Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Manutenção Produtiva Total	(Total Productive Main	tenance): estudo
de caso na colheita mecaniza	da de cana-de-acúcar	(Saccharum spp.)

Paulo de Tarso Neves

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Máquinas Agrícolas

Piracicaba 2011

Paulo de Tarso Neves Engenheiro Industrial Mecânico

Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance): estudo de ca	iso na
colheita mecanizada de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)	

Orientador:

Prof. Dr. TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Máquinas Agrícolas

Piracicaba 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Neves, Paulo de Tarso

Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance): estudo de caso na colheita mecanizada de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) / Paulo de Tarso Neves. - - Piracicaba, 2011.

99 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Biomassa 2. Cana-de-açucar 3. Colhedoras 4. Colheita 5. Desempenho operacional 6. Manutenção produtiva total 7. Máquinas agrícolas - Controle 8. Mecanização agrícola - Gerenciamento 9. Tratores I. Título

CDD 633.61 N518m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

À **DEUS** e à nossa Mãe e Padroeira **NOSSA SENHORA APARECIDA**, que sempre guiaram meus passos.

Aos meus pais, **ADAUTO SILVA NEVES** e **JULIA MARIA NEVES**, com gratidão e reconhecimento por tudo que fizeram no decorrer de minha vida e pela base de meus princípios e valores.

Às minhas queridas irmãs, **MÁRCIA**, **SELMA** e **SÔNIA**, pelo amor, apoio, carinho e incentivo em todos os momentos.

Aos meus queridos sobrinhos, **VINÍCIUS** e **JULIANA**, e ao meu melhor cunhado, **VALDECI**, pela amizade, companheirismo e incentivo.

À tia **CIDÁLIA**, pelo exemplo de amor, dedicação e carinho em todos os preciosos momentos.

Aos demais familiares, pelo carinho e formação pessoal, motivando-me a alcançar o objetivo principal.

À TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI, pelo incentivo, exemplo, dedicação e amizade incondicional.

AGRADECIMENTOS

Aos professores: Sonia Maria de Stefano Piedade, Casimiro Dias Gadanha Junior, Walter Francisco Molina Junior, Carlos Eduardo Angeli Furlani e Carlos Roberto Camello Lima, pela motivação, ensinamento e contribuição neste estudo.

Aos docentes e colaboradores do Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ/USP pela amizade e profissionalismo.

Aos programas e aos docentes de pós-graduação: Ciência e Tecnologia de Alimentos, Economia Aplicada, Ecologia Aplicada e Estatística e Experimentação Agronômica, pela abertura das portas do conhecimento.

Aos amigos da ESALQ com os quais tive o privilégio da convivência na sala da pós-graduação e na troca de experiências e conhecimentos nas disciplinas cursadas.

Às bibliotecárias da ESALQ Eliana e Silvia pela revisão, auxílio e agradável amizade.

Aos amigos de trabalho pelo apoio, incentivo e contribuição durante esta jornada – sem vocês a realização deste trabalho de pesquisa seria impossível.

Aos amigos: Família Lopes (Wellington, Jefferson, Dona Zigofreda e CIA), Família Miura França (Adauto, Flávio e CIA), Família Nascimento (Sérgio, Márcia e CIA), Elias Mafra Pereira, Harutiun Muradian e Marcos Quiarato, que sempre guardarei no meu coração.

Aos amigos da ESALQ: Áureo Santana de Oliveira, Caio Fortes, Evandro Chaves dos Santos, Gilda Brasil Camargo Cardoso, Hudson de Sousa Nardi, João Conrado Schmidt Júnior, José Vitor Salvi, Márcio Luis Carreira, Marlon de Souza, Mateus Marrafon Nicolosi e Vanderson Rabelo de Paula.

Aos companheiros pelo apoio: Antonio, Aroldo, Camila, Carlos, Célio, Charles, Douglas, Eliane, Humberto, Ivan, Jane, Leandro, Kássio, Kelly, Pedro, Pricila, Regina, Roberto, Rodrigo e Willians.

E, a todos que me acompanharam e contribuíram para a realização desta pesquisa.

"Maior que a tristeza de não haver vencido é a vergonha de não ter lutado!"

Rui Barbosa (Águia de Haia)

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
RESUMEN	15
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE QUADROS	19
LISTA DE TABELAS	21
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	23
1 INTRODUÇÃO	25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 Cultura de cana-de-açúcar	27
2.2 Colheita mecanizada de cana-de-açúcar	27
2.2.1 Perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar	30
2.3 Manutenção Produtiva Total	32
2.3.1 Pilares da metodologia MPT	33
2.3.2 Implantação da MPT	34
2.3.3 Características da metodologia MPT	35
2.3.4 Manutenção autônoma e conceito de operador mantenedor	36
2.4 Manutenção	37
2.4.1 Manutenção corretiva	38
2.4.2 Manutenção preventiva	39
2.4.3 Manutenção preditiva	40
2.5 Indicadores de desempenho	41
2.5.1 Indicadores operacionais e ensaios padronizados	42
2.5.2 Indicadores de desempenho da colheita mecanizada	42
2.5.2.1 Indicadores de produtividade	43
2.5.2.2 Indicadores de qualidade	43
2.5.2.3 Indicadores de custos	44
3 METODOLOGIA	45
3.1 Estudo de caso	45
3.2 Caracterização do ambiente de estudo	45

