

POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL

POTENTIALITY OF USAGE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM ON AGRO-INDUSTRIAL LOGISTICS.

Fernanda Cristina Ferrari¹

Área Temática: Tecnologias e Informações para o Agronegócio

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a maneira que o sistema de informação geográfico auxilia na cadeia produtiva e gera um aumento significativo nos resultados. Por meio de pesquisas bibliográficas foi possível estabelecer a conexão entre sistemas de informação geográfica, agricultura (atitude tal que leva o nome de agricultura de precisão) e logística agroindustrial. Focado em aumentar a produtividade, os softwares logísticos auxiliam na tomada de decisão e no monitoramento efetivo das frentes de colheita.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Logística agroindustrial. Produtividade. Sistema de informação geográfico.

ABSTRACT

The present work has as objective to analyze the way the geographic information system assists in the productive chain and generates a significant increase in the results. Through bibliographical research it was possible to establish the connection between geographic information systems, agriculture (an attitude that takes the name of precision agriculture) and agroindustrial logistics. Focused on increasing productivity, logistic software helps decision making and effective monitoring of harvest fronts.

Key Words: Precision agriculture; Agroindustrial logistics; Productivity. Geographic information system;

¹ Tecnólogo em Agronegócio e especialista em Engenharia de Produção; Graduação em FATEC Taquaritinga e pós-graduação em Unesp Bauru; Av. Antônio Honório Real, 656 - Parque Res. Vale do Sol, Araraquara - SP, 14804-075; fcferrari@bol.com.br

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica afeta positivamente todos os diversos níveis da agricultura, sendo impossível um produtor rural ignorar as tecnologias existentes e se manter competitivo no mercado, e isto se deve a inúmeros fatores como preço e concorrência acirrada. A resistência por parte de produtores mais antigos existe, mas mesmo nestes casos é possível inovar, mudando pequenos pontos que afetarão toda a cadeia agroindustrial de maneira impactante (MOLIN, 2004).

Este trabalho tem como foco questionar a maneira que os sistemas de informação geográfica auxiliam na cadeia produtiva e gera um aumento significativo nos resultados da cadeia como um todo.

2. METODOLOGIA

Este trabalho se configura como teórico prático de natureza qualitativa, o que possibilita descrever as qualidades de determinados fenômenos ou objetos de estudo.

Para Chizzotti (2001), utiliza-se a pesquisa qualitativa para entender o contexto, por meio da observação de vários fenômenos, tendo como meta explicar comportamentos.

Ao empregar o método qualitativo, acredita-se que este assegura a viabilidade da investigação para a compreensão e interpretação do objeto pesquisado.

Na presente pesquisa, para a coleta de dados utilizou-se a visita técnica na área.

Segundo Chizzotti (2001) relaciona três fases fundamentais para a consecução do trabalho, a saber: a determinação da pesquisa; a definição da pesquisa; e a estratégia de ação.

A determinação da pesquisa, bem como a definição do assunto a ser abordado neste trabalho, deve-se em grande parte à abertura para visita de uma empresa do setor suco-alcooleira que em função do anonimato será denominada como “empresa X”. Quanto à estratégia de ação, dividiu-se a pesquisa em duas etapas: a primeira foi à busca na literatura, dos conceitos-chave da abordagem sobre agricultura de precisão, logística e sistema de informação geográfico; e a segunda, nas informações coletadas *in loco* por intermédio de pesquisas de campo, que consiste na observação dos fatos tal como ocorrem espontaneamente, com os dados sendo obtidos mediante interrogação.

A interrogação foi aplicada pelo pesquisador por meio de contato direto com os trabalhadores da empresa, o que possibilitou explicar e abordar os objetivos da pesquisa e esclarecer, em alguns momentos, dúvidas com relação a certas questões.

Para a obtenção das respostas foi utilizado como informante-chave o Analista que teve participação ativa no projeto de implantação de sistema de informação geográfico como controle logístico na empresa X em questão.

A análise dos dados obtidos foi feita a partir de gráfico em comparação da safra atual que contém a aplicação do sistema de informação geográfico versus a safra passada em que não havia o controle logístico com o auxílio do SIG.

Esta pesquisa baseia-se em um tipo de amostragem não probabilística, que pode ser rotulada como amostragem possível de característica de estudo de caso único.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistemas de informação geográfica

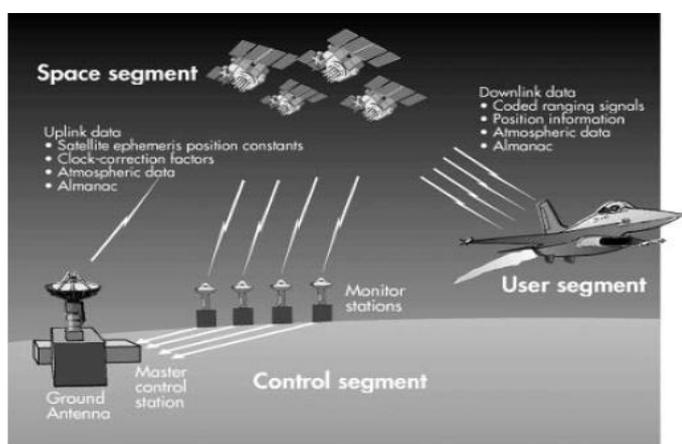
Como descreve Tomlinson (2007) uma simples definição não é suficiente para explicar como os sistemas de informação geográficos atuam no mundo real, pois apresentam características particularmente horizontais devido a sua grande capacidade e variabilidade de aplicações, atingindo diversas áreas, sendo elas industriais ou intelectuais. Sendo assim a melhor forma de descrever como os sistemas de informação geográficos funcionam é dividir suas partes funcionais e entender cada uma delas separadamente, pois todas podem ser usadas de forma paralela dependendo da necessidade.

