

**DANIEL RAMOS BATISTA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO ELETRÔNICO EM COLHEDORA DE CANA-DE-  
AÇÚCAR**

**CURITIBA**

**2013**

**DANIEL RAMOS BATISTA**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO ELETRÔNICO EM COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho apresentado para obtenção do título de em Especialista em Agronegócio no curso de MBA de Gestão do Agronegócio do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Vanderlei Correa da Silva

**CURITIBA**

**2013**

## RESUMO

Este trabalho abordou a proposta da redução dos custos da operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar através de um sistema de monitoramento eletrônico utilizado em colhedora de cana-de-açúcar. Após a obtenção dos dados, foi analisada a disponibilidade de uso e consumo de óleo combustível de colhedoras com e sem o sistema, além da verificação do sistema de comunicação GPRS utilizado como transmissor de dados remotos e a melhoria logística como um todo. Os resultados não foram significativos, o sistema não contribuiu para a redução dos custos e o sistema de comunicação GPRS não é adequado ao local de estudo.

Palavra-chave: cana-de-açúcar, colheita, monitoramento, logística.

## SUMMARY

### ***Electronic Monitoring System In Sugar Cane Harvester***

This research broach the proposal of operation's cost reduction of sugar cane mechanized harvesting through an electronic monitoring system used in harvester for sugar cane. After obtaining all data, it was analyzed the use and availability of fuel oil consumption of harvesters with and without the system, also checking the communication system GPRS used as remote data transmitter and improving logistics as a whole. The results were not significant, the system did not contribute to the costs reduction and also the GPRS communication system is not suited to the study site.

Keyword: sugar cane, harvest, monitoring, logistics.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
2.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	7
2.2 A COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	9
2.2 A COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	12
2.3 OS CUSTOS ENVOLVIDOS NA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	16
2.3 O GERENCIAMENTO E CONTROLE NA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	20
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 MATERIAL .....	24
3.2 MÉTODOS .....	25
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
4.1 DISPONIBILIDADE PARA USO.....	26
4.2 CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIVEL.....	27
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>28</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>
<b>7 APÊNDICE.....</b>	<b>33</b>

## LISTAS

<b>FIGURA 1 – ESQUEMA DE UMA COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR E SEUS PRINCIPAIS ÓRGÃOS ATIVOS, EXTRAÍDO DE NEVES (2003).....</b>	<b>13</b>
<b>TABELA 1 – DADOS DA DISPONIBILIDADE DE USO (%).....</b>	<b>24</b>
<b>TABELA 2 – DADOS DO CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL (L/TON).....</b>	<b>24</b>
<b>GRÁFICO 1 – MÉDIA ESTATÍSTICA DA DISPONIBILIDADE (%) DAS MÁQUINAS. .....</b>	<b>27</b>
<b>GRÁFICO 2 – MÉDIA ESTATÍSTICA DO CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL DAS MÁQUINAS EM LITROS POR TONELADA DE CANA COLHIDA. ....</b>	<b>27</b>
<b>TABELA 3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA – DISPONIBILIDADE DE USO (%) .....</b>	<b>33</b>
<b>TABELA 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA – CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL (L/TON) .....</b>	<b>33</b>
<b>TABELA 5 – TESTE DE TUKEY A 5% – DISPONIBILIDADE DE USO (%).....</b>	<b>34</b>
<b>TABELA 6 – TESTE DE TUKEY A 5% – CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL (L/TON) .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar é considerado uma das primeiras atividades de importância nacional. A atividade tem grande relevância na geração de renda, empregos e divisas, principalmente quando se relaciona à exploração da referida cultura e sua transformação em açúcar, álcool e energia elétrica.

A colheita da cana-de-açúcar processou-se historicamente de forma totalmente manual ou desde o corte da base até o carregamento. Em função da legislação e da necessidade de redução de custos, as empresas do setor iniciaram o processo de mecanização da colheita.

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua apresenta vantagens e desvantagens sobre a colheita semi mecanizada. Dentre as vantagens, destacam-se: menor agressão ao meio ambiente, maior acúmulo de material orgânico sobre o solo e redução do quadro de funcionários. As desvantagens estão relacionadas principalmente com a redução na qualidade da matéria-prima (impurezas), perdas qualitativas e quantitativas e necessidade de mão de obra especializada.

O setor agroindustrial canavieiro iniciou um processo de pesquisa e desenvolvimento nas últimas décadas para se adequar ao cenário da economia nacional por meio de inovações tecnológicas.

A automação da produção agrícola, ocorrida nas últimas décadas, proporcionou algumas mudanças na estrutura dos custos dos produtos das organizações rurais. Houve uma significativa redução dos custos com mão de obra e a evolução dos custos com depreciação, manutenção de máquinas e óleo combustível.

Um problema importante nesse sistema é como controlar as informações geradas em todo o processo do corte, do carregamento e transporte, responsável por, em média, mais de 30% do custo total do setor agrícola de uma unidade produtora (DIAS DE MORAES, 2007).

São cada vez mais frequentes a utilização de soluções operacionais para controle e obtenção de informações oriundas do campo a fim de racionalizar os custos envolvidos.

Este estudo tem por objetivo analisar se o sistema de monitoramento eletrônico utilizado em colhedora de cana-de-açúcar está condizendo com proposto de reduzir custos da operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar, através da análise de dados da disponibilidade para uso, o consumo de óleo combustível e a o sistema de comunicação via GPRS utilizado para enviar dados da colhedora para a base logística da empresa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar pertence à família *Poaceae*, gênero *Saccharum*, que produz colmos, com fibras e ricos em açúcar. Na parte aérea é constituída por caule, folhas e, dependendo do ambiente, flores. Os caules são colmos, subdivididos em nós e entrenós. A parte subterrânea é formada pelo sistema radicular fasciculado, com intensa ramificação (CÂMARA, 1998 citado por SANTOS, 2012).

Originária da Nova-Guiné (Oceania) e foi levada para o sul da Ásia. Na América, Colombo levou as primeiras mudas para São Domingos em 1493. No Brasil, há indícios de que o cultivo da cana-de-açúcar seja anterior à época dos descobrimentos, mas seu desenvolvimento se deu posteriormente (MOZAMBINI, 2006 citado por SANTOS, 2012).

O cultivo iniciou-se nos séculos XVI e XVII, hegemonia do açúcar na economia colonial, em que a produção para exportação, atrelada às condições propícias de solo e clima para o desenvolvimento da cultura, caracterizou-se na principal causa de ocupação territorial brasileira (ARRUDA, 1996).

O setor consolidou-se ao longo dos últimos anos como um dos pilares da atividade agrícola brasileira. A expressiva expansão da cana-de-açúcar frente a outras culturas, tais como soja, milho e mesmo a pecuária, demonstra a dimensão econômica, política e social que o setor possui dentro do cenário nacional (MARQUES, 2009).

