ	192 58 54	119 00 26	00 43 14	25	04 45 59
870 - SANCHEZ	220 25 30	115 04 14	02 15 41	26	04 25 33
818 - SALGADO	209 09 53	114 03 28	05 42 17	24	04 45 00
871 - PORTILLO	180 23 18	108 24 28	02 15 40	23	04 42 45
874 - FLOREZ	271 43 50	101 32 52	07 57 04	23	04 24 54
750 - PINCHAO	227 01 27	98 42 08	04 03 31	19	05 11 41
878 - ECHEVERRI	226 40 45	91 10 21	01 34 36	18	05 03 55
870 - MORENO	115 38 49	75 00 30	04 49 24	14	05 21 23
870 - GUERRERO	108 50 30	61 43 08	00 22 47	12	05 08 38
870 - SANCHEZ	89 23 40	49 14 08	08 18 58	10	04 55 25
870 - ITUYAN	45 15 16	28 42 41	01 18 29	5	05 20 32
889 - MENA	45 05 45	28 05 08	00 00 00	5	05 13 02
871 - VAFARA	11 20 31	07 16 11	00 00 00	1	07 16 11
871 - MANCILLA	08 59 47	09 40 21	00 00 00	3	02 13 27
871 - IPALES	00 10 35	00 12 48	00 00 00	0	00 00 00
78 - MORENO	00 11 04	00 00 00	00 00 00	0	00 00 00
878 - VALENCIA	00 00 24	00 00 00	00 00 00	0	00 00 00
878 - LEYTON	00 00 38	00 00 00	00 00 00	0	00 00 00

Fonte: Sistema Z

- Gestão de horas improdutivo: o sistema controla as horas de parada de cada equipamento. Na Figura 12 os apontamentos que foram considerados pelo sistema como horas improdutivo durante o período analisado de 01/06/2019 a 01/07/2019;

Figura 12. Gestão de horas Improdutivo

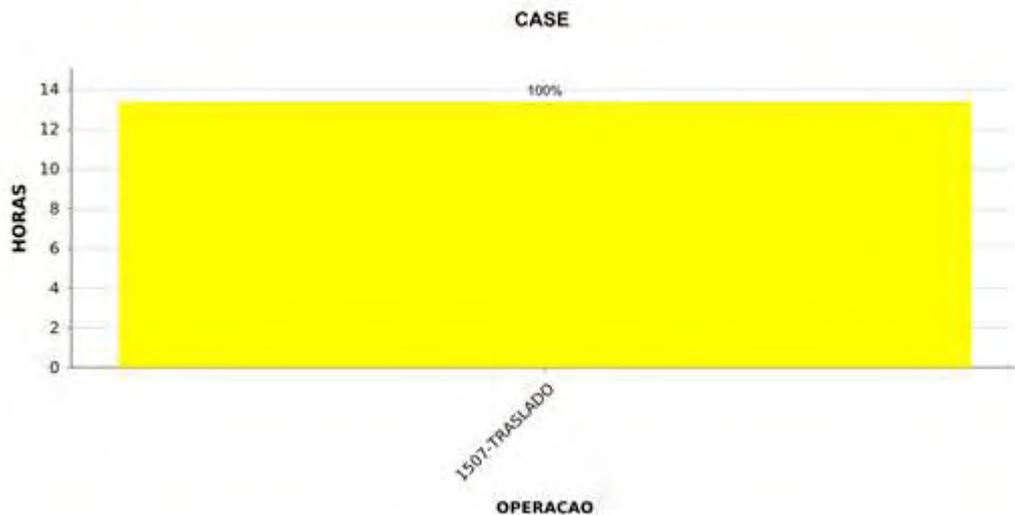


Fonte: Sistema Z

- Gestão de horas de manobra: o sistema analisa os índices e horas de manobra de cada equipamento a fim de evitar manobras grandes e pisoteio de cana no fim de cada talhão;

- Gestão de horas de deslocamento: verifica-se quais são os tempos de deslocamento dos equipamentos, número importante por ser um tempo improdutivo. Pode-se observar na Figura 13, no período de 01/06/2019 até 01/07/2019, que o equipamento 9466 teve 13 horas de deslocamento, considerado como horas improdutivas;

Figura 13. Horas de deslocamento



Fonte: Sistema Z

- Gestão logística: o sistema realiza toda a rastreabilidade logística de forma automática e em tempo real. É possível verificar a posição e a localização de cada equipamento assim como também o condutor do equipamento. A Figura 14 mostra as informações do equipamento e sua localização no momento da consulta no sistema;

Figura 14. Rastreabilidad de equipamiento

CASE

General

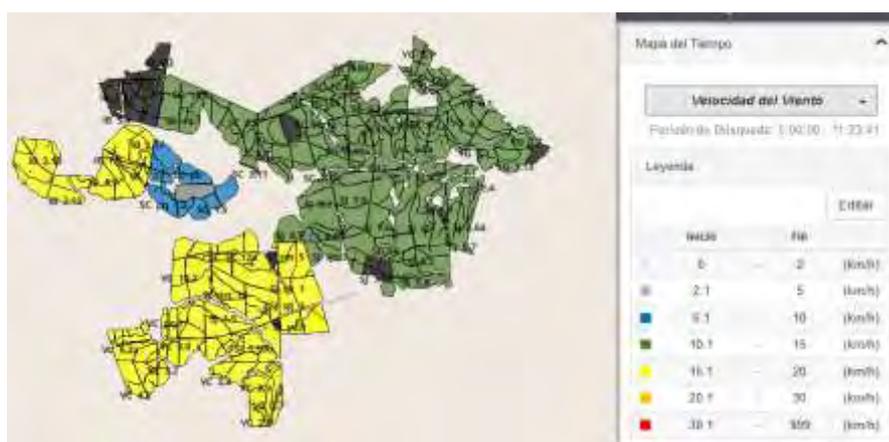
Empleado: 8717 - Portill Tiempo Duración Operación: 0 DÍA(S) 00: 24: 00
 Tipo del Equipo: Cosechadora Velocidad: 0
 Fecha/Hora: 30/07/2021 12:23:41 RPM Extractor: 0
 Grupo de Operación: IMPRODUCTIVO El Código de la Operación: 2040
 Operación: SIN APUNTES

Unidad: Código Frente (entrado): 10
 Hacienda: 5 Trabajando en Fila: No
 Zona: 7 Trabajando en Frente Dividido: No
 Estado: PARADA

Fonte: Sistema Z

- Gestão de clima: pode-se observar através de gráficos, toda a gestão do clima. Na Figura 15, verifica-se a velocidade do vento de acordo com os ranges configurados pelo sistema. As Figuras 16, 17 e 18 mostram a radiação solar, a direção do vento e a temperatura;