3.2 Sistema de posicionamento global (GPS)

Segundo Macnamara (2004), o *Global positioning system* (GPS) ou sistema de posicionamento global foi originalmente lançado pelo governo dos Estados Unidos da América com a intenção de localizar e monitorar veículos e operações militares. Hoje em dia diversos aparelhos possuem sistemas GPS instalados em seu hardware, desde celulares até em sistemas que auxiliam o pouso e decolagem de aviões. O GPS é a espinha dorsal de um sistema de informação geográfico, pois ele possibilita georreferenciar a coleta de dados. O GPS possui

inúmeras aplicações na agricultura, que não seriam possíveis sem a troca de dados espaciais entre o receptor e o satélite. Em termos práticos permite que, por exemplo, a informação sobre determinada taxa de nitrogênio no solo, tenha suas coordenadas espaciais registradas e acessíveis, o que possibilita aplicação de insumos agrícolas com taxa variável. Na Figura 1 observamos a relação e os processos ocorridos para que se obtenha a posição espacial. O GPS pode ser dividido em três segmentos, o segmento do usuário, o segmento de controle e o segmento espacial.

Figura 1: Componentes de um GPS.

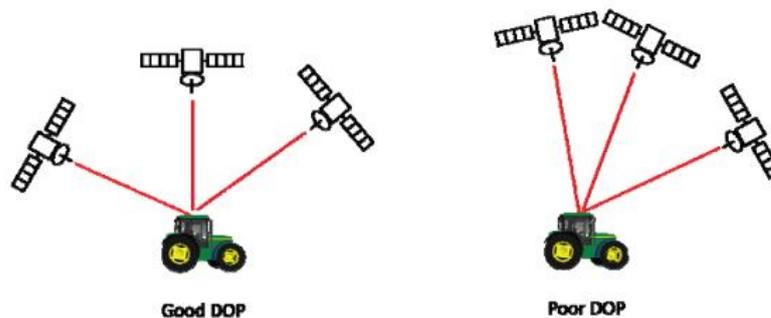


Fonte: McNamara (2004).

De acordo com Areca (2010) observa-se na Figura 1 o segmento de controle compreende as torres de monitoramento e o controle de terra. Este segmento monitora e verifica a funcionalidade do GPS além de estender seu alcance e possibilitar, ou não, o acesso ao usuário aos dados do satélite, representado pelo segmento do usuário.

Finalmente o segmento espacial utiliza da triangulação de três satélites, conforme a Figura 2, para identificar a posição do usuário, por meio de cálculos matemáticos levando em conta a dilatação do espaço e tempo, pressão atmosférica entre outros fatores (ARECA, 2010).

Figura 2: Triangulação e posição ideal do satélite em relação ao receptor.



Fonte: ARECA (2010).

3.3 Transporte da colheita da cana-de-açúcar

A escolha do tipo de corte dos colmos da cana (manual ou mecânico) é de suma importância para o transporte, pois depende de fatores diversos, tais como: aspectos socioeconômicos, disponibilidade de mão de obra, condições de campo onde está implantando o canal, do subsistema de carregamento a ser utilizado entre outros (MIALHE; RIPOLI, 1975).

De acordo com Borém e Santos (2013), o processo de mecanização da colheita de cana não é uma substituição do trabalho manual pelas máquinas e atinge as dimensões de um sistema cujos limites são bastante amplos para incluir toda a problemática de transferência de matéria-prima do campo para a indústria. Nesse sistema podem-se visualizar três subsistemas: os subsistemas de corte e carregamento; os subsistemas de transporte e por fim os subsistemas de recepção. Esses subsistemas apresentam interfaces que incluem aspectos de interesse comum, assim, forma-se uma cadeia de vinculação entre o campo e a fábrica, por meio da qual se estabelece o fluxo de matéria-prima que alimenta a indústria.

3.4 Transporte rodoviário

De acordo com Borém e Santos (2013), estima-se que mais de 95% do transporte da matéria-prima no país é feito pela malha rodoviária de todas as regiões canavieiras. Existe uma gama de opções de caminhões transporte de cana, que varia desde caminhões médios, de 8 a 10 toneladas de carga líquida, até os chamados superpesados, com capacidade de 45 a 50 toneladas. Economicamente, as maiores capacidades de transporte por viagem devem ser recomendadas

para as maiores distâncias. Atualmente é comum o uso dos caminhões mais potentes tracionando, além de sua carroceria, uma carreta, são veículos tipo Rodotrem, popularmente chamados de “Romeu e Julieta”, eles têm capacidade de carga líquida em torno de 25 a 30 toneladas. Essa opção é recomendada para distâncias, entre campo em indústria, acima de 20 km.