Caputo et al (2008) cita que a importância da cana-de-açúcar é decorrente de sua vasta utilidade, podendo ser empregada in natura, sob forma de forragem para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de melado, aguardente, rapadura e principalmente açúcar e etanol. Seus resíduos também possuem grande importância econômica, o bagaço pode ser queimado nas caldeiras e servir como combustível e o vinhoto ser transformado em adubo.



A evolução do setor sucroalcooleiro brasileiro iniciou-se na década de 60, impulsionada por um momento muito favorável de alta de preços do açúcar no mercado internacional, que levaram à extinção das cotas de exportação dos países produtores no mercado internacional, e com os recursos decorrentes desse aumento de preços foi criado o Fundo Pró-Açúcar em 1973, que financiou a modernização das usinas de açúcar, tendo como principais novidades novas moendas e outras alterações no processo de fabricação do açúcar. Na área agrícola, as criações da Coopersucar (Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo), atualmente denominada Copersucar S.A. e o Planalsucar (Programa Nacional de Melhoramento de Cana-de-Açúcar) fortaleceram as ações de campo e promoveram o desenvolvimento tecnológico, com inovações significativas. A criação de novas variedades pelos programas de melhoramento genético e de outras inovações ao sistema de produção contribuiu para um grande salto de desenvolvimento (FIGUEIREDO, 2010 citado por DINARDO-MIRANDA, 2010).

Em 1973, por ocasião do primeiro choque de petróleo e a expressiva elevação dos preços desse produto, levou o governo brasileiro a lançar o Proálcool em 1975, com o fim de estimular o aumento da oferta de etanol, a partir de uma biomassa renovável, e substituir parte do petróleo importado (FIGUEIREDO, 2010 citado por DINARDO-MIRANDA, 2010).

Pinheiro Machado (2006) relatou que o avanço tecnológico foi de fundamental importância para o Brasil enfrentar as crises do petróleo que se seguiram nas próximas décadas. O Proálcool acelerou o crescimento e o desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar em novas regiões produtoras como o Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

O ciclo do Proálcool teve fim no final da década de 80 com uma crise de governo e de confiabilidade do setor sucroalcooleiro, gerada pelo desabastecimento do vasto mercado nacional que havia sido criado. O financiamento público ao programa escasseou a partir de 1987 enquanto o mercado internacional de açúcar teve preços em ascensão. Estes fatores por um lado desestimularam a expansão e a renovação dos canaviais e, por outro lado, levaram os produtores a desviar a matéria-prima da produção de etanol para a de açúcar, visando principalmente à exportação (RODRIGUES; ORTIZ, 2006).

A cultura apresentou expressiva ascensão com o incentivo aos combustíveis renováveis e a frota de carros flex. Desacelerou seu crescimento com a crise de créditos mundiais no final de 2008 e com as informações do potencial petrolífero do pré sal (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013).

Atualmente ocupa a terceira posição em área plantada no país, ficando atrás apenas da soja e milho. A produção nacional para a safra 2012 foi de 670,75 milhões de toneladas, ocupando uma área plantada de 10,55 milhões de hectares. Em 2013 voltou a apresentar crescimento de 10,3% na estimativa de produção em relação à produção obtida em 2012. A área destinada à colheita cresceu 4,0% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013).

Hoje o país possui uma estrutura com 430 unidades industriais processadoras de cana-de-açúcar e cerca de 70 mil fornecedores da matéria-prima, gerando 1,2 milhões de empregos diretos, de acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR, 2013a). Ainda segundo a entidade, espera-se que até 2020 os investimentos no setor somem mais de R\$150 bilhões, gerando 350 mil empregos adicionais e 700 mil empregos indiretos adicionais, além da requalificação de 20 a 25 mil trabalhadores por ano, em especial no que se refere à mão-de-obra que migra do corte manual. É neste contexto que se estima a duplicação do PIB (Produto Interno Bruto) do setor, passando de atuais US\$ 48 bilhões para US\$ 90 bilhões em 2020 (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR, 2013b).

São Paulo é o estado com a maior concentração dessa cultura com 5,53 milhões de ha. O estado do Paraná é o quarto maior produtor de cana-de-açúcar, com uma área plantada de 652.041 ha e o seu cultivo acontece principalmente na região noroeste do estado. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013).

## 2.2 A COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Do ponto de vista fisiológico, a colheita representa o final do ciclo de crescimento e maturação da cultura, sendo a expressão máxima, por meio de

produtividade e concentração de açúcares, das técnicas de manejo aplicadas bem como das condições edafoclimáticas do local de cultivo. Sob a ótica operacional, independente do sistema adotado (RIPOLI, 1996 citado por SILVA; GARCIA, 2009), a colheita inicia-se com o corte da cana-de-açúcar no campo e seu respectivo transporte, e só se encerra quando a matéria-prima é finalmente entregue à moagem na unidade industrial (RIPOLI; RIPOLI, 2009).

A colheita da cana-de-açúcar pode ser realizada doze meses após o plantio, conhecida como cana de ano, quinze ou dezoito meses depois - cana de ano e meio – normalmente adotada por ficar mais tempo no campo, vegetando mais, proporcionando melhores produções em toneladas. Posterior à colheita inicial, pode-se realizar geralmente em torno de cinco cortes anuais consecutivos, denominados corte das canas socas, pois sua produtividade diminui no decorrer dos anos em maior ou menor grau, dependendo do tipo de solo, das condições climáticas, dos tratos culturais, entre outros (COELHO; ALVARENGA, 2008).

As operações de colheita de cana-de-açúcar foram classificadas por Ripoli (1996) citado por Silva; Garcia (2009) em três subsistemas distintos: manual, semi mecanizado e mecanizado. Tal classificação deve-se à existência de um sistema global que envolve o corte, o carregamento, o transporte e a recepção da matéria-prima. O subsistema mecanizado diferencia-se por as operações de corte, carregamento e transporte ocorrerem exclusivamente por meio de máquinas.

Entre todas as etapas do processo de produção da cultura da cana-de-açúcar, a colheita é um dos processos que geram um grande número de queixas contra o meio ambiente, por ser feita, muitas vezes por intermédio da queima do canavial. Além disso, com a queima do canavial, o solo permanece descoberto por um período relativamente longo, o que acelera o processo de erosão e prejudica as propriedades físicas do solo (SANTOS, 2012).

Foi acordado para 2014 e 2017 o término da queima para áreas mecanizáveis e não mecanizáveis, respectivamente. Às usinas que aderirem ao cumprimento das regras estabelecidas garantirão o selo ambiental, o qual contribuirá para facilitar a comercialização do etanol (IEA, 2008).

Ambientalmente a colheita de cana crua possui vantagens, Kirchhoff (1991) afirma que as queimadas existentes no Brasil contribuem indiretamente para o aumento do efeito estufa no planeta. Os principais gases produzidos nas queimadas são: CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub>, os quais quando encontrados em concentrações elevadas, produzem riscos à vida humana. O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico é preocupante, pois é o principal gás do “efeito estufa”.

A não queima dessas áreas para colheita traz benefícios ecológicos, principalmente porque a cana-de-açúcar é uma fonte de energia renovável e por captar CO<sub>2</sub> da atmosfera contribuindo para a diminuição do aquecimento global (ORLANDO FILHO, 2007).