Figura 15. Velocidade do Vento



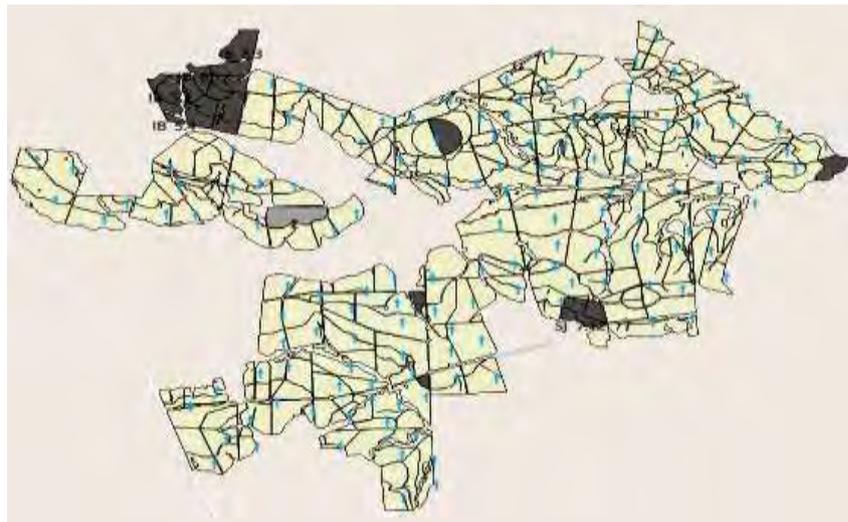
Fonte: Sistema Z

Figura 16. Radiação Solar



Fonte: Sistema Z

Figura 17. Direção do Vento



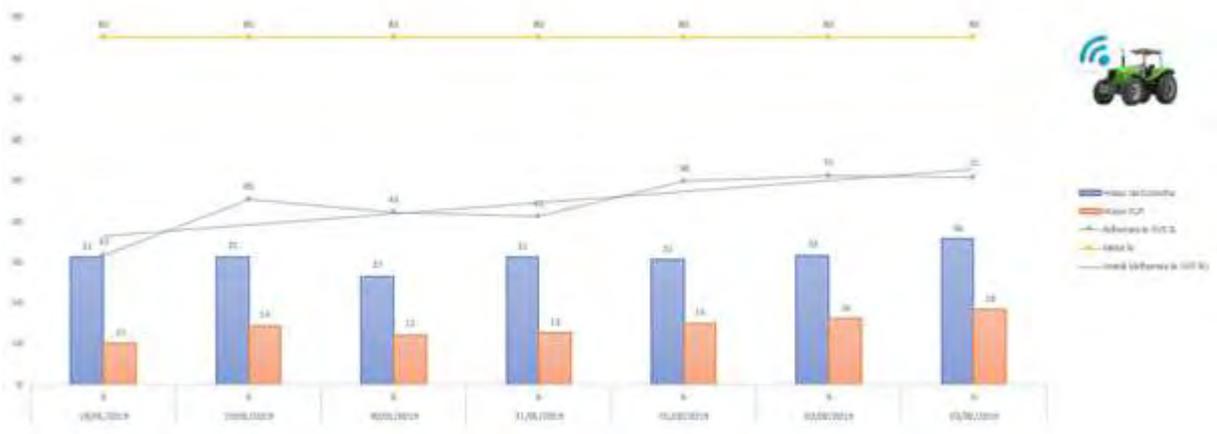
Fonte: Sistema Z

Figura 18. Temperatura



Fonte: Sistema Z

Figura 20. Logística em Campo

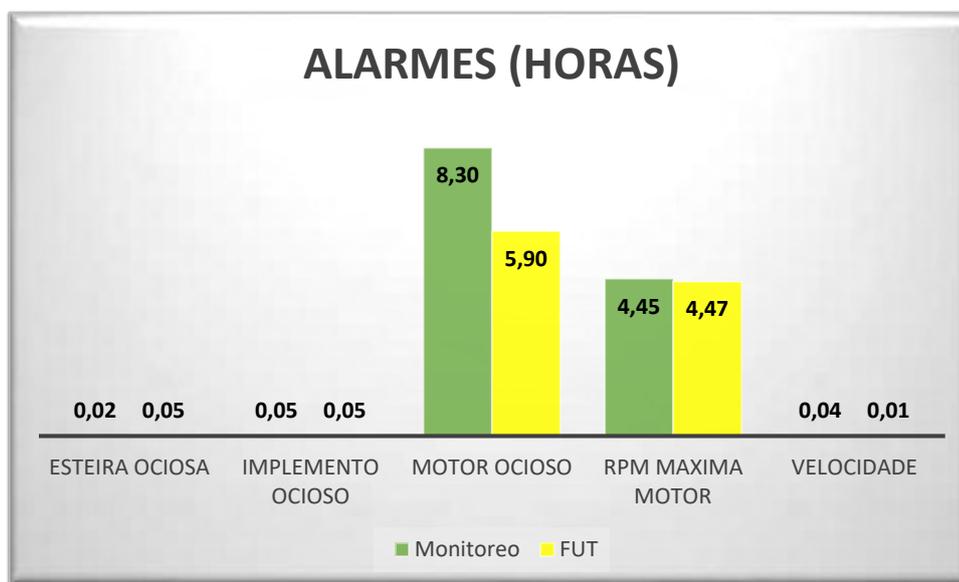


Fonte: Sistema Z

- **Plataforma em tempo Real:** o sistema está na nuvem e, é totalmente online com o PowerBI integrado na plataforma para gerar informes gerenciais e operacionais. O sistema também gera todas as informações em Excel e PDF;
- **Gestão de safra:** o sistema auxilia toda a parte de gestão de safra, dimensionamento de equipamentos, dimensionamento de produção, dimensionamento de horas trabalhadas, dimensionamento de turnos de trabalho, dimensionamento de transporte de pessoas, dimensionamento de manutenções preventivas e corretivas, dimensionamento de contratação de safristas de acordo com o histórico dos anos anteriores, dimensionamento de compra de insumos conforme históricos de pulverizadores, abonadoras;
- **Gestão de horas de manutenção:** o sistema auxilia na gestão de paradas programadas para manutenção e lavagem dos equipamentos e para paradas não programadas consideradas corretivas de acordo com o histórico de manutenção de cada máquina. É fornecido pelo sistema um checklist para as paradas programadas onde cada operador realiza o mesmo. Se algum dos itens não está bom, é aberto uma ordem de serviço para trocar o equipamento ou para substituir a peça defeituosa antes que ela quebre evitando paradas indesejadas em plena companhia de safra;
- **Gestão de alarmes:** o sistema gera alarmes e se consolida em forma gráfica. Existem vários tipos de alarmes como motor ocioso, excesso de RPM, excesso de velocidade dentre outros. Os alarmes facilitam os operadores a conduzir os equipamentos nas melhores condições de qualidade operacional, evitando esforços excessivos que podem causar quebras ou desgastes pela má condução. Também se

verifica que os alarmes de motor ociosos trazem um benefício de economia de diesel para a empresa, porque muitos operadores deixavam os equipamentos parados com o motor ligado sem estarem produtivos (Figura 21).

Figura 21. Alarmes de horas



Fonte: Sistema Z

- **Inteligência Artificial:** o sistema possui uma inteligência artificial, e um robô onde existe a coleta de dados 24 horas do dia e que envia informes e relatórios personalizados. Também se pode conversar com o sistema e pedir informações como área trabalhada, melhor operador, clima.

A Figura 22 mostra a comparação entre os sistemas analisados nas usinas A B e C. Diante de todas as descrições acima de cada sistema, o que melhor atende as problemáticas citadas no objetivo é o sistema Z, pois ele possui recursos como mapas temáticos, horas produtivas e improdutivas, horas de corte real, Fila única de trator, rastreabilidade da cana de açúcar e toda a plataforma em tempo real. Esse sistema também possui vários módulos adicionais complementares como sistema de logística, controle de combustível, controle de pneus, coleta de pedras que não serão discutidos nesse trabalho, porém podem ser implementados para complementar o controle da operação.

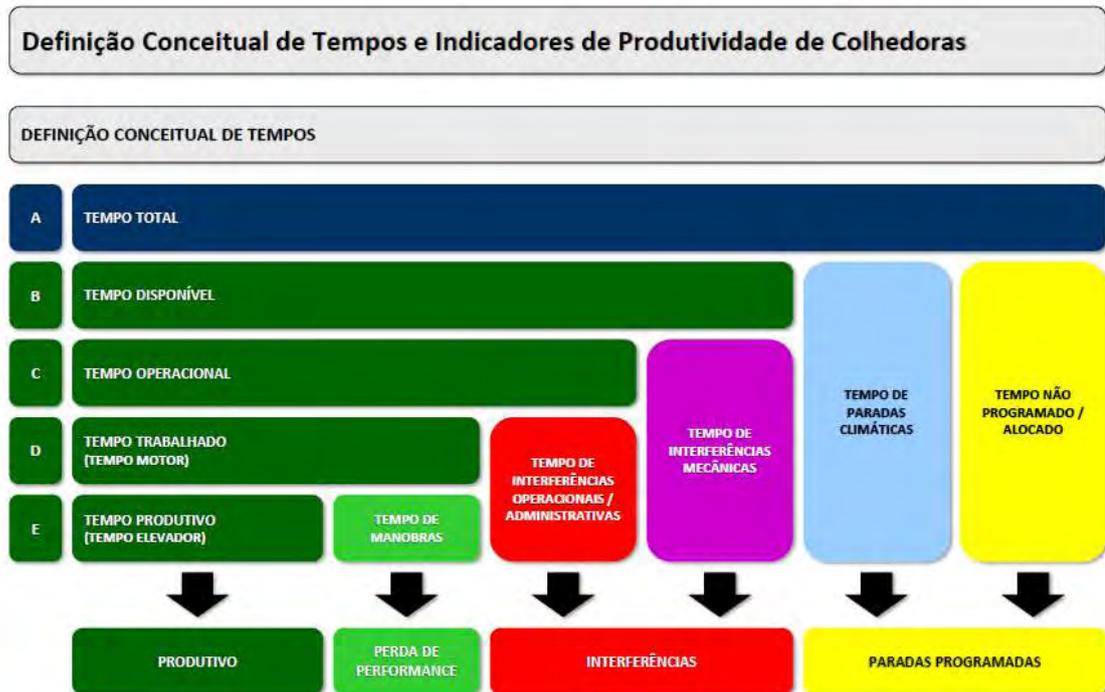
Figura 22. Comparação Sistemas analisados nas visitas das usinas A, B e C