3.5 Operação de transbordo

Entende-se por operação de transbordo a atividade de transferir a matéria-prima existente em um tipo de veículo de transporte para outro. No transporte rodoviário há dois tipos de transbordo: o direto e o intermediário. O transbordo direto é utilizado em sistemas de colheita que utilizam colhedoras, ou seja, para cana picada. Para o acompanhamento das colhedoras são utilizadas as carretas tradicionais (denominadas de transbordos) por tratores de rodas ou veículos especiais. No segundo caso, a própria unidade de transporte possui dispositivos hidráulicos que permitem o autodescarregamento. O uso desses veículos é justificado para locais onde a compactação do solo é problema, pois eles exercem menores pressões sobre o terreno do que os caminhões trucados convencionais (BORÉM; SANTOS, 2013).

3.6 Estrutura de controle das atividades logística na colheita

De acordo com Ripoli e Ripoli (2009), controlar atividades de sistemas operacionais agrícolas consiste basicamente no trato de questões pertinentes a duas realidades inter-relacionadas: obtenção e processamento de informações e tomada de decisão com base nas informações disponibilizadas.

Conforme foi visto nos capítulos acima, o SIG auxilia na obtenção das informações por meio de um computador de bordo instalado nos caminhões, tal equipamento é capaz de registrar diversos tipos de informações a partir de sinais emitidos por sensores localizados nos pontos sobre os quais se deseja coletar informações (RPM do motor, velocidade, distância percorrida, entre outros). Para que este processo tenha um eficiente funcionamento é necessária à estruturação de um subsistema que opere sobre o sistema físico (estrutura operacional de veículos, máquinas, pessoal, etc.) de transporte canavieiro.

Nos sistemas semi-empíricos mais simples, o ciclo de controle (aquisição da informação, transmissão, tomada de decisão e expedição de ordens) se resume num controlador de tráfego decidindo e emitindo ordens a partir de informações recebidas com relativa defasagem de tempo. Nos sistemas mais avançados, com transmissão *on line* de informações, o controlador de tráfego torna-se analista agroindustrial e trabalha articulado com uma estrutura de apoio logístico visando, basicamente, otimização operacional e redução de custos.

Ainda de acordo com Ripoli e Ripoli (2013), a utilidade ou o valor do volume de informações geradas pela frota de veículos de transporte de cana-de-açúcar é função do quanto ele pode contribuir para a tomada de decisões capazes de promover a otimização operacional e econômica do sistema. Dessa forma, a capacidade de controle de frota não depende apenas dos sistemas de coleta, transmissão e processamento de informações, mas, principalmente, da disponibilidade de recursos auxiliares para a tomada de decisão.

Dimensionar frota, especificando o número e tipos de veículos de transporte mais convenientes para cada frente de colheita, levando em conta os diversos fatores que interagem no dia-a-dia (quebra de veículos, chuva, interrupção na moagem, acidentes, falta de motoristas, entre outros) é tarefa que exige bastante conhecimento e responsabilidade de quem tem o dever de tomar decisões, dessa forma, existem inúmeros sistemas propostos de recursos auxiliares para tomada de decisão no comando logístico de uma frota canavieira.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa X é um grupo de usinas processadoras de açúcar e álcool atuantes no estado de São Paulo.

Na safra anterior (será denominado safra 2016 devido o fato de iniciar em março de 2015 e terminar em março de 2016), a atividade de colheita, carregamento e transporte não eram monitorados efetivamente e inexistia a utilização de sistemas de informação como ferramenta de auxílio para a tomada de decisão e monitoramento das máquinas.

Na safra atual (será denominado de safra 2017 devido o fato de iniciar em março de 2016 e encerrar em março de 2017) foi instaurado um projeto onde as mesmas atividades seriam programadas e monitoradas por meio de software com o auxílio do SIG onde a obtenção dos dados seria permitida por meio da comunicação do computador de bordo existente em cada maquinário operante.

O foco do projeto é melhorar a produtividade no campo, conseqüentemente traria melhoria de produtividade para a indústria processadora também.

A Tabela 1 apresenta as metas estabelecidas pelo projeto sendo que as expressões “Tc/máq/dia” e “H/máq/dia” representam Tonelada de cana-de-açúcar por máquina e por dia e horas de corte por máquina por dia respectivamente.