Churchward, 1988 citado por Belardo, 2010 observou que o corte de cana crua quando comparada à cana com queima prévia apresenta um acréscimo de biomassa proveniente da matéria-prima em torno de 20,6%. Ripoli; Villa Nova (1992) mostrou que as colheitas de cana crua evitaram um desperdício de energia produzido pela queima de pontas, folhas verdes e palha, que representa, em média, 32,5% da biomassa produzida por um canavial.

De acordo com Dias de Moraes (2007) a produtividade da mão-de-obra no corte de cana crua manual cai consideravelmente. Segundo o autor a produtividade que, em cana com queima prévia é em média de seis toneladas por dia por empregado, fica em média de duas toneladas e meia por dia por empregado, quando a cana é cortada sem queima prévia. Concluiu que inviabiliza a adoção desta prática, ou seja, a cana crua só é rentável se colhida mecanicamente.

Galdanha Júnior et al. (1991) enfatizaram que, devido à expansão da cultura canavieira, aliada à evasão da mão-de-obra do campo, a mecanização da operação de colheita no Brasil é considerada uma opção técnica e economicamente viável.

Rodrigues (2008) encontrou valores de 3,06 US\$.t<sup>-1</sup> para o custo da colheita mecanizada de cana crua e de 7,74 US\$.t<sup>-1</sup> para a colheita manual de cana crua, observando-se redução de 60,46% em favor do custo da tonelada colhida mecanicamente.

Costa Neto (2006) adverte que a mecanização da colheita de cana-de-açúcar é inevitável, pois uma colhedora equivale a 100 cortadores, podendo chegar ao

rendimento de 15 a 20 t.h<sup>-1</sup>, comparada a 5 ou 6 t.dia<sup>-1</sup> por pessoa. O autor afirma ainda que programas educacionais e de qualificação profissional são essenciais, assim como políticas públicas objetivas para minimizar reflexos do êxodo rural que provavelmente ocorrerá nos próximos anos.

Ripoli et al. (2001) destacaram que a importância da colheita mecanizada da cana-de-açúcar é evidenciada por dois aspectos principais: tecnologia disponível para substituir o corte manual e o aumento do desempenho das operações de colheita, com a consequente redução de custos.

## 2.2 A COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A primeira cortadora autopropelida para cana-de-açúcar foi fabricada em 1906, nos Estados Unidos da América, no estado do Hawaii (RIPOLI; RIPOLI, 2009). Porém, somente em 1937 este país implementou o primeiro programa completo de corte mecânico conjuntamente com equipamentos para separação de terra e pedras, antes de enviar o material às usinas.

No final da década de 50 surge na Austrália, um novo conceito que solucionou a mecanização da colheita da cana-de-açúcar, ou seja, a máquina que corta, pica, limpa e carrega a matéria-prima, ou colhedora combinada (PINTO, 1976). Essas máquinas vieram substituir o sistema de corte mecânico de cana inteira em 1960. Nos anos 60 a Massey Ferguson introduziu no Brasil a primeira colhedora que fazia a operação de corte, picagem e carregamento, importada da Austrália. Na década de 70, com a adesão a nova tecnologia, o sistema de colhedora combinada detinha 95% da mecanização da colheita na Austrália e, logo depois, se difundiu para outros países (PINTO, 1977).

Assim como na Austrália, a introdução em escala comercial das primeiras colhedoras combinadas automotrizes no Brasil aconteceu na primeira metade da década de 70 com a marca australiana Toft. No ano de 1995, já com o nome de Austoft no Brasil, foi lançado a primeira colhedora combinada automotriz para colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia (NEVES, 2003).

Atualmente, no Brasil, são utilizadas com maior freqüência as colhedoras combinadas automotrizes de cana picada. Nesse tipo de máquina, a cana passa por várias etapas dentro da colhedora, desde o momento do corte basal até o carregamento no veículo de transporte. Durante a colheita, a máquina (Figura 1), é posicionada em uma fileira de cana e quando se inicia o deslocamento da colhedora, os ponteiros da cana-de-açúcar são cortados pelo cortador de pontas. O sistema de alimentação é constituído pelos divisores de linhas, rolo alimentador e tombador, que direcionam a fileira de cana para o corte. O corte de base é realizado por dois discos rotativos com lâminas, e o recolhimento e transporte interno das canas inteiras é realizado por rolos alimentadores e transportadores. O corte da cana em rebolos é feito pelos picadores e a retirada das impurezas (limpeza) pelo extrator primário. Em seguida, os rebolos são elevados pelo elevador de taliscas e na parte superior, antes do descarregamento dos rebolos, ocorre uma segunda limpeza pelo extrator secundário (NEVES, 2003).

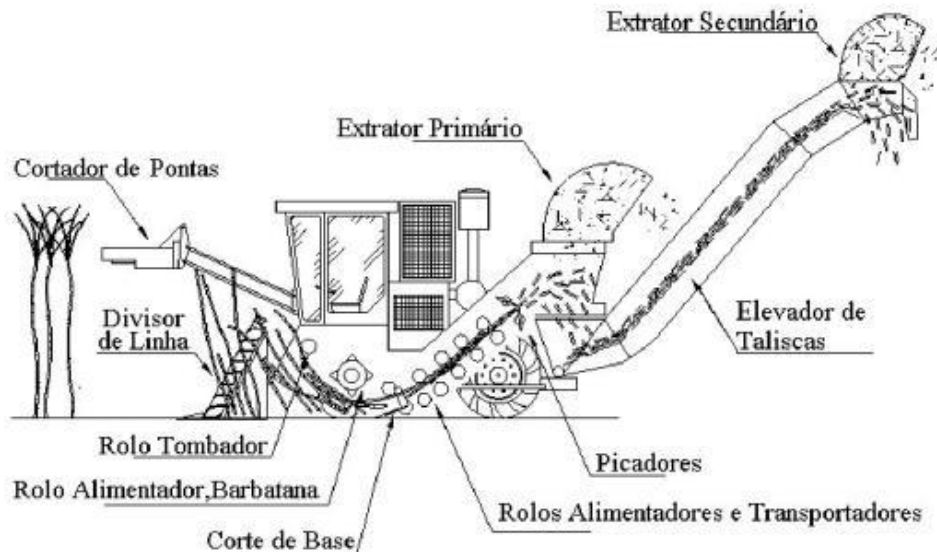


Figura 1 – Esquema de uma colhedora de cana-de-açúcar e seus principais órgãos ativos, extraído de Neves (2003)

Os colmos picados de cana-de-açúcar em forma de rebolos passam pela colhedora e sendo descarregados em unidades de transbordos que são tracionados por tratores de rodas ou caminhões adaptados. O transbordo possui sistema

hidráulico que permite o auto descarregamento em caminhões ou carretas que são destinadas ao transporte para a usina (OLIVEIRA, 2012).