3.3 Máquinas avaliadas	46
3.3.1 Colhedoras	46
3.3.2 Tratores	47
3.3.3 Sistemas Motomecanizados de Transbordo	48
3.4 Implementação da metodologia MPT	49
3.4.1 Treinamento da metodologia MPT	49
3.4.2 Pilar Manutenção Autônoma	50
3.4.3 Listas de inspeções (Check Lists)	50
3.4.4 Padrão de limpeza	56
3.4.5 Identificação de não conformidade	58
3.4.6 Lição Ponto a Ponto	59
3.4.7 Auditorias	61
3.4.8 Gestão à Vista	62
3.4.9 Operador mantenedor	63
3.5 Coleta dos dados	66
3.6 Análise estatística dos dados obtidos	67
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1 Índice pluviométrico nos períodos de colheita	69
4.2 Avaliação dos indicadores de produtividade	70
4.2.1 Capacidade operacional das colhedoras	71
4.2.2 Capacidade operacional dos sistemas motomecanizados de transbordo	73
4.3 Avaliação do indicador de qualidade	75
4.3.1 Perdas visíveis da colheita mecanizada	75
4.4 Avaliação dos indicadores de custos	77
4.4.1 Consumo de combustível das colhedoras	78
4.4.2 Consumo de combustível dos tratores dos SMT	80
4.4.3 Disponibilidade das colhedoras	83
4.4.4 Disponibilidade dos sistemas motomecanizados de transbordo	85
5 CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS	91
APÊNDICES	97

RESUMO

Manutenção Produtiva Total: estudo de caso na colheita mecanizada de cana-deaçúcar (Saccharum spp.)

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (Saccharum spp.), matéria-prima para produção de acúcar, etanol e bioeletricidade (a partir da biomassa). Nas usinas o sistema de colheita é o que mais onera os custos abrangendo a área agrícola. Cumpre assinalar que em virtude das exigências legais e ao menor custo do corte mecanizado em relação a outros sistemas de colheita, o setor tem investido em novas tecnologias e modelos de gestão dessa operação. O gerenciamento de todas as etapas da colheita (corte, carregamento e transporte) tem a finalidade de deixar o sistema mais eficiente e atender às necessidades de matéria-prima da unidade industrial. Com o propósito de atingir a excelência na produtividade e qualidade da colheita mecanizada, as usinas podem utilizar diversas metodologias e/ou programas de gerenciamento. A Manutenção Produtiva Total (MPT) apresenta-se como uma técnica gerencial, atuando na forma organizacional, no comportamento das pessoas, na forma com que tratam os problemas, não só de manutenção, mas de todos os trabalhadores diretamente ligados ao processo produtivo. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi aplicar a metodologia MPT na operação de colheita mecanizada de uma usina de cana-de-acúcar, incluindo-se a avaliação dos indicadores de desempenho durante três safras: 2008/2009; 2009/2010 e 2010/2011. Os resultados obtidos confirmaram que essa metodologia é um modelo de gestão viável para a aplicação aqui proposta.

Palavras-chave: MPT; Gerenciamento; Desempenho operacional; Operação agrícola

ABSTRACT

Total Productive Maintenance: sugarcane (*Saccharum* spp.) mechanized harvesting study

Brazil is the largest sugarcane (Saccharum spp.) producer in the world. Sugarcane is the raw material for sugar, alcohol and bioelectricity (from biomass) production. In mills, the harvesting system is the heaviest issue in the budget including the agriculture area. It is worth mentioning that according to the legal demands and the lowest cost of mechanized cut in comparison with other methods, the area has invested in new technology and new management models for such operation. Management in all its stages (cutting, loading and transportation) has as main goal to make the system more efficient and fulfill the industrial unit raw-material needs. With the sole purpose to achieve excellence in production and quality of mechanized harvesting, mills can use different methods or management programs. Total Productive Maintenance (TPM) is introduced as a management technique, working in the organizational area, in people's behavior, in the way they react, face and solve a problem, not just in maintenance, but with all workers directly involved in production process. In such context, the purpose of the following study was the use of the TPM in the harvesting operation in a sugar mill. Performance indicators during three crops are included: 2008/2009, 2009/2010 and 2010/2011. The obtained results confirmed that such method is a feasible management method for the proposed application of this study.