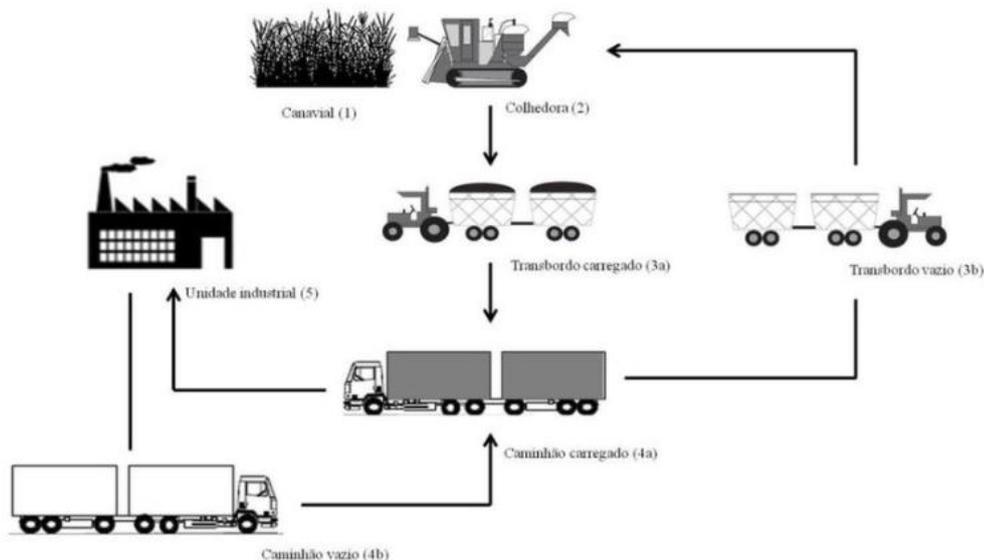
Tabela 1: Metas de melhoria de produtividade no campo.

Produtividade da colhedora efetiva	700 Tc/máq/dia
Horas de corte efetiva	14 H/máq/dia
Produtividade de trator efetiva	360 Tc/máq/dia

Vale ressaltar que a empresa em questão opera 24 horas. Considera-se a realização de tais metas caso haja condições climáticas favoráveis para a colheita da cana-de-açúcar.

Na Figura 3 pode-se observar o esquema de sistema de colheita, destacando-se os subsistemas de colheita, transbordo e transporte.

Figura 3: Esquema de um sistema de colheita.



Fonte: Beraldo (2015)

A produtividade da colhedora e suas horas de corte são dependentes do nível de serviço de trator transbordo e de caminhão. Para que ela opere em seu maior potencial deve-se haver

uma boa logística dentro do campo onde os tratores estejam sempre prontos para receber a cana cortada e deve-se também obter uma boa programação de despacho de frotas de caminhões a fim de que não falte frota na frente de colheita no momento que o trator for bascular, ou seja, no momento que ele for descarregar a cana que transporta.

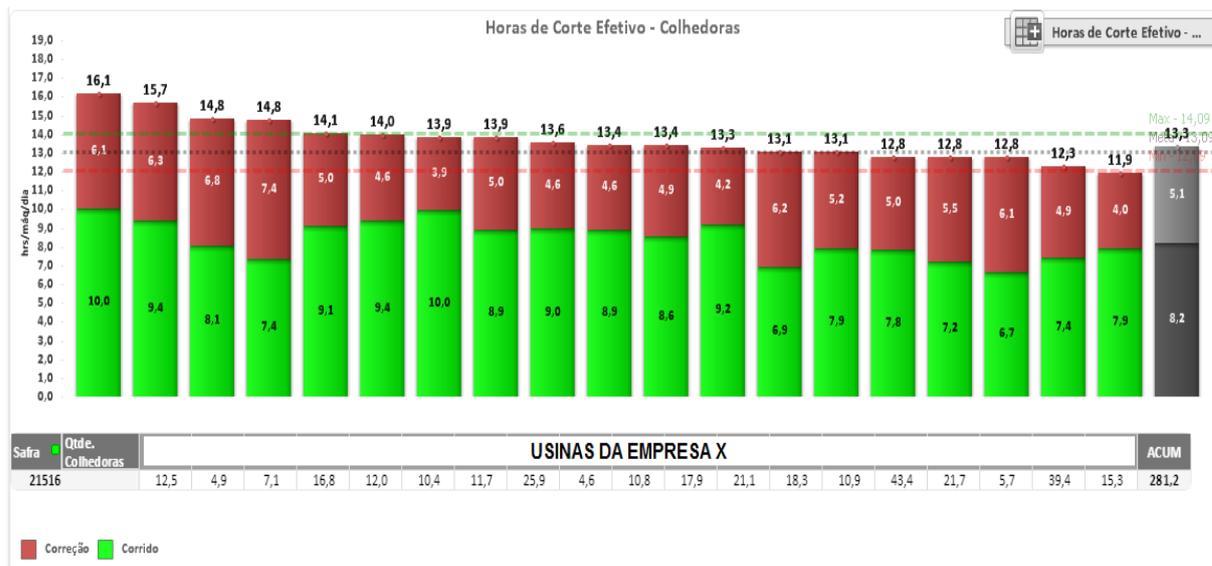
Dessa forma, o ciclo se completa e o transbordo fica disponível novamente para a colhedora, enquanto a cana-de-açúcar está a caminho da usina processadora. Neste momento serão desconsiderados serviços auxiliares que afetam a produtividade da colhedora, tais como manutenção, abastecimento, entre outros.

Cabe destacar que a usina processadora de cana-de-açúcar trabalha em *Just in time* (JIT), ou seja, não há estoques, assim, qualquer atraso entre a colheita e a recepção da cana na indústria implicará em parada da rotação da usina por falta de matéria prima para processar e conseqüentemente uma grande perda de caldo da cana que já havia sido moída devido à interrupção do processo industrial.