Os fatores que se referem à máquina e características do projeto são avaliados pela eficácia e eficiência dos sistemas de colheita mecânica da cana-de-açúcar e devem levar em conta não só a quantia de matéria-prima colhida, mas também a qualidade do trabalho desempenhado pela máquina (CARVALHO FILHO, 2000).

A adoção do sistema mecanizado de colheita de cana picada introduziu certos inconvenientes, tais como aumento dos índices de impurezas na carga, que implicam a redução da qualidade tecnológicas da matéria-prima fornecida para moagem e perdas de cana no campo (MAGALHÃES; BRAUNBECK, 1998 citado por SILVA; GARCIA, 2009).

Lopes (1995) cita que a colheita de cana-de-açúcar é atividade complexa, custosa e que para planejamento devem ser considerados fatores edafoclimáticos, vegetativos e de disponibilidade de recursos.

O canavial pode apresentar longevidade reduzida quando a colheita é mecanizada. Tal prática influencia na rebrota, tornando-a irregular ou deficiente, em função do esmagamento de colmos, da altura inadequada de corte, da remoção de soqueiras e da compactação. De acordo com Nussio; Schmidt (2006), esses fatores são agravados pela manutenção inadequada das facas desgastadas das colhedoras devido à robustez da cana-de-açúcar. Os autores comentam, ainda, que a perda na eficiência do corte prejudica as touceiras por esmagamento e por maceração de colmos, promovendo remoções indevidas.

Kroes, 1997 citado por Silva, 2009 mostrou que, com o presente desenho do cortador de base, é impossível evitar tais perdas e danos. Portanto, os atuais cortadores de base das colhedoras de cana, além de causarem um alto volume de perdas de cana, também provocam redução na produtividade potencial devido aos danos ocasionados na soqueira.

De Léon (2000) em estudo de análise de duas colhedoras de cana verificou que na medida em que houve aumento na velocidade da colheita ocorreu diminuição

de perdas na forma de frações de rebolos, sendo que estes macerados em ambas as extremidades podem contribuir para a deterioração mais rápida da matéria-prima.

Segundo Ripoli; Ripoli (2009) a velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar é influenciada diretamente pelas condições da cultura e do terreno. Geralmente, as colhedoras podem trabalhar com velocidade de até 9,0 km.h-1, mas atualmente, não tem ultrapassado 4,0 a 6,0 km.h-1, possivelmente devido à falta de sistematização dos talhões, voltados à colheita mecanizada. Maiores velocidades em talhões não adequadamente sistematizados levam inevitavelmente ao aumento de perdas de matéria-prima. A velocidade deve ser ajustada em função das características do talhão no que diz respeito à sistematização, porte do canavial e a produtividade agrícola estimada.

Nery (2000) estudou o desempenho econômico e operacional de colhedora de cana crua e concluiu que houve aumento nas capacidades efetiva bruta e operacional, à medida que se elevou a velocidade de deslocamento da colhedora. O aumento da velocidade da colhedora aumentou o consumo de combustível por hora (L.h-1), porém diminuiu o consumo de combustível por tonelada de cana colhida (L.t-1) trazendo benefícios de ordem econômica. O aumento da velocidade não influenciou a qualidade tecnológica de matéria-prima colhida (eficácia de manipulação) nem provocou o aumento de quantidade de matéria estranha total (vegetal e mineral), mas aumentou a quantidade de perdas nas velocidades acima de 5,0 km.h-1.

Neves et al. (2006), através dos resultados obtidos em pesquisa, afirmou que o baixo desempenho das colhedoras, expresso pelos altos índices de perdas de matéria-prima, ou a baixa eficiência de limpeza não está associado diretamente à velocidade de deslocamento da colhedora ou ao potencial de produção do canavial. Este desempenho está relacionado ao gradiente do fluxo de ar na câmara de limpeza, que apresenta grande variação na velocidade do ar, interferindo na capacidade de limpeza da colhedora e, por conseqüência, nas perdas totais.

A tentativa de reduzir os índices de matéria estranha na cana colhida, aumentando-se a rotação dos extratores das colhedoras, pode elevar as perdas de matéria-prima para níveis inaceitáveis economicamente. Por outro lado, o sistema de extratores, responsável pela maior demanda de potência disponível no motor, é o



ponto principal de ocorrência de perdas de matéria-prima (YOUNGER, 1980 citado por SCHMIDT JUNIOR, 2011).

Magalhães et al (2006) cita que de acordo com medições feitas pelo CTC (Centro de Tecnologia Canavieira), 10% da matéria-prima colhida é perdida no campo quando o corte é mecanizado, representando prejuízo da ordem de US\$ 450 milhões por ano.

Ripoli; Ripoli (2009) definem, com base em vários autores, que o desempenho operacional de colhedoras de cana-de-açúcar é o conjunto de atributos que determinam o grau de habilitação da máquina para a execução da operação de colheita, cuja caracterização abrange aspectos de capacidade de colheita, qualidade do processamento do produto colhido (perdas e matéria estranha), funcionalidade mecânica e ergonomia e segurança.

### 2.3 OS CUSTOS ENVOLVIDOS NA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O processo de colheita da cana-de-açúcar é o principal componente do custo operacional de produção, representando cerca de 40% do total (PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS, 2012). Considerando que a matéria-prima representa em torno de 60% de custo de produção do açúcar e etanol (CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006), nota-se que a colheita é um dos maiores, senão o maior, dispêndio da cadeia sucroalcooleira como um todo.

A Ciência Contábil interage nesse contexto, gerenciando os objetivos de desempenho, assim como o custo benefício da mecanização agrícola participando e influenciando diretamente as estratégias de competitividade pela melhor eficácia e produtividade (VIEIRA, 2005 citado por VIEIRA, 2013).

A modernização da atividade agrícola esta relacionada, a investimentos em máquinas, equipamentos e dispositivos que ajudam a produção a transformar

materiais, informações e consumidores, de forma a agregar valor e atingir os objetivos de produtividade e lucratividade (VIEIRA, 2005 citado por VIEIRA, 2013).

Estas inovações no processo de produção têm reflexos diretos na composição dos custos de produção repercutindo no sistema de custos da propriedade (VIEIRA, 2005 citado por VIEIRA, 2013).

Itens de custos que em outros tempos eram significativos em termos de valores, hoje podem se apresentar sem maior importância. Outros itens que antes inexistiam ou eram insignificantes, passam a ser fundamentais na composição do custo total de produção (VIEIRA, 2005 citado por VIEIRA, 2013).

O setor agrícola tem se deparado com um rápido aumento nos custos dos insumos o que ocasiona a redução na rentabilidade do negócio. Uma análise crítica dos custos envolvidos e a definição das prioridades para minimizá-los, sem que isso afete a produtividade das culturas, é uma forma de se evitar a perda da rentabilidade. O sistema mecanizado agrícola, conjunto de equipamentos, máquinas e implementos que realizam os processos de implantação, condução e retirada das culturas comerciais, pode ser considerado como um ponto estratégico para se atuar na redução dos custos. (MOLIN; MILAN, 2002 citado por GONÇALVES; STAPE, 2002).