Comparação Softwares estudados			
	Software X	Software Y	Software Z
Recomendação de adubação	X		
Controle da motomecanização	X		
Aplicação de insumos	X		X
Ordem de Serviço	X		X
Controle de Estoque	X		
Entresafra	X		
Qualidade Plantio	X		X
Controle de Pragas	X		
Planejamento de orçamento		X	X
Controle de Frotas		X	
Logística e recepção		X	X
Industrialização		X	
Custos Agrícolas			X
Gestão de Horas Produtivas			X
Gestão de Horas Improdutivas			X
Controle de horas Operador			X
Gestão de horas de manobra			X
Gestão de horas de deslocamento			X
Gestão de clima	X		X
Rastreabilidade da cana de açúcar			X
Plataforma em tempo Real			X
Gestão de horas de manutenção			X
Gestão de alarmes			X
Inteligência Artificial			X
Custo maquina\Safra			X
Relatorios online			X
Relatorio D-1	X	X	X
Comunicação 3G	X	X	X
Comunicação Ponto a Ponto			X
Mapa de produtividade			X

Fonte: Autoria Própria

Para um melhor entendimento das equipes operacionais e gerenciais, foi desenvolvido um conceito de tempos de colheita mecanizada que estão descritos nas figuras 23 e 24.

Figura 23. Definição conceitual de tempos



Fonte: Autoria própria

Os indicadores de produtividade são definidos conforme Figura 6. Define-se Utilização % como o Tempo Disponível dividido pelo Tempo Total, em relação a Eficiência total % define-se como o Tempo Produtivo (Elevador) dividido pelo Tempo Total, em relação a Disponibilidade Mecânica % define-se como o Tempo Operacional dividido pelo Tempo Disponível, em relação à Disponibilidade Efetiva % define-se como o Tempo Trabalhado (Motor) dividido pelo Tempo Disponível, em relação à Performance % define-se como o Tempo Produtivo(Elevador) dividido pelo Tempo Trabalhado(Motor) e, por fim, define-se a Produtividade como o Tempo Produtivo (Elevador) dividido pelo Tempo Disponível.

Figura 24. Indicadores de produtividade

INDICADORES DE PRODUTIVIDADE				
INDICADOR	CÁLCULO	REPRESENTAÇÃO	GRUPOS DE INFLUÊNCIA	
TEMPO TOTAL	UTILIZAÇÃO %	$\frac{\text{TEMPO DISPONÍVEL}}{\text{TEMPO TOTAL}}$	INDICA A QUANTIDADE DE TEMPO DISPONÍVEL DA COLHEDORA EM RELAÇÃO AS 24 HORAS TOTAIS DO DIA.	
	EFICIÊNCIA TOTAL %	$\frac{\text{TEMPO PRODUTIVO (ELEVADOR)}}{\text{TEMPO TOTAL}}$	INDICA A QUANTIDADE DE TEMPO PRODUTIVO (ELEVADOR) DA COLHEDORA EM RELAÇÃO AS 24 HORAS TOTAIS DO DIA.	
TEMPO DISPONÍVEL	DISPONIBILIDADE MECÂNICA %	$\frac{\text{TEMPO OPERACIONAL}}{\text{TEMPO DISPONÍVEL}}$	INDICA A QUANTIDADE DE TEMPO OPERACIONAL DA COLHEDORA EM RELAÇÃO AO TEMPO DISPONÍVEL.	
	DISPONIBILIDADE EFETIVA %	$\frac{\text{TEMPO TRABALHADO (MOTOR)}}{\text{TEMPO DISPONÍVEL}}$	INDICA A QUANTIDADE DE TEMPO TRABALHADO (MOTOR) DA COLHEDORA EM RELAÇÃO AO TEMPO DISPONÍVEL.	
	PERFORMANCE %	$\frac{\text{TEMPO PRODUTIVO (ELEVADOR)}}{\text{TEMPO TRABALHADO (MOTOR)}}$	INDICA A QUANTIDADE DE TEMPO PRODUTIVO (ELEVADOR) DA COLHEDORA EM RELAÇÃO AO TEMPO TRABALHADO (MOTOR).	
	PRODUTIVIDADE %	$\frac{\text{TEMPO PRODUTIVO (ELEVADOR)}}{\text{TEMPO DISPONÍVEL}}$	INDICA A QUANTIDADE DE TEMPO PRODUTIVO (ELEVADOR) DA COLHEDORA EM RELAÇÃO AO TEMPO DISPONÍVEL.	

Fonte: Autoria própria

A usina em que o sistema foi implementado está situada no interior de São Paulo, é uma multinacional de origem Espanhola e possui uma capacidade de moenda de 5 milhões de toneladas de cana de açúcar em suas duas unidades, cultivada em uma área de 50 mil hectares em terras arrendadas. As frentes de colheita estão configuradas em frente dividida, cada colhedora trabalha exclusivamente com dois tratores e existe um líder de frente, um auxiliar para realizar os apontamentos dos trabalhos de cada funcionário, dois operadores para abaixar e levantar o pé das carretas de engate e desengate, 3 operadores de colhedora e 6 operadores de trator. Visando atender as problemáticas citada no objetivo, o sistema que mais atende aos requisitos é o sistema Z e por isso ele foi o sistema implementado. As imagens podem conter conteúdo em espanhol.

Com a instalação do sistema Z escolhido, verificado na empresa C, foi possível resolver as problemáticas identificadas no objetivo, implementando a solução de monitoramento, logística em campo e certificado digital de cana, as quais serão apresentadas nos próximos tópicos com seus respectivos resultados.

O sistema de monitoramento pode ser observado e entendido através das Figuras 25 até a 42.

Na Figura 25 verifica-se como a solução implementada trabalha de maneira integrada e online, realizando aquisição de dados em tempo real o que permite a tomada de decisão no momento do problema, automatizando todos os processos manuais. A ferramenta permite acesso ao ambiente e às informações de qualquer dispositivo que tenha acesso à internet. O sistema é inteligente para realizar a coleta de dados em campo, conectar pessoas e máquinas, mostrar as informações em tempo real com gerações de gráficos e dashboards e por último integrar e automatizar todos os dados.

Figura 25. Modelo de Sistema



Fonte: Sistema Z

Na Figura 26 visualiza-se o mapa do sistema com os equipamentos online. Clicando em um trator, verifica-se a operação em que ele está trabalhando, o tempo que o trator está nessa operação, se essa operação é produtiva ou improdutiva, a velocidade média, quem é o operador, qual é o RPM, qual é a fazenda e o talhão em que esse trator está trabalhando. Também é possível enviar uma mensagem online para o operador. O sistema também possui o recurso de rastreabilidade do trator e todo seu trajeto do dia trabalhado, gerando um mapa de rastreabilidade.

Figura 26. Mapa do sistema



Fonte: Sistema Z

Na Figura 27, verifica-se um mapa analítico de toda área que o trator trabalhou, gerando gráficos e relatório operacionais. A cor verde-escura indica que a operação do trator estava produtiva (Trabalhando), a cor verde-clara indica as horas de manobra, em relação à cor amarela indica o deslocamento do trator de uma área para outra, vermelha indica os pontos de parada, o trator parou por algum motivo e esse motivo é apontado em até 60s antes que comece a sonar um alarme para a central de monitoramento.