Foi observado que a programação logística das frotas é de suma importância para que o processo seja produtivo e as metas sejam alcançadas. Na safra anterior a programação era realizada com pouco auxílio de sistema de informação. Foi observado que na safra atual, a programação ficou mais robusta com tomadas de decisões mais precisas por ter o auxílio de softwares logístico, mas o que mais se destacou foi o fato de atualmente ter o monitoramento efetivo de frotas, tratores transbordo e colhedoras que na safra anterior não existia.

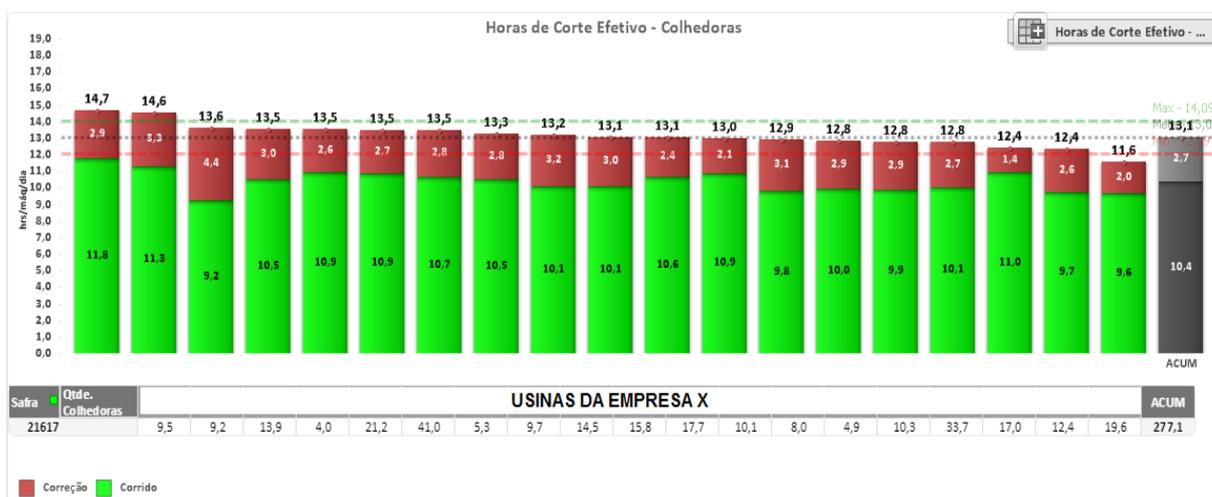
Na Figura 4 e 5 observa-se a melhoria de produtividade de colhedora em comparação a safra anterior (2016), observa-se que as barras do gráfico pintadas de vermelho representam as horas corrigidas, ou seja, as horas de corte que uma colhedora realizaria caso não tivesse parado por fatores externos como chuva ou limitação industrial (quebra da indústria). Destaca-se que o monitoramento efetivo fez diferença nos resultados (comparando a barra vermelha do gráfico 4 com o 5), assim garantiu a assertividade do código posto no bordo, que iria justificar a parada da máquina.

Figura 4: Horas de corte efetivo – Colhedora – Safra 2016.



Na safra passada (2016) as 14 horas de corte não foram atingidas no acumulado de todas as usinas (barra cinza), o resultado foi de 13,3 sendo que 5,1 foram horas corrigidas, isto é, apontamento de chuva ou limitação industrial no bordo da colhedora.

Figura 5: Horas de corte efetivo – Colhedora – Safra 2017.



Na safra atual (2017), de acordo com a Figura 5, as 14 horas de corte ainda não foram atingidas (devido a safra não ter terminado), no acumulado de todas as usinas (barra cinza) o resultado parcial foi de 13,1 sendo que 2,7 foram horas corrigidas.

A comparação da Figura 4 com a Figura 5 demonstra que o monitoramento efetivo fez com que os apontamentos fossem mais assertivos e que as máquinas parassem menos vezes

durante a colheita, dessa forma tornaram-se mais produtivas, isso pode-se perceber pelo número de horas corrigidas, na safra anterior (5,1 horas corrigidas) e na safra atual (2,7 horas corrigidas), dessa forma teve-se ganho de 2,4 horas em produtividade por dia de uma safra para outra.

Foi observado também que teve uma diminuição do número de colhedoras operantes de uma safra para outra e mesmo assim a produtividade das colhedoras foram maiores em comparação a safra anterior. O seguinte resultado pode-se observar nos gráficos das Figuras 6 e 7.

Figura 6: Produtividade colhedora – Safra 2016.