O desempenho econômico da maquinaria agrícola envolve o cálculo do custo direto e indireto e o operacional. Os custos diretos são aqueles associados à posse e ao uso, os indiretos são aqueles devidos a um dimensionamento inadequado e o operacional está associado à capacidade de trabalho do conjunto ou máquina. A mão de obra do operador pode ser acrescentada ao custo direto de duas formas. A primeira, se o operador tem como função exclusiva a operação do conjunto/máquina, o custo incide totalmente para a máquina; a segunda, se ele exerce outras atividades a divisão poderá ser proporcional ao tempo que ele despense na máquina e na outra atividade (MOLIN; MILAN, 2002 citado por GONÇALVES; STAPE, 2002).

O custo direto ou horário, é classicamente dividido em custos fixos e variáveis. Os custos fixos independem do uso da máquina, englobando a depreciação, juros o alojamento seguro etaxas. O custo variável dependendo uso, e

reflete os gastos com o combustível, o reparo e manutenção (MOLIN; MILAN, 2002 citado por GONÇALVES; STAPE, 2002).

Em termos anuais o custo é considerado como fixo, mas à medida que as horas de utilização variam o custo fixo horário e custo específico, passa a depender do número de horas de utilização ao ano. É devido a esse fato que existe a importância de se planejar adequadamente não só o número de equipamentos, mas também o seu porte, pois uma máquina mal utilizada em termos de horas por ano pode se transformar em um pesado ônus financeiro para a atividade. O custo variável é calculado levando-se em conta o gasto com combustível e aqueles referentes aos reparos e manutenção. Eles são contabilizados quando a máquina encontra-se em uso, embora mesmo uma máquina parada, como o caso de um trator colocado sobre um cavalete, deva sofrer alguma espécie de manutenção. Os custos variáveis podem ser influenciados pelo local de trabalho, habilidade do operador, manutenção e regulagem da máquina (MOLIN; MILAN, 2002 citado por GONÇALVES; STAPE, 2002).

Para se obter o custo despendido com o combustível é necessário estimar o consumo horário da máquina. Os dados coletados a campo são inquestionavelmente a melhor maneira, porém exigem uma anotação contínua e precisa dos serviços realizados. A alteração do tipo de máquina ou do local pode inviabilizar a aplicação dos dados coletados para outra situação (MOLIN; MILAN, 2002 citado por GONÇALVES; STAPE, 2002).

Os reparos e as manutenções são essenciais para garantir o desempenho e a confiabilidade de uma máquina ou implemento agrícola. O cálculo desse item envolve o custo referente às peças e a mão de obra necessária ao longo da vida útil (MOLIN; MILAN, 2002 citado por GONÇALVES; STAPE, 2002).

A lógica é que quanto maior o valor inicial da máquina maior será o custo da manutenção e os valores calculados são constantes ao longo da vida útil. O valor constante, referente ao reparo e manutenção, não expressa à realidade, pois no início da vida útil da máquina esses valores são pequenos e tendem a aumentar com as horas de utilização. É importante ressaltar que o valor exato dos reparos e manutenção só pode ser obtido ao final da vida útil da máquina (MOLIN; MILAN, 2002 citado por GONÇALVES; STAPE, 2002).

Ressalta-se que são várias as publicações que trazem a ideia de que com a revolução tecnológica foram reduzidos os custos diretos (variável) e conseqüentemente aumentados os custos indiretos (muitos deles classificados como fixos).

Segundo Ching (1995) para mais de 60% do setor produtivo, neste caso a atividade rural, a relação dos custos indiretos sobre os custos totais é de até 30%. A justificativa para essa afirmação baseia-se na ideia de que, na medida em que aumenta a participação dos ativos de produção, notadamente o imobilizado técnico, tende a aumentar os custos classificados como indiretos. Isso por que aumentam as cargas de depreciação, de mão-de-obra indireta, com manutenção, seguros, pesquisa, energia, ou seja, todos os custos decorrentes da automação.

Devido ao custo do corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar, algumas usinas e destilarias realizaram a estratégia de terceirização total ou parcial da frota para a realização dessa operação. As empresas que optaram pela terceirização justificam que com tal prática exista a possibilidade da empresa reduzir custo operacional, reduzir ativos e direcionar recursos financeiros para outras prioridades no processo agroindustrial. Porém, devido aos diferentes arranjos administrativos entre as usinas e destilarias, que resultam em divergências entre o custo interno versus preços externo, pode ocorrer que em alguns casos, a terceirização das operações pode não ser viável. As empresas que realizam a operação estratégica para a manutenção da lavoura, pois a qualidade da colheita é vital para longevidade do canavial (RODRIGUES, 2006).

Neste tipo de atividade produtiva, o custo final é composto, preponderantemente por custos originados dos insumos utilizados na produção e na posse, utilização e conservação de bens duráveis (depreciações, juros sobre o capital investido, prêmios de seguros, gastos com combustíveis, manutenção e conservação) (VIEIRA, 2005 citado por VIEIRA, 2013).

Informações acerca da capacidade operacional são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando nas decisões a serem tomadas pela administração, visando a sua otimização. A habilidade de uma máquina para desempenhar eficientemente sua função, trabalhando em qualquer ambiente, é um critério importante que afeta decisões sobre o seu gerenciamento.

### 2.3 O GERENCIAMENTO E CONTROLE NA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O gerenciamento da frota de máquinas tem se tornado cada vez mais importante no planejamento, execução e controle das operações agrícolas por estar diretamente relacionado com a capacidade de combinar terra, trabalho e capital para a obtenção de um retorno com lucro satisfatório (SCHLOSSER, 1998 citado por SICHONANY, 2012).

O estudo das operações agrícolas, levando-se em conta a capacidade de trabalho e a eficiência de campo, visa a racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas na execução dos trabalhos (VIEIRA; BRIZOLLA, 2009).

Assim, é conveniente determinar o comportamento das máquinas em operação, observando de maneira mais rigorosa detalhes como consumo de combustível, velocidade da operação e largura de trabalho da máquina.

Segundo Alvarenga, A.R. (2008), os produtores que se instrumentalizaram em informática, que buscaram os princípios de qualidade total, que controlaram custos de produção estão aptos a tomadas de decisões administrativas com possibilidade de efeitos reais no desempenho de sua empresa rural. Este tipo de produtor já possui subsídios, já possui embasamento de qualidade para levar seu negócio a melhores patamares de produtividade e, principalmente, de lucratividade.

Um dos meios para alcançar esses objetivos são máquinas, equipamentos e processos com alta eficiência e efetividade, formando vários subsistemas que devem interagir através de fluxos de informações. Para tal, faz-se necessário um grande número de informações que só será possível com os avanços obtidos no processamento computacional. Os desafios são transformar dados em informações e conhecimentos que poderão ser utilizados para tomada de decisões (SICHONANY et al, 2011, p.1774).

A aquisição de dados é um dos principais problemas enfrentados por administradores de propriedades rurais e pesquisadores responsáveis pela realização de testes de máquinas (GARCIA, 2003).