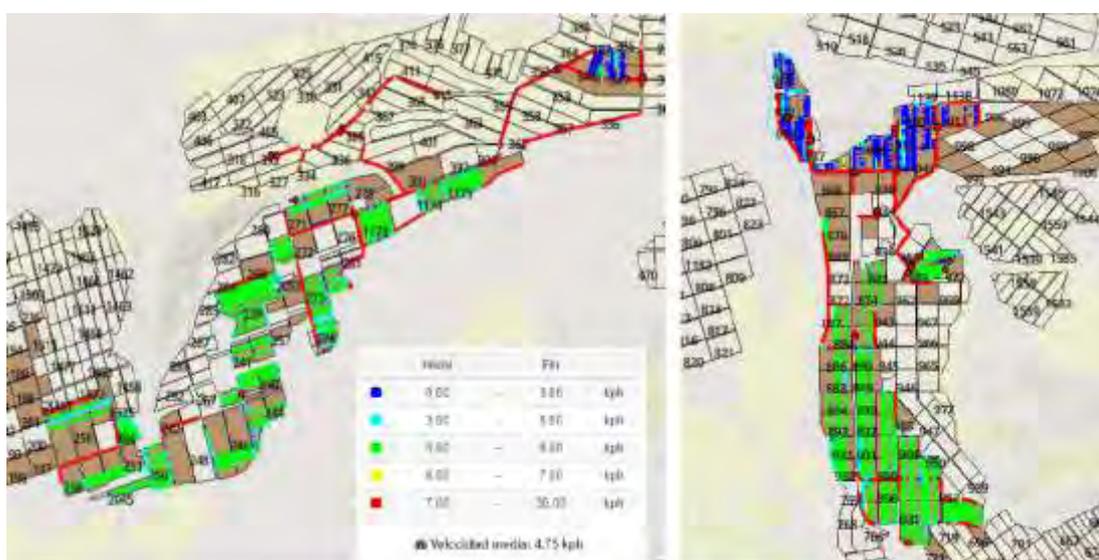
Figura 27. Mapa Analítico de estado de operação



Fonte: Sistema Z

Na Figura 28 verifica-se um gráfico analítico de velocidade, onde se observa que as áreas em azul escuro são áreas em que o trator trabalhou com uma velocidade dentro do range de 0 a 3Kph; as áreas em azul claro, a velocidade trabalhada está dentro do range 3 a 5 Kph; as áreas em verde, a velocidade trabalhada está dentro do range de 5 a 6 Kph; as áreas em amarelo, a velocidade trabalhada está dentro do range de 6 a 7 Kph; as áreas em vermelho, a velocidade trabalhada está dentro do range de 7 a 30 Kph.

Figura 28. Mapa Analítico de Velocidade



Fonte: Sistema Z

Na Figura 29 verifica-se um mapa analítico de RPM, onde se observa que a cor azul representa um RPM de 1500 a 1600; na cor azul claro observa-se um RPM de 1600 a 1700; na cor verde observa-se um RPM de 1700 a 1800; na cor amarela observa-se um RPM de 1800 a 2000; e em relação à cor vermelha observa-se um RPM de 2000 a 3000. Esse gráfico indica se os equipamentos estão trabalhando de forma adequada. O gráfico analítico permite analisar e comparar as horas trabalhadas com o RPM trabalhado e comparar com o consumo de combustível. O trabalho realizado dentro do RPM correto é muito importante para evitar as manutenções corretivas por mal uso do equipamento e, o mais importante é a economia de combustível.

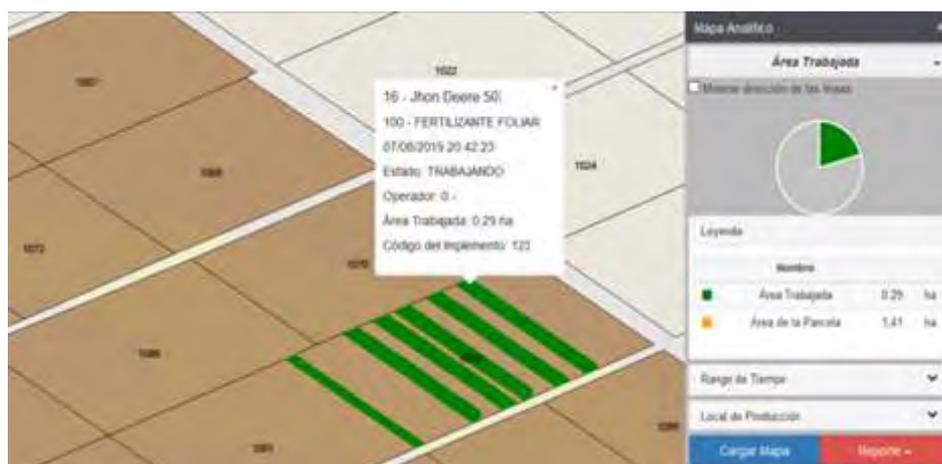
Figura 29. Mapa Analítico de RPM



Fonte: Sistema Z

Na Figura 30, tem-se um mapa analítico de Área Trabalhada, onde se observa que a cor verde significa a área trabalhada; ou seja, a área que foi aplicado insumos, nesse caso específico fertilizante foliar. Em relação à área amarela que nesse caso não temos, observa-se a área total do lote de 1,41 hectares.

Figura 30. Mapa Analítico de área trabalhada

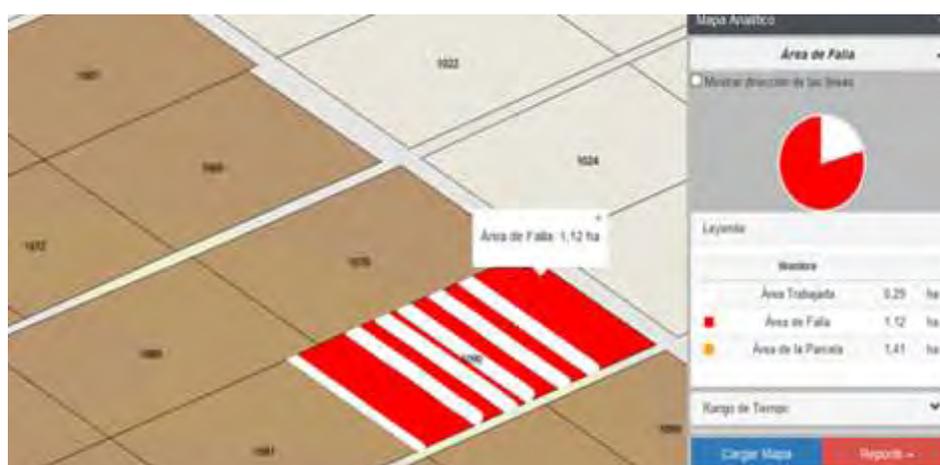


Fonte: Sistema Z

Na Figura 31, verifica-se um mapa analítico de Área de Falha, onde se observa que a área vermelha significa a área de falha; ou seja, a área em que não foi aplicada

insumos, nesse caso específico fertilizante foliar. Pode-se notar que, esse mapa é o inverso do mapa de área trabalhada (Figura 25). Somando a área trabalhada e a área de falha o resultado é a área total do lote. Nesse caso, é possível identificar as áreas que não foram aplicadas insumos, observando-se as falhas de aplicação que resultam em uma menor produção e em uma perda de dinheiro.