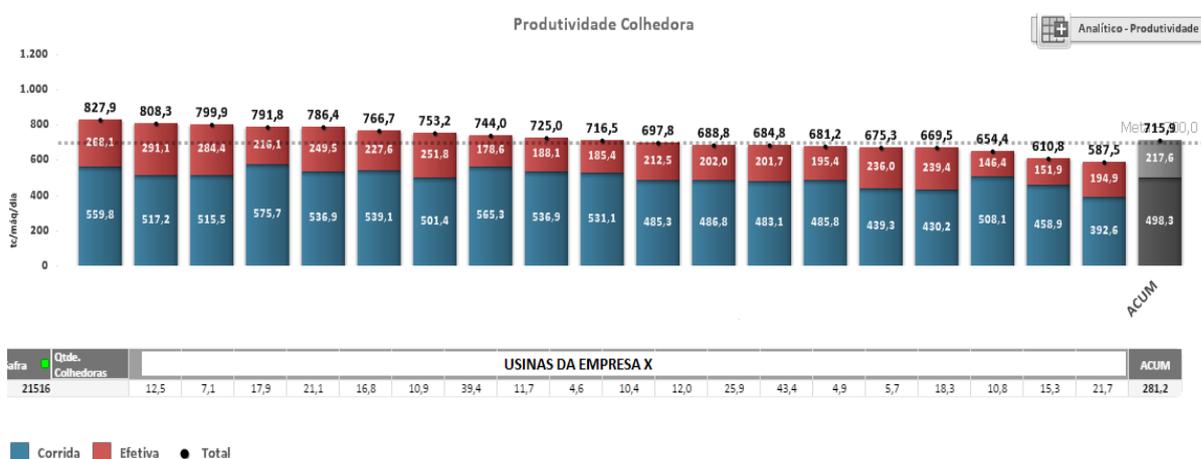
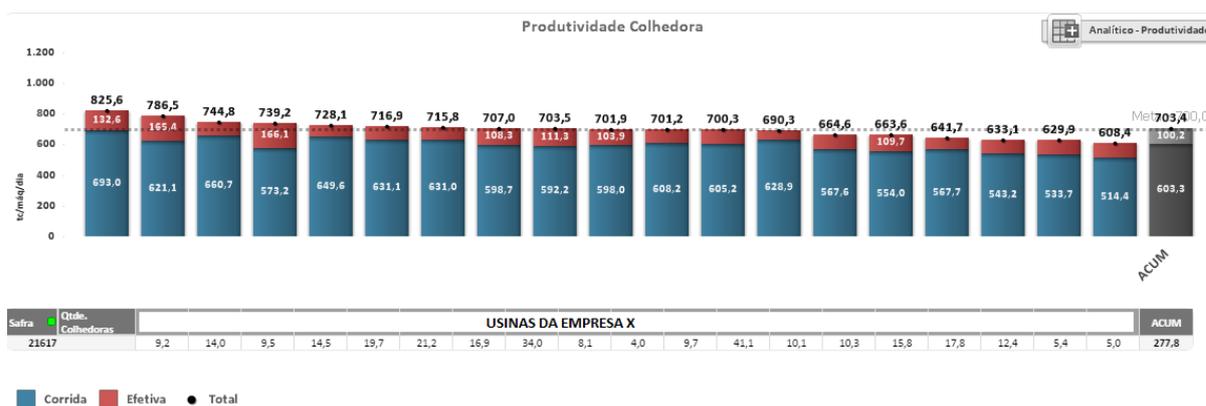


Figura 7: Produtividade colhedora – Safra 2017.



Na safra de 2016, ao considerar todas as usinas do grupo, foram utilizadas 281,2 colhedoras (demonstrado na tabela em baixo do gráfico na coluna “acum” da Figura 6) e obteve 498,3 tc/dia por máquina (máq) (demonstrado na coluna cinza do gráfico da figura 6, representando esse número a parte do cinza escuro). Foram corrigidas 217,6 tc/máq (demonstrado na coluna cinza do gráfico da Figura 6, representado e número na parte cinza

claro), ou seja, se estivesse operando nesse período de parada teria uma produtividade de 715,9 tc/dia/máq (demonstrado na coluna cinza do gráfico da Figura 6).

Já na safra atual (2017) foram utilizadas 277,8 colhedoras (demonstrado na tabela em baixo do gráfico na coluna “acum” da Figura 7) e se obteve produtividade de 603,3 tc/dia/máq (demonstrado na coluna cinza do gráfico da figura 7, representando esse número a parte do cinza escuro). Foram 3,4 colhedoras a menos e obteve-se ganho de produtividade de 105 toneladas de cana. Foram corrigidas apenas 100,2 tc/dia/máq (demonstrado na coluna cinza do gráfico da Figura 7, representando esse número na parte cinza claro), o que significa que o fluxo foi contínuo e as paradas foram menores da safra de 2017 comparado à safra de 2016. Tal resultado também pode ser observado nas Figuras 8 e 9.

Figura 8: Produtividade colhedora – Safra 2016.