Machado (2007) define a importância dos dados com um sistema de aquisição eletrônico. A fim de qualificar e analisar corretamente a relação máquina agrícola-solo, faz-se necessária à aquisição de dados que sejam ao mesmo tempo precisos confiáveis e de fácil e rápida obtenção. Tal tarefa é facilitada por meio da utilização de equipamentos eletrônicos, como sensores, meios de armazenamento e transmissão dos dados coletados, os quais devem basear-se em três princípios básicos: precisão adequada, custo acessível e boa robustez.

Um sensor é como um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou a um sinal (OGATA, 2003). Eles podem ser considerados como componentes eletrônicos capazes de detectar a aproximação de um objeto sem a necessidade de contato físico entre sensor e o acionador.

Segundo Wendling (2006), o sensoriamento é uma terminologia generalista que reflete a distância relativa do sensor ao elemento sob observação. Pode-se dizer também que sensoriamento é a operação de obtenção de informações da superfície e subsuperfície de um objeto a partir de sensores.

Os sensores localizados nas máquinas colhedoras são utilizados para coletar dos dados da rotação do motor, a temperatura e nível de óleo e água, a pressão do óleo, o ângulo do elevador de rebolos e de rotação da esteira do elevador. Suficientes para analisar o comportamento operacional da máquina.

No caso do presente estudo, somente os dados coletados pelo sensor da rotação do motor foi utilizado, pois está diretamente relacionado ao consumo do óleo combustível, tido como um dos insumos mais utilizados e de alto valor monetário, ou seja, o insumo que mais influencia os custos gerados pela máquina e também pelo motivo da informação de disponibilidade operacional.

Toda saída de informação do sensor gera dados com importância para a aplicação, portanto é imprescindível que os dados gerados sejam capturados e armazenados de forma temporários ou até permanente, para que possam ser utilizados com as mais diversas funcionalidades (SANTOS, 2010).

Um datalogger (registrador de dados), e como um gravador de dados eletrônicos, que armazena os dados de sensores em um intervalo de tempo pré-definido, conforme uma lógica de programação interna ou ainda conforme um

comando externo (RUSSINI, 2009). De maneira geral, o datalogger utiliza um circuito eletrônico, baseado em um microprocessador para controle e memórias de armazenamento de dados.

Geralmente o datalogger são pequenos e alimentados por baterias. Através de portas de comunicação, é possível fazer a aquisição dos dados armazenados para um computador, por exemplo, onde os dados podem ser analisados e tratados convenientemente. Alguns dataloggers possuem ainda uma interface com LCD (Display de Cristal Líquido) e um teclado para facilitar a programação, alteração de parâmetros e visualização dos dados armazenados (MACHADO, 2007).

Considerando que os dados gerados por um sensoriamento têm uma quantidade considerada pequena até mesmo para transmissões com baixas taxas de transferência de dados, a telemetria permite a coleta de dados em tempo real, e em locais de difícil acesso, agiliza assim o processo de aquisição das informações. Permite, ainda, a possibilidade de fornecer conectividade entre vários tipos de subsistemas, pois visa não somente a uma forma de ofertar serviços ao usuário, mas também a melhoria na maneira de fazer o gerenciamento das informações com segurança. (SANTOS, 2010).

Santos (2004) define que existem diversos meios de comunicação os quais tem sido utilizado para suportar as aplicações de telemetria, incluindo micro-ondas, rádio privado, linhas telefônicas, rede elétrica, satélite e sistemas de rede proprietárias.

Todas as tecnologias que envolvem rádio frequência segue o mesmo princípio de transmissão, mas têm características diferentes umas das outras por serem desenvolvidas com objetivos diferentes. As características estão relacionadas aos protocolos de comunicação que organizam a comunicação entre os pontos, bem como às frequências que definem tipos de licença e potências de transmissão com equipamentos específicos para essa tecnologia (SANTOS, 2010).

A rede de telefonia móvel, também conhecida como GSM (Global System for Mobile Communications), promove toda infraestrutura para ofertar o serviço de transmissão de dados com maior ou menor taxa de transmissão nos mais diversos lugares, inclusive os de difícil acesso. Para isso, utiliza-se de operadoras de

telefonia celular que mantêm a concessão de serviços em todo o mundo (CARAM, 2008).

O protocolo GPRS (General Packet Radio Service) é uma tecnologia de dados disponível em redes GSM, cuja taxa de transmissão de dados típica é de 26 a 40 kbit/s por meio de pacotes trafegados na rede e não por tempo de conexão. Outra vantagem é como a conexão não é mais discada, não ocupa a linha, mantendo-a ela livre para efetuar e receber ligações normalmente (CARAM, 2008).

A rede GPRS permite a funcionalidade completa dos principais recursos de redes TCP/IP no que se refere à conexão com a Internet de forma móvel. Isso se dá por disponibilizar interoperabilidade entre a Internet existente e as novas redes GPRS. Qualquer serviço atualizado na Internet, tais FTP, navegação na Web, chat, e-mail, telnet, conexões TCP e UDP estão disponíveis nesse modelo de rede móvel, tomando assim a tecnologia uma provedora de soluções para internet (LOPES, 2008)

Seu sucessor o EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) é a evolução imediata do GSM/GPRS, que possui uma taxa de transmissão três vezes maior, pois a mesma quantidade de dados que ocuparia três espaços de tempo na rede GPRS, ocupa apenas um na rede EDGE, com taxa de transmissão de dados típica de 100 a 130 kbit/s (CARAM, 2008).

O UMTS é o padrão de terceira geração aceito para as operadoras GSM, a evolução GSM para os serviços de dados sem fio de alta velocidade da Terceira Geração (3G), adotada no mundo inteiro como principal padrão sem fio. Portanto, apresenta uma evolução das redes móveis GSM de Segunda Geração (2G), em termos de capacidade, velocidade e serviços novos. Dentre suas principais características, apresenta a velocidade de até 2 Mbps e velocidade média de 220-320 kbps para UMTS (CARAM, 2008).



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

O estudo foi realizado em uma usina processadora de cana-de-açúcar no município de Teodoro Sampaio, estado de São Paulo.

Foram coletados os dados de oito colhedoras da marca John Deere – modelo 3520. Quatro possuem o sistema de monitoramento eletrônico e as outras quatro não apresentam o respectivo sistema.

Os dados utilizados para a análise da disponibilidade da colhedora para a atividade e o consumo de óleo combustível foram gerados através do banco de dados do sistema de controle computacional utilizado pela empresa, do período de 01/07/2013 à 31/07/2013 e são mostrados conforme tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Dados da Disponibilidade de Uso (%)

<b>Disponibilidade de Uso (%)</b>				
Tratamentos	Repetições			
	1	2	3	4
Com sistema	88	90	91	92
Sem sistema	93	87	87	88

Tabela 2 – Dados do consumo de óleo combustível (l/ton)

<b>Óleo combustível (l/ton cana)</b>				
Tratamentos	Repetições			
	1	2	3	4
Com sistema	1,28	1,05	1,61	1,15
Sem sistema	1,42	1,07	1,95	1,08

A verificação da qualidade do uso do sistema de comunicação GPRS foi feito através de dados gerados na interface do sistema que monitora eletronicamente as máquinas.