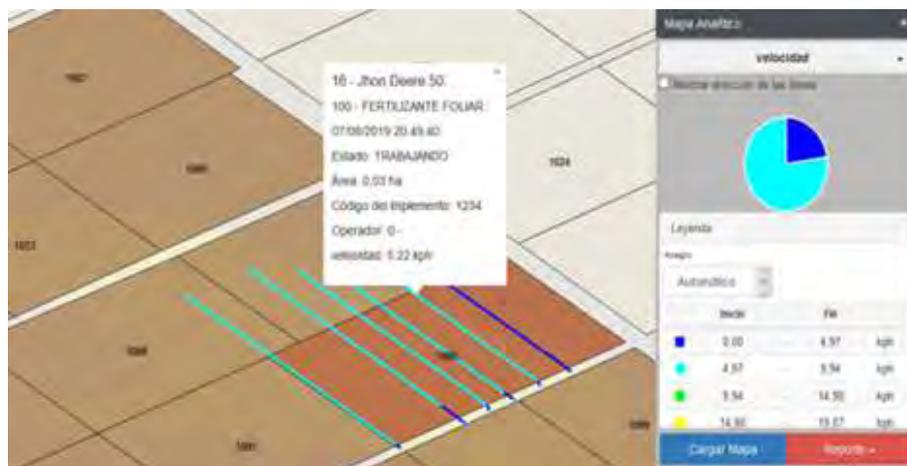
Figura 31. Mapa Analítico de falha de aplicação



Fonte: Sistema Z

A Figura 32 pode-se observar um mapa analítico de Velocidade, onde se permite controlar as aplicações de insumos. Para cada tipo de aplicação de insumo com produtos diferentes, existe uma variação ideal de velocidade que permite que a aplicação seja efetiva sem o desperdício do produto. No mapa analítico, observa-se ranges de velocidade que são configuráveis. Dentro da área trabalhada pelo trator, é possível identificar os ranges de velocidade por aplicação no momento da operação. Observe-se que ao clicar em qualquer ponto no mapa, a velocidade de aplicação é informada pelo sistema. Com o mapa analítico de velocidade é possível comprovar se a aplicação foi feita com qualidade ou não, até mesmo, porque é possível comparar a velocidade de aplicação com o fluxo de produto que sai em cada bico da fertilizadora, assim obtendo a análise ideal de aplicação.

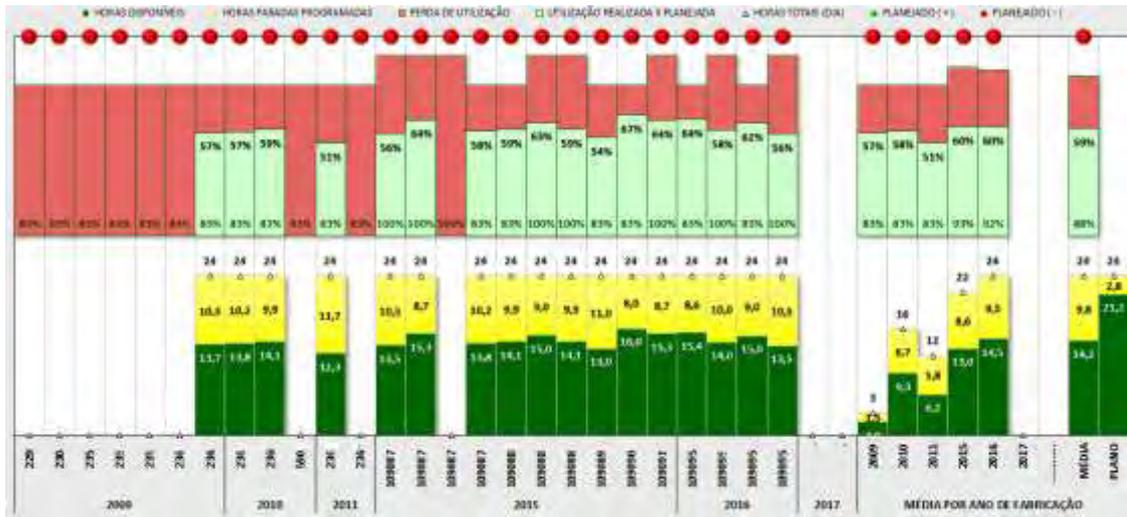
Figura 32. Mapa Analítico de Velocidade



Fonte: Sistema Z

A partir dos dados do sistema, desenvolveu-se uma planilha de Excel com indicadores para melhorar a análise dos números extraídos pelo sistema. Um dos gráficos gerado pela planilha é o gráfico de tempos de utilização de colhedoras, conforme Figura 33. Todos os tempos em vermelho são as perdas de utilização. Já os em verde são as horas disponíveis de cada equipamento. Os tempos em amarelo são as horas de paradas programadas durante o ciclo produtivo da colheita. Os tempos em azul claro é a comparação entre a utilização realizada X planejadas. O ano de cada equipamento é muito importante para comparar a produção entre um equipamento novo e um equipamento mais antigo.

Figura 33. Tempos de utilização Colhedoras



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 34 verifica-se a disponibilidade mecânica dos equipamentos. Esses indicadores nos permitem analisar a real disponibilidade de cada equipamento. Os tempos em vermelho significam perda de disponibilidade mecânica, os em verde significam horas operacionais, os em roxo significam horas de interferências mecânicas e os em verde claro significam horas de disponibilidade mecânica realizada X Planejada.

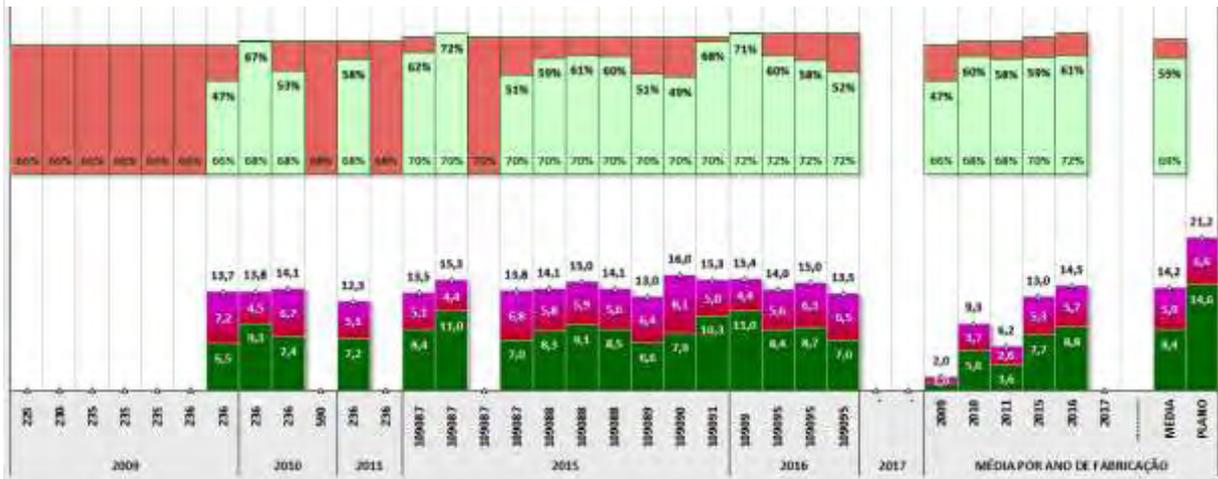
Figura 34. Tempos de disponibilidade mecânica de colhedoras



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 35 verifica-se o indicador de disponibilidade efetiva de colhedora. Esse indicador resume a equação (tempo trabalhado motor x tempo disponível) verificado na figura 12 em indicadores de produtividade.

Figura 35. Tempo de disponibilidade efetiva de colhedora

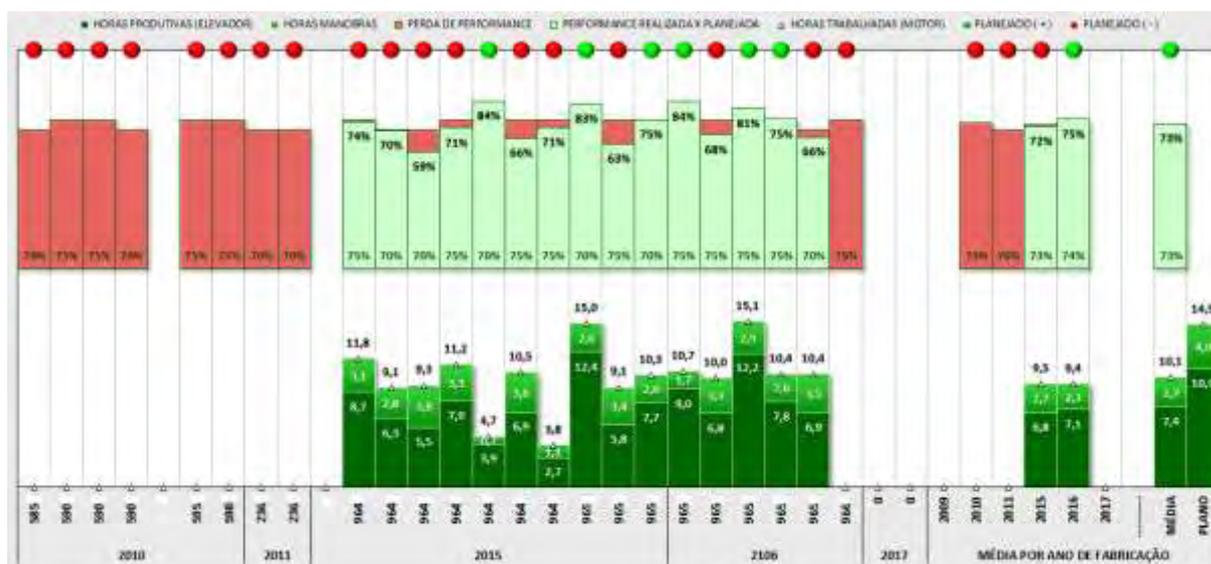


Fonte: Autoria Própria

Os indicadores em verde são horas trabalhadas motor. Os indicadores em roxo são as horas improdutivas. Os indicadores em verde claro são (disponibilidade efetiva realizada x planejada). Os indicadores em vermelho são a perda de disponibilidade efetiva.