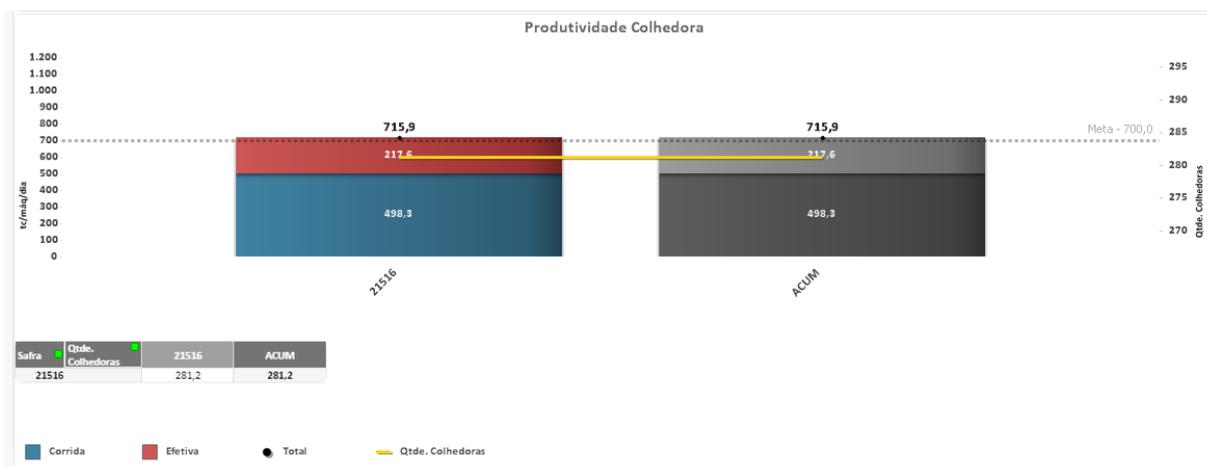
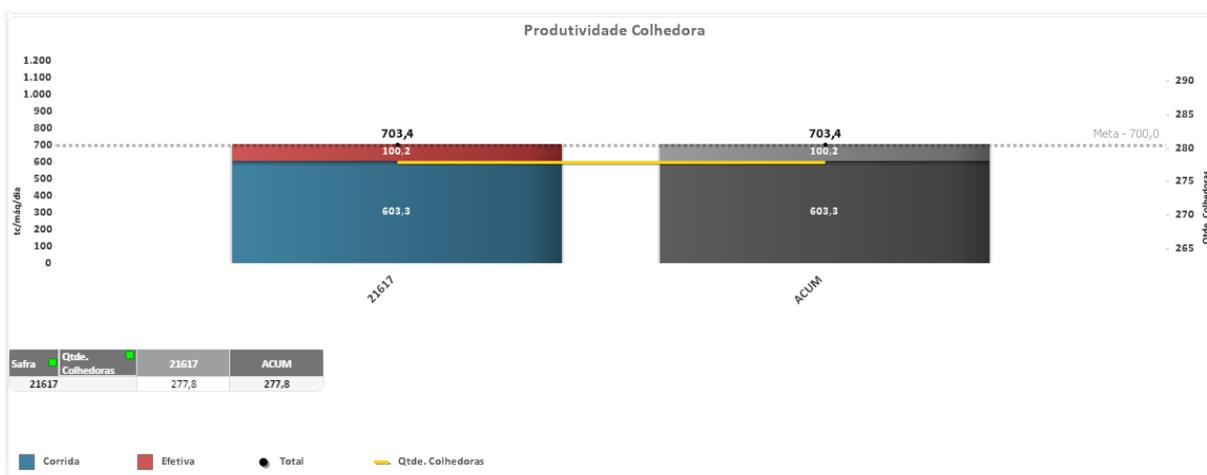


Figura 9: Produtividade colhedora – Safra 2017.



Nas Figuras de 4 a 9 observa-se que o monitoramento trouxe bons resultados, pois as toneladas de cana corrigida foram menores na safra de 2017, comparado à safra de 2016. Deve-se levar em conta que o fator chuva também corrige a produtividade da colhedora. Dessa forma, foi feito uma análise de precipitação do início da safra de 2016 (abril) até o mês de agosto com o início da safra de 2017 até o mesmo mês (mês que foi coletado os dados de produtividade). Observa-se na Figura 9, que o total da precipitação acumulada da safra de 2016 é de 281,6 mm de chuva e da safra de 2017 é de 312,8 mm de chuva, ou seja, a chuva não foi um fator limitante para a produtividade das máquinas.

Figura 10: Precipitação acumulada.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
2016	380.2	351.3	118.9	37.8	110.2	94.0	9.1	61.7
2015	182.4	134.1	251.5	46.7	125.2	0.0	88.1	21.6

Fonte: IPMET (2016).

Para que as colhedoras produzam o esperado é necessário que os tratores transbordo também operem em sua máxima produtividade. O processo requer uma sincronização precisa entre operação das colhedoras e transbordos na frente de colheita. Uma das causas recorrentes de tempo perdido com colhedora parada é quando ela para sua operação por falta de um transbordo disponível para acompanhá-la, o que é popularmente chamado por “tempo perdido aguardando transbordo”. Pensando nisso, foi desenvolvido um software logístico, que foi denominado com o nome FUT – fila única de transbordo.

O sistema forma automaticamente uma fila de transbordos no malhador (local onde é feito o descarregamento da cana do transbordo no caminhão). Vale ressaltar que essa fila pode ser teórica, ou seja, formada apenas no software ou uma fila propriamente dita. Após a formação da fila, o sistema calcula a porcentagem de enchimento dos transbordos envolvidos na colheita e determina o momento exato de chamar um novo transbordo. A automação permite que todo o processo aconteça com a mínima intervenção dos operadores, envolvendo somente o operador do transbordo que aceita ou não o chamado da colhedora em seu computador de bordo.