### 3.2 MÉTODOS

Os dados obtidos foram submetidos ao programa computacional STATISTICA 6 para análise de variância e comparação pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de comunicação GPRS utilizado para enviar dados da colhedora para a base logística apresentou problemas, principalmente pelo fato da maioria das áreas de colheita não estarem em locais que apresentam antenas receptoras e transmissoras que atendam a demanda de transmissão dos dados.

A falta do envio dos dados comprometeu a quantidade e qualidade das informações para que a base logística da usina de cana-de-açúcar pudesse realizar a gestão operacional dos equipamentos de forma eficaz.

Os aparelhos *dataloggers*, localizados na cabine de comando das máquinas, frequentemente apresentaram problemas eletrônicos e dificultavam a gravação e a coleta de dados dos sensores, necessitando constante manutenção.

Os dados numéricos, relacionados à disponibilidade para uso e consumo de óleo combustível, estão detalhados nos tópicos em sequência.

### 4.1 DISPONIBILIDADE PARA USO

Ao ser analisado o parâmetro de disponibilidade para uso, não se observou diferenças estatísticas ao nível de 5%, das máquinas que possuem o sistema de monitoramento eletrônico (MCSM) das máquinas que não possuem (MSSM), mesmo que MSSM apresente disponibilidade menor que MCSM, conforme pode ser observado no gráfico 1.

Os detalhes dos cálculos de análise de variância e teste de Tukey, pode ser observado no apêndice (Tabela 3 e 5).

A disponibilidade é informada em porcentagem, sendo consideradas 22 horas e 30 minutos o total máximo, ou seja, 100% de disponibilidade.

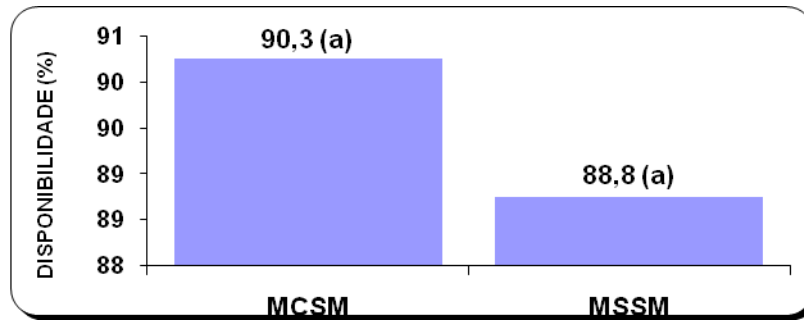


Gráfico 1 – Média estatística da disponibilidade (%) das máquinas.

#### 4.2 CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTIVEL

Ao ser analisado o parâmetro de consumo de óleo combustível por tonelada de cana colhida, não se observou diferenças estatísticas ao nível de 5%, entre MCSM e MSSM, mesmo que MSSM apresente consumo de óleo combustível maior que MCSM (Gráfico 2).

Os detalhes dos cálculos de análise de variância e teste de Tukey, pode ser observado no apêndice (Tabela 4 e 6).

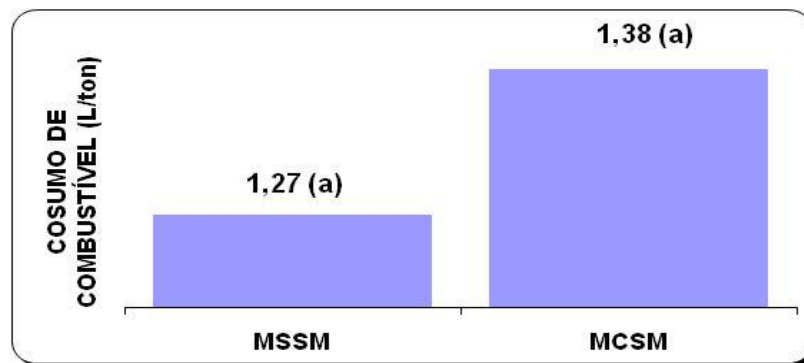


Gráfico 2 – Média estatística do consumo de óleo combustível das máquinas em litros por tonelada de cana colhida.

## 5 CONCLUSÕES

O sistema de monitoramento eletrônico de máquinas será uma realidade cada vez mais presente na colheita mecanizada da cana-de-açúcar, pois apresenta um objetivo claro e tangível de melhoria na gestão da colheita mecanizada e consequentemente a redução de custo de operação. Porém, através dos resultados obtidos e observação a campo, ainda é necessário o desenvolvimento geral do sistema a fim de encontrar soluções para assegurar a transmissão contínua de dados em tempo real e a confiabilidade dos equipamentos ligados ao sistema.

O desenvolvimento do sistema em conjunto aos usuários e sua capacitação para a operação é imprescindível, pois estes apresentam o conhecimento operacional do negócio e tornará a evolução do sistema mais rápida.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, A.R.; COELHO, M.M.G. **Sistema para controle da gestão do carregamento transporte de cana-de-açúcar**. Monografia (Graduação em Tecnólogo em Informática) – Faculdade de Tecnologia de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, 2008

ARRUDA, J.J.A. **História: moderna e contemporânea**. São Paulo: Ática, 1996. 472 p.

BELARDO, G.C. **Avaliação de desempenho efetivo de três colhedoras em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) sem queima**. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CAPUTO, M.M. et al. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.1, p. 15-23, 2008.

CARAM, V.O. **Gerenciamento do espectro de frequências, otimização e compartilhamento de rede móvel em múltiplas tecnologias**. 2008. 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília 2008.

CARVALHO FILHO, S.M. **Colheita mecanizada: desempenho operacional e econômico em cana sem queima prévia**. 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CHING, H. Y. **Gestão baseada em custeio por atividades**. São Paulo: Atlas, 1995. 184 p.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. Piracicaba, 2006. 112p.

COSTA NETO, J. D. A cana em tempo bom. **Revista CREA-PR**, Curitiba, n. 41, p.16-19, out. 2006.

DE LÉON, M.J. **Avaliação de desempenho operacional de duas colhedoras de cana (*Saccharum spp*) crua**. 2000. 111 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DIAS de MORAES, M.A.F. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. **Estudo Econômico**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 875-902, out./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ee/v37n4.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2013.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A.. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. p. 40.

GADANHA JÚNIOR, C.D.; MOLIN, J.P.; COELHO, J.L.D.; YAHN, C.H.; TOMIMORI, S.M.A.W. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: Manole, 1991. 468p.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 13. p.409-436.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 18 ago. 2013.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. Índice de mecanização na colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e nas regiões produtoras paulistas, Junho de 2007. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v.3, n.3, mar. 2008.

KIRCHHOFF, V.W.J.H. **As queimadas da cana**. São José dos Campos: Transtec, 1991. 92p.

LOPES, M.B. **Simulação de um sistema de carregamento e transporte de cana-de-açúcar**. 1995. 143 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

LOPES, W.L. **Sistema de telemetria e automação remota utilizando a rede GSM/GPRS**. 2008. 64f .Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Luterana do Brasil, Gravataí, 2008.