Na Figura 36 verifica-se o tempo de performance de colhedora. Esse indicador possui a equação (Tempo produtivo elevador x tempo trabalhado motor) verificado na Figura 12.

Figura 36. Tempos de performance de colhedora



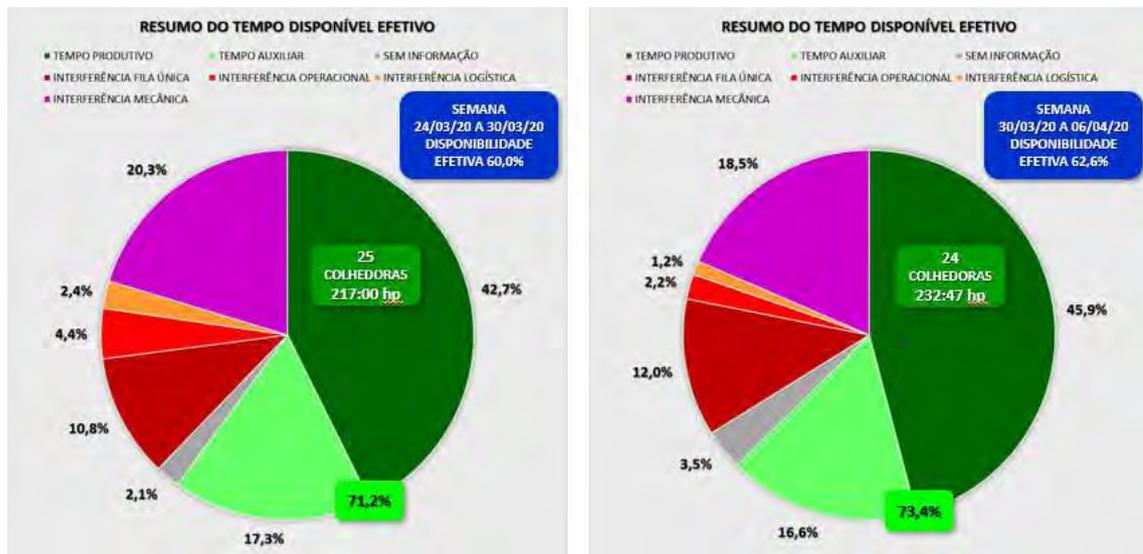
Fonte: Autoria Própria

Verifica-se nas cores em verde as horas produtivas (Elevador); nas cores verde claro as horas de manobras; nas cores em vermelho a perda de performance; nas cores em azul claro a performance realizada x planejada.

Na Figura 37 gerada pelo Excel, identificam-se os grupos de **tempos produtivo, tempo auxiliar, sem informação, interferência Fila Única, Interferência Operacional, Interferência Logística e interferência Mecânica** extraídas do sistema. Observa-se que, na semana de 24 a 30/03/20 a disponibilidade efetiva das colhedoras é de 60%. Na semana seguinte, foi realizado um teste de tirar uma colhedora do processo e trabalhar com uma configuração de duas colhedoras para cinco tratores e observou-se que, houve um aumento na disponibilidade efetiva dos equipamentos, subindo o número para 62,6%.

Essa mudança somente foi possível porque o sistema de gestão fornece a quantidade de enchimento por hora, ou seja, a quantidade que cada colhedora pede de trator por hora de colheita. Nesse processo foi identificado que cada colhedora possui uma demanda 2,3 tratores por hora e a empresa estava trabalhando com uma configuração de frente de colheita de uma colhedora para dois tratores causando a parada da colhedora durante o dia por falta de trator. Diante do cenário apresentado, uma colhedora foi retirada do processo de colheita resultando em um aumento significativo de horas produtivas.

Figura 37. Resumo de tempo Disponível Efetivo



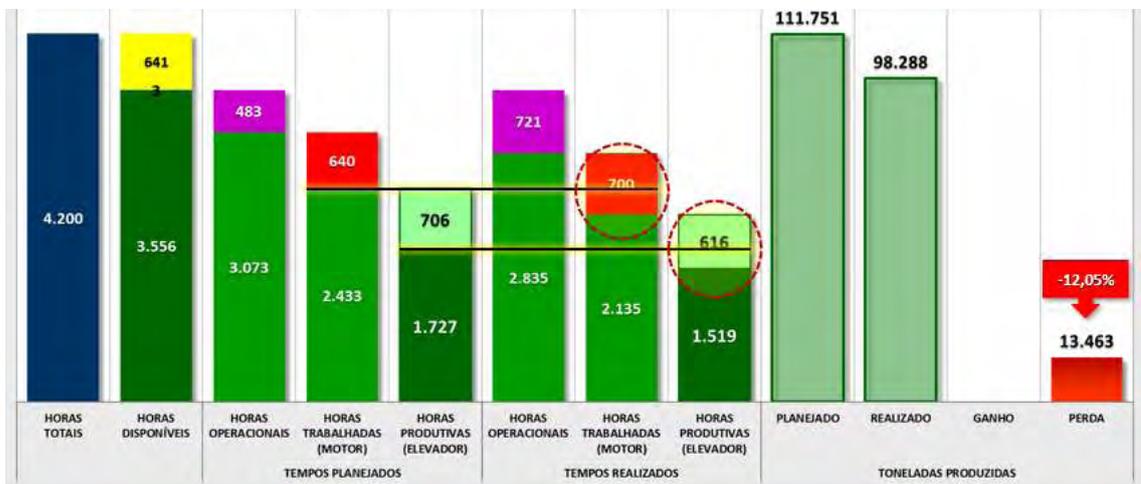
Fonte: autoria própria Excel

Na Figura 38 observa-se um gráfico de barras gerado pelo Excel através de uma exportação de base de dados do sistema onde, no final, como resultado, foi apresentado uma comparação entre o que foi planejado e o que foi realizado, e qual foi a perda ou ganho de produção durante o período escolhido. Em relação ao ciclo planejado, observa-se as quantidades de horas totais (4200 horas), em relação às horas disponíveis, define-se que são as horas totais (4200 horas) menos as paradas programadas (641 horas). Em relação às horas operacionais, define-se como as horas disponíveis (3.556 horas) menos as horas de interferências mecânicas (483 horas). Em relação às horas trabalhadas (Motor) define-se que são as horas operacionais (3.073 horas) menos as horas de interferências operacionais (640 horas). Em relação às horas produtivas de elevador, define-se que, são as horas trabalhadas motor (2433 horas) menos as horas auxiliar (706 horas).

Em relação ao ciclo tempos realizados, observa-se os tempos que foram computados de forma automática pelos computadores de bordo. Em relação às horas operacionais define-se que, são as horas disponíveis (3.556 horas) menos as horas de interferências mecânicas (721 horas). Em relação às horas trabalhadas motor, define-se que, são as horas operacionais (2835 horas) menos as horas de interferências operacionais (700 horas). Em relação às horas produtivas elevador, define-se que são as horas trabalhadas motor (2135 horas) menos as horas auxiliares

(616 horas). No final do período analisado, observa-se um valor planejado de produção de cana de açúcar 111.751 mil toneladas de cana, e o valor produzido real de toneladas cana foi de 98.288 mil toneladas. Com a comparação entre as toneladas planejadas e produzidas, observa-se uma perda de 13.463 mil toneladas e – 12.05% de produção. Diante de tal análise, e através do sistema de gerenciamento implementado, observa-se que, é possível identificar de forma imediata os problemas mais graves da operação e agir de modo rápido e online, para que, a produção seja a planejada ou muito próximo da planejada.