A utilização do FUT melhora a logística dentro da frente de colheita e a interrupção da operação das colhedoras diminui, além do fato do sistema possibilitar ao gestor de operações uma gestão visual.

No início da safra é dimensionado a quantidade de colhedoras e transbordos que serão necessários para realizar a colheita em determinadas fazendas, e as velocidades operantes de cada equipamento. Quando o gestor consegue visualizar uma fila propriamente dita em seu malhador, significa que suas máquinas não estão operando em sua total capacidade, dessa forma ele consegue atuar imediatamente na causa raiz do problema. O mesmo ocorre quando o gestor visualiza suas colhedoras paradas por falta de transbordo sendo que eles estão trabalhando em sua máxima capacidade, isso significa que as máquinas estão operando acima do planejado, dessa forma ele pode atuar colocando alguma máquina para fazer manutenção preventiva.

O software trouxe uma economia de 49% de tempo no aguardo por falta transbordo, trouxe aumento entre 8% a 10% de eficiência da frente de colheita, fora o fato que melhorou a qualidade do corte devido à diminuição o pisoteio do canavial. Na Figura 11, que foi retirada por um dos sistemas de monitoramento e rastreamento, pode-se observar uma fila propriamente dita em um esquema de FUT.

Figura 11: Esquema de FUT.



Fonte: Sistema de rastreamento, dados fornecidos pela empresa X (2017)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto buscou contemplar três vertentes: Uma apresentação geral sobre sistemas de informação geográfica e logística de transporte de cana-de-açúcar; análise dos ganhos produtivos na utilização conjunta do SIG e agricultura no setor suco-alcooleiro; análise dos benefícios da operação de corte, carregamento e transporte monitorados 24 horas.

A apresentação sobre sistemas de informação geográfica e transporte de cana-de-açúcar, encontrados na revisão bibliográfica, procurou abranger os principais tópicos à luz da literatura. Dessa forma possibilitou ao leitor o entendimento dos assuntos explorados nos resultados.

A análise dos ganhos produtivos concluiu-se que a junção de sistemas de informação geográfica e agricultura resultam em ganho de produtividade, tomadas de decisões precisa e logística eficaz, não apenas no transporte, mas também no fluxo da informação entre o campo e usina, devida os acontecimentos serem analisados em tempo real.

Ter o ganho de 2,4 horas produtivas por dia por colhedora aparenta ser insignificante devido o dia ter 24 horas, porém deve-se considerar que existem operações auxiliares (troca de turno, refeição dos operadores, manutenção, abastecimento entre outros) que consomem grande parte do tempo produtivo da colhedora, dessa forma 2,4 em ganho de produtividade é de alta representatividade para a operação como um todo. Levando em consideração que o projeto foi iniciado na safra atual e que existe a curva de aprendizagem e a mudança da cultura da empresa, acredita-se que os ganhos serão maiores nas próximas safras.

O monitoramento efetivo garantiu que a operação seguisse o planejamento. Ao ocorrer problemas como manutenção, veículos encalhados entre outros, a equipe que estiver monitorando pode ter ações imediatas, assim agiliza a solução dos problemas e a operação de colheita retorna rapidamente.

Por fim, conclui-se que o presente trabalho obteve ganhos significativos para a companhia e que se pode estender para outros segmentos do ramo suco-alcooleiro como o plantio da cana-de-açúcar e a indústria processadora. Devido a limitações de espaço e tempo para aborda-los satisfatoriamente no presente trabalho fica tais temas como sugestões para futuros projetos que possam dar continuidade no trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARECA. **Controlled Traffic Farming Project. Alberta**, 2010. Disponível em: http://www.albertabarley.com/members/news/documents/MediaHit-ControlledTrafficFarmingProject-120410_001.pdf . Acesso em: 02 out. 2016

BERALDO, G. C. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: SBEA, 2015.

BORÉM, Aluízio; SANTOS, Fernando **Cana-de-açúcar: do plantio à colheita**. Viçosa: Editores, 2013.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciência humanas e sociais**. 5.ed. São Paulo: Cortez, 2001.
IPMET. **Precipitação acumulada**. Disponível em:
http://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&abre=ipmet_html/produtos/prev_chuva.htm. Acesso em: 10 Jan. 2017

MCNAMARA, J. **GPS for Dummies**. Indianapolis: WileyPublishing, 2004.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão, parte I: o que é e estado da arte em sensoriamento**. **Engenharia Agrícola**, v. 17, p. 104-107, 1997.

MOLIN, J.P. **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade**. **Engenharia Agrícola**, v. 22, p. 89-92, 2002.

MOLIN, J.P. **Tendências da agricultura de precisão no Brasil**, 2004. Disponível em:
http://www.agriculturadeprecisao.org.br/upimg/publicacoes/pub_tendencias-da-agricultura-de-precisao-no-brasil-27-08-2014.pdf. Acesso em: 03 Nov. 2016

RIPOLI, Tomaz C. C.; RIPOLI, Marco L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente** 2.ed. Piracicaba: Edição dos alunos, 2009.

TOMLINSOM, F.R. **Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers**, v. 10, p. 13-25, 2007.