Keywords: TPM; Management; Operational performance; Agricultural operation

RESUMEN

Mantenimiento Productivo Total: un estudio sobre el caso de recolección mecanizada de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

Brasil es el mayor productor mundial de caña de azúcar (Saccharum spp.), materia prima para la producción de azúcar, etanol, y bioelectricidad, (a partir de la biomasa). En los ingenios el sistema de recolección es el que más carga en el presupuesto del área agrícola. Cabe señalar que en virtud de las exigencias legales y del menor costo del corte mecanizado en relación a otros sistemas de recolección, el sector ha invertido tanto en nueva tecnología como en modelos de gerenciamiento de tal producción. El gerenciamiento de todas las etapas del recolección (corte, carga y transporte) tienen la finalidad de hacer el sistema más eficaz y atender las necesidades de materia prima en la unidad industrial. Con el propósito de alcanzar la excelencia en la productividad y calidad de la recolección mecanizada, los ingenios pueden utilizar diferentes métodos y programas de gerenciamiento. El Mantenimiento Productivo Total (MPT) se presenta como una técnica gerencial, actuando de manera organizacional, en el comportamiento de las personas, en la manera en la que tratan los problemas, no solamente de mantenimiento, sino que también con todos los trabajadores directamente ligados con el proceso productivo. En este contexto el objetivo del presente trabajo fue el de aplicar el método MPT en la operación de la recolección mecanizada de un ingenio azucarero, incluyendo la evaluación de los indicadores de desempeño durante las tres zafras de los años 2008/2009, 2009/2010 y 2010/2011. Los resultados que se obtuvo confirió que con el método MPT es un modelo de gestión viable para la aplicación propuesta en el presente trabajo.

Palabras clave: MPT; Gerenciamiento; Desempeño operacional; Operación agrícola

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar	. 29
Figura 2 – Pilares de sustentação da metodologia MPT	.33
Figura 3 – Colhedora, fabricante Case, modelo A-7700	.46
Figura 4 – Trator, fabricante Case, modelo Magnum 240	. 47
Figura 5 – Veículo transbordo, fabricante Civemasa, modelo TAC 13000	.48
Figura 6 – Operador lavando a caixa de bombas da colhedora	.56
Figura 7 – Operador lavando o elevador da colhedora	.56
Figura 8 – Etiquetas de identificação de não conformidades	.58
Figura 9 – Lâmpada de freio queimada identificada com etiqueta amarela (segurança))58
Figura 10 – Vazamento na mangueira identificada com etiqueta azul (operação)	.59
Figura 11 – Coroa desgastada identificada com etiqueta vermelha (manutenção)	.59
Figura 12 – Exemplo de Lição Ponto a Ponto	.60
Figura 13 – Padrão de gestão à vista da colhedora	.62
Figura 14 – Padrão de gestão à vista do SMT	.62
Figura 15 – Gestão a vista dos indicadores da colhedora	.63
Figura 16 – Gestão a vista dos indicadores do SMT	.63
Figura 17 – Operador inspecionando as correias do motor do trator	.64
Figura 18 – Operador inspecionando mangueiras do divisor de fileiras da colhedora	.64
Figura 19 – Operador lubrificando eixo dianteiro do trator	.64
Figura 20 – Operador limpando e inspecionando mangueiras do sistema hidráulico	.64
Figura 21 – Operador auxiliando na manutenção preventiva	.65
Figura 22 – Operador substituindo faquinhas do corte de base	.65
Figura 23 - Precipitação pluviométrica nos meses das colheitas das safras 2008/20	09,
2009/2010 e 2010/2011	.70
Figura 24 - Médias das capacidades operacionais das colhedoras nas saf	ras
2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011	.72
Figura 25 - Médias das capacidades operacionais dos SMT nas safras 2008/20	09,
2009/2010 e 2010/2011	74

Figura 26 – Médias das perdas visíveis na operação de colheita mecanizada nas safras
2008/2009, 2009/2010 e 2010/201176
Figura 27 – Médias dos consumos de combustível das colhedoras nas safras
2008/2009, 2009/2010 e 2010/201179
Figura 28 - Médias do consumo de combustível dos tratores dos SMT nas safras
2008/2009, 2009/2010 e 2010/201181
Figura 29 – Médias de disponibilidade das colhedoras nas safras 2008/2009, 2009/2010
e 2010/201184
Figura 30 – Médias de disponibilidade dos SMT nas safras 2008/2009, 2009/2010 e
2010/201186

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das perdas visíveis	31
Quadro 2 – Atividades dos pilares na metodologia MPT	34
Quadro 3 – Propósitos das fases de implantação da metodologia MPT	35
Quadro 4 – Sete passos do pilar Manutenção Autônoma	37
Quadro 5 – Escopo dos indicadores de desempenho da metodologia MPT	41
Quadro 6 – Especificações técnicas das colhedoras avaliadas no estudo	46
Quadro 7 – Especificações técnicas dos tratores avaliados no estudo	47
Quadro 8 – Especificações técnicas dos veículos transbordos de arrasto	48
Quadro 9