Figura 38. Resumo de tempo Disponível Efetivo 1



Fonte: Autoria Própria

Com a implementação do módulo de logística em campo, toda a parte de deslocamento dos equipamentos em uma frente de colheita passa a respeitar as prioridades de uma fila e de chamados automáticos que a colhedora realiza de acordo com a necessidade, evitando tempos perdidos e pisoteio da cana. Na Figura 39, verifica-se que na parte de cima o funcionamento da parte logística em campo era instável, com uma demanda de enchimento média de uma colhedora de 22 a 25 obtendo os níveis médios de deslocamento vazio de 2,70 e o deslocamento carregado de 3.0. Com a implementação do sistema e a inteligência de chamados automáticos e não mais a utilização de rádio amador na frente de colheita, verifica-se que a demanda de enchimento subiu para 27 e que o deslocamento carregado subiu 100%, saiu de um índice de 3 para 6. Já o deslocamento vazio caiu para menos de 1. Assim,

pode-se concluir que o sistema é muito eficaz, porque identifica-se que a colhedora trabalha mais porque o nível de enchimento é maior, e os tratores trabalham mais porque não ficam ociosos esperando colhedora, número que podemos verificar com os níveis de deslocamento carregado.

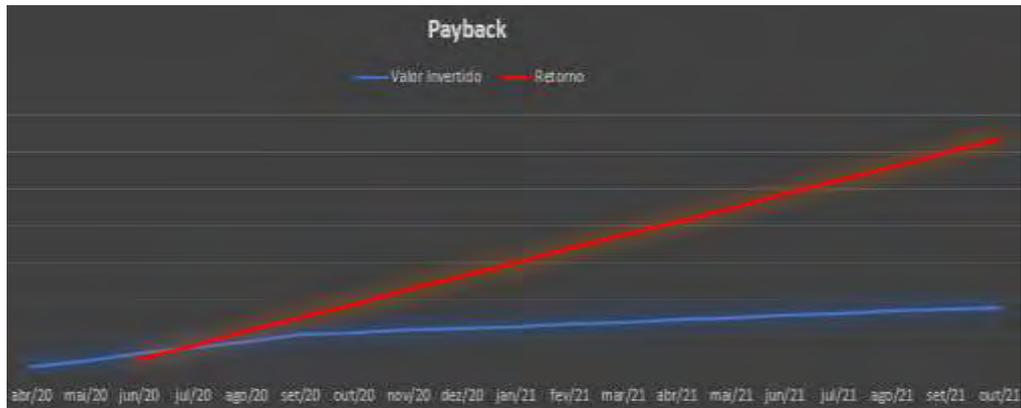
Figura 39. Parte Logística em campo



Fonte: Sistema Z

Depois de implementada a fila única de trator e com seus dados reais obtidos, verifica-se que, o sistema aumentou em 1,05 a produção de uma colhedora e, então, através da equação ROI (aumento de eficiência x Valor tonelada Cana x tonelada cana hora x número de colhedoras x número de dias de safra) verifica-se que o ROI obtivo na implementação do sistema foi de $ROI: 1,05 \times 25 \times 55 \times 18 \times 250 = R\$6.496.875$ milhões de reais em uma safra, valor comprovado junto às áreas envolvidas agrícolas e financeira. Por uma questão de confidencialidade de valores de projeto/ produto, a Figura 40 abaixo denominada *Payback*, mostra somente que o projeto tem um *payback* de 4 meses, tornando-se viável para a implementação.

Figura 40. Payback Projeto



Fonte: Autoria Própria

Com a implementação do módulo certificado digital de cana mostrado na Figura 37, a empresa passa a ter toda a rastreabilidade da cana de forma digital, evitando perdas de tempo na balança de cana e de papel com as informações de onde vem a cana de açúcar que está em cada vagão com caminhão. O processo passa de um processo totalmente manual como se verifica na Figura 41, aonde a guia de cana é preenchida a mão para um processo totalmente digital mostrado na Figura 42, sem nenhuma interação humana.

Figura 41. Entrada de Cana Manual

ORDEN CAT	LOTE	NO. DE TAJOS	MES	DIA	HORA	MINUTO	CASA DE
706309	6	1	0	0	16	40	6
	ALCE	AVISO	CARDUE	LUCES	ENGANCHE	CADENAS	
VAGON	ALZADORA	FICHA	B	M	B	M	B
1681,							
1973,							
1972,	1						
1972,	3501	40376					

Fonte: Usina em que o sistema foi instalado

Figura 42. Entrada de Cana Digital

ENTRADA DE CANA

CAMINHÃO		MOTORISTA CAMINHÃO	
Código Equip.: 2025		Motorista: 2007	

LB: _____

JULIETA 100 1

Colheira: 2722	Tratorista: 28314 (1)
2722	28313 (1)
2722	28314 (2)
Operador: 40754	Operador: 80034
40844	40774
40844	100341

LB: _____

JULIETA 100 2

Colheira: 27221	Tratorista: 283 (1)
27222	283 (1)
	(2)
Operador: 40754	Operador: 8001
80011	9000

LB: _____

JULIETA 1001 3

Colheira: 272	Tratorista: 28313 (1)
272	28314 (1)
	(2)
Operador: 4084	Operador: 407746
40754	800348

LB: _____

JULIETA 1001 4

Colheira: 2722	Tratorista: 2837 (1)
2722	2837 (2)
	(3)
Operador: 40754	Operador: 80008
80001	80036

LB: _____

JULIETA 5

Colheira:	Tratorista: (2)
	(3)
	(4)
Operador:	Operador:

Saida/Usina: 23/02/2019 12:20:40	Chegada/Tenho: 23/02/2019 12:21:40
Saida/Tenho: 23/02/2019 12:22:40	Chegada/Quarta: 23/02/2019 13:43:23

Fonte: Usina em que o sistema foi instalado

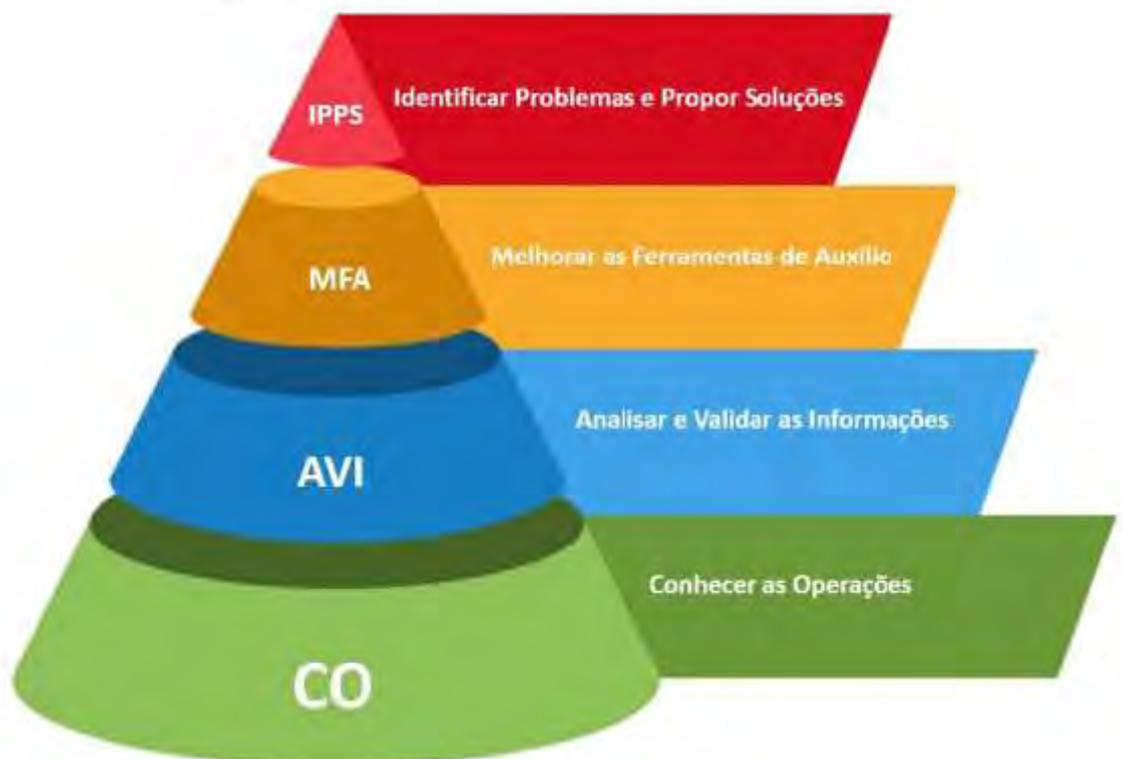
Implementado o sistema e suas funcionalidades, surge a necessidade de montar uma central de monitoramento chamado de COA pelas usinas. O COA tem como objetivo, aumentar a utilização das máquinas pelo indivíduo, promovendo o aumento da produtividade da operação. Portanto, o trabalho consiste numa busca contínua por irregularidades ou atos duvidosos dos equipamentos dentro das operações e, quando encontradas as falhas, busca-se eliminá-las progressivamente com apoio dos gestores de campo, sendo estes as peças fundamentais para o resultado positivo da eliminação dos atos irregulares, juntamente com os analistas de monitoramento, orientando e advertindo os fiscalizados. Com a missão de apoiar e auditar as operações, o COA deve sempre buscar a padronização das operações agrícolas e isto só é possível com disciplina operacional do campo.