MACHADO, A.L.T. **Sistema eletrônico para aquisição de dados em máquinas agrícolas**. BioEng. 2007. Disponível em: <[http://www.ct.unicamp.br/documentos/bioeng3/6\\_RENATO26-1.pdf](http://www.ct.unicamp.br/documentos/bioeng3/6_RENATO26-1.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2013.

MAGALHÃES, P.S.G.; BALDO, R.F.G.; CERRI, D.G.P. Sistema de sincronismo entre a colhedora de cana-de-açúcar e o veículo de transbordo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 274-282, 2008.

MARQUES, P.V. (Coord.). **Custo de produção agrícola e industrial de açúcar e álcool no Brasil safra 2007/2008**. Piracicaba: Esalq-USP, 2009. 104p. Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA.

NEVES, J.L.M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. 2003. 223 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; MORAES, E.E.; ARAÚJO, F.V.M. Avaliação de perdas invisíveis na colheita mecanizada em dois fluxos de massas de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 787-794, set./dez. 2006

NERY, M.S. **Desempenho operacional e econômico de uma colhedora em cana crua**. 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P. **Tecnologia de produção e valor alimentício**. Disponível em: <[http://www.guabi.com.br/rc/bovinos\\_corte](http://www.guabi.com.br/rc/bovinos_corte)>. Acesso em: 3 ago. 2013.

OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 4. ed. São Paulo: Prentice-Hall do Brasil, 2003.

OLIVEIRA, M.P. **Dimensionamento operacional e econômico de um sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar**: estudo de caso. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

ORLANDO FILHO, J. **A produção da cana**. 2007. Disponível em: <<http://www.palazo.pro/cana/archives/net>>. Acesso em: 5 ago 2013.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil: Acompanhamento da safra 2012/2013 na região Centro-Sul**. Piracicaba: Esalq-USP, 2012. 47p. Relatório apresentado à Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA.

PINHEIRO MACHADO, F.B. **Brasil, a doce terra**: história do setor. 2006. Disponível em: <[https://www.jornaldacana.com.br/conteudo/noticias.asp?id\\_materia=8541](https://www.jornaldacana.com.br/conteudo/noticias.asp?id_materia=8541)>. Acesso em: 12 ago. 2013

PINTO, L.A.R. Colheita de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.39, n.4, p. 38-51, abr. 1977.

PINTO, L.A.R. Desenvolvimento na colheita de cana-de-açúcar. **Agricultura de Hoje**, Rio de Janeiro, v.2, n.20, p. 305-355, 1976.

RIPOLI, T.C.C.; CARVALHO FILHO, S.M.; MOLINA JÚNIOR, W.F.; RIPOLI, M.L.C. Desempenho econômico de colhedora, em cana crua. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 12, número único, p. 1-5, 2001.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. 2. ed. Piracicaba, 2009. 333p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: impactos ambientais, sociais e econômicos. Cidade de Publicação: Embrapa monitoramento por satélite, 2010. 45p. (Documentos, 77).

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil**. Disponível em: <[http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol\\_sustentabilidade.pdf](http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2013.

RODRIGUES, E. B. **Comparação técnico-econômica da colheita de cana-de-açúcar na região de Bandeirantes – PR**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RODRIGUES, L. **O processo de terceirização e a presença de arranjos institucionais distintos na colheita da cana-de-açúcar**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.



RUSSINI, A. **Projeto, construção e teste de instrumentação eletrônica para avaliação dos desempenhos de tratores agrícolas**. 2009. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SANTOS, D.S. **Rastreamento e telemetria de veículos usando a comunicação de dados de alta velocidade disponível na telefonia celular**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Eletrônica e Computação) – Departamento de Engenharia Eletrônica e Computação, Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 2004.

SANTOS, P.M. dos. **Modelagem do desempenho em tração de conjuntos mecanizados visando ao dimensionamento do trator**. 2010. 161 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SANTOS, E.C. **Colheita mecanizada de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sem queima prévia: análise de parâmetros de desempenho efetivo**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SCHMIDT JUNIOR, J.C. **Avaliação de desempenho efetivo de colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SICHONANY, O.R.A.O.et al. Telemetria na transmissão de dados de desempenho máquinas agrícolas utilizando tecnologias GSM/GPRS e ZigBee. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.8, p.1430-1433, ago. 2012.

SILVA, F.I.C.; GARCIA, A. Colheita mecânica e manual de cana-de-açúcar: histórico e análise. **Nucleus**, Ituverava, v.6, n.1, p.233-248, abr. 2009. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4033681.pdf>>. Acesso em: 10 ago 2013.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR. **Os desafios do setor sucroenergético e o “movimento + etanol”**. Multimídia. Apresentações. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/multimedia/apresentacao/>>. Acesso em: 15 ago. 2013a.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR. **Retomada do crescimento e conscientização sobre o etanol: prioridades do setor sucroenergético para 2012 e além**. Multimídia. Apresentações. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/multimedia/apresentacao/>>. Acesso em: 15 ago. 2013b.

VIEIRA, E.P.; BRIZOLLA, M.M. **A influência da mecanização da atividade agrícola na composição do custo de produção**. Disponível em: <[http://www.furb.br/congressocont/\\_files/CCG%20152.pdf](http://www.furb.br/congressocont/_files/CCG%20152.pdf)> . Acesso em: 10 ago. 2013.

WENDLING, R.F. **Técnicas de sensoriamento**. 2006. 43 p. Disponível em: <<http://s2i.das.ufsc.br/tikiwiki/apresentacoes/tecnicas-sensoreamento.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2013.

## 7 APÊNDICE

Tabela 3 – Análise de variância – Disponibilidade de Uso (%)

<b>Análise de variância</b>	<b>Delineam.: Inteiramente causalizado</b>				
	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Causas					
Tratamentos	1	4,50	4,50	0,81	0,4039
Resíduo	6	33,50	5,58		
Total	7	38,00			

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

Média geral	89,50
Desvio-padrão	2,36
Diferença mínima significativa	4,09
Coeficiente de variação %	2,64

Tabela 4 – Análise de Variância – Consumo de óleo combustível (l/ton)

<b>Análise de variância</b>	<b>Delineam.: Inteiramente causalizado</b>				
	GL	SQ	QM	F	Prob{>F}
Causas					
Tratamentos	1	0,02	0,02	0,20	0,6699
Resíduo	6	0,69	0,12		
Total	7	0,71			

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

Média geral	1,33
Desvio-padrão	0,34
Diferença mínima significativa	0,59
Coeficiente de variação %	25,59

Tabela 5 – Teste de Tukey a 5% – Disponibilidade de Uso (%)

**Teste de Tukey a 5%**

Tratamentos	Médias	Signif
Com sistema	90,25	a
Sem sistema	88,75	a

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Tabela 6 – Teste de Tukey a 5% – Consumo de óleo combustível (l/ton)

**Teste de Tukey a 5%**

Tratamentos	Médias	Signif
Com sistema	1,38	a
Sem sistema	1,27	a

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.