O COA é o que proporciona grande parte da sinergia envolvida nas operações. Sua atuação com autonomia, torna o ambiente propício ao surgimento de novas ideias impactando em resultados positivos operacionais a cada minuto. Um item importante é que o monitoramento não é responsável pelos números apresentados, sejam estes de qualquer processo agrícola. Se algum indicador não está condizente com o

planejado, os responsáveis pelos resultados são os gestores da operação. O COA é um facilitador que deve auxiliar na identificação dos desvios e tratá-los com o objetivo de alcançar maiores níveis de eficiência e produtividade.

Um ponto crucial é que todas as pessoas que atuam no monitoramento conheçam as operações agrícolas. Sem conhecer a realidade e os desafios das frentes de colheita mecanizada fica difícil atuar de forma assertiva. Também ocorre casos em que o campo acaba justificando algumas ações tomadas de forma errônea que não correspondem à realidade do momento. Neste caso, se o analista do monitoramento não conhecer detalhadamente os processos, acaba aceitando a justificativa do campo, nenhuma ação é tomada e a irregularidade do processo continua, sem tratar a causa raiz do desvio. Entender as operações e processos, identificar os pontos críticos, ser atuante e propor soluções e melhorias são essenciais na busca por um monitoramento efetivo. Com isso, a Figura 43 mostra as etapas sequenciais de análise do COA.

Figura 43. Passos sequenciais de análises COA



Na Figura 44, é possível observar como ficou montado o centro de operações COA, são vários monitores com vários indicadores de análises para auxiliar a tomada de decisão.

Figura 44. Centro de Operações Agrícolas COA



Fonte: Autoria própria

6. CONCLUSÕES

Os sistemas gerenciais agrícolas vêm se destacando cada vez mais por serem um sistema integrado onde toda a informação é centralizada em tempo real permitindo a tomada da decisão em tempo record.

Os Sistemas de Informações Gerenciais têm garantido grande apoio à gestão das empresas de pequeno a grande porte, podendo ser utilizados também para o gerenciamento das usinas, para que os gestores determinem quais as informações necessárias para a sua tomada de decisão, fornecendo resultados positivos ou negativos da gestão e todo o relatório de atividades realizadas na propriedade.

Concretizando o objetivo geral, o estudo de caso possibilitou buscar informações e dados concretos de sistemas presentes no mercado para resolver as

problemáticas: identificação de gargalos, aumento da eficiência, sustentabilidade, tomada de decisão e competitividade, possibilitando mais eficiência no processo de colheita mecanizada, suportando os níveis gerenciais e operacionais da usina implementada. Desta forma, conclui-se que, devido aos resultados obtidos no estudo de caso, a implantação do sistema Z para suportar a gestão do negócio na usina indicada, atende completamente as problemáticas levantadas no objetivo e, é de grande importância, pois aumenta a produtividade, diminui recursos, digitaliza todas as informações, rastreia toda a atividade operacional de cana de açúcar gerando um impacto significativo nos resultados anuais de safra. Tal conclusão garante que, com o bom desempenho de gerenciamento com o sistema, e a centralização de todas as informações, a tomada de decisão em tempo real seja assertiva impactando diretamente de forma positiva nos resultados obtidos a cada ano/Safra de cana de açúcar.

REFERÊNCIAS

- AL-ADWAN, S.; AL-WANDAWI, A.; AL-SHAIBI, H. The impact of technological capabilities on organization's success on cellular telecommunications companies in Jordan. **Dirasat Administrative Sciences**, v. 42, n. 1, p. 147-160, 2015.
- ANSELMO, J. L.; KRAUSE, W. G. Maturidade em inteligência tecnológica: o caso Promon. In: XXIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, Curitiba, 2004.
- BRAUNBECK, O. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Colheita De Cana-De-Açúcar Com Auxílio Mecânico. **Engenharia Agrícola.Jaboticabal**, v.26, n.1, p.300-308, 2006.
- CÂNDIDO, C. A.; VALENTIM, M. L. P.; CONTANI, M. L. Gestão estratégica da informação: semiótica aplicada ao processo de tomada de decisão. **Revista de Ciência da Informação**, v. 6, n. 3, 2005.
- CREARE. Disponível em www.crearesistemas.com.br. Acesso em: 07 de abril 2021.
- COELHO, J. A. F.; BOTELHO, J. S.; TAHIM, E. F. Roadmap tecnológico: um estudo preliminar. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 11, n. 2, p.168-177, 2012.
- CONAB, V.6 - SAFRA 2019/20 N.1.
- DATAMOB. Disponível em www.datamob.com.br. Acesso em: 07 de abril 2021.
- GARCIA, M. L.; BRAY, O. H. Fundamentals of Technology Roadmapping. Strategic Business Development Department. Sandia National Laboratories. SAND97-0665. UC-900. 1997.
- GATEC. Disponível em www.gatec.com.br. Acesso em: 09 de abril 2021.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- GUIMARÃES, E. M. P.; ÉVORA, Y. D. M. Sistema de informação: instrumento para tomada de decisão no exercício da gerência. UFMG / USP, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v33n1/v33n1a09>>. Acesso em: 06 de maio 2021.
- JAMIL, George L. Repensando a TI na empresa moderna: atualizando a gestão com a tecnologia da informação. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001. 547 p.
- MARQUES, H. R., GAVA, R., PEREIRA, R. M., GARCIA, M. O., OLIVEIRA, C. C. Como não "Reinventar a Roda"?: a Anterioridade Tecnológica como base para o Desenvolvimento Tecnológico. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 10, n. 2, 2015.
- NOVACANA. Impacto da mecanização sobre a produtividade dos canaviais do Centro-Sul. 2017. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/colheita/perdas-colheita-mecanizada-equivalente-preco-usinas-ctbe-051217>. Acesso em: 08 out 2021.
- OZAKI, A.; DEL REY, A.; DE ALMEIDA, F. C. Technological monitoring radar: a weak signals interpretation tool for the identification of strategic surprises. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, 2011.

PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D. Technology Roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 71, p. 5–26, 2004.

PORTER, A. L. et al. Monitoring. In: *Forecasting and Management of Technology*. New York: Wiley Interscience, 1991.

REZENDE, Denis Alcides; ABREU, Aline França. *Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais: o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

ROSINI, A. M.; PALMISANO, A. *Administração de sistemas de informação e a gestão do conhecimento*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SAP. Disponível em www.sap.com/brazil/about/company/what-is-sap.html. Acesso em: 09 de abril 2021.

SHIMIZU, T. *Decisão nas organizações: introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão*. São Paulo: Atlas, 2001.

SILVA, Reinaldo O. da. *Teorias da administração*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SOLINFTEC. Disponível em www.solinftec.com. Acesso em: 11 de abril 2021.

STAIR, R. M; REYNOLDS, G. W. *Princípios de sistemas de informação*. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TOTVS. Disponível em www.totvs.com. Acesso em: 11 de abril 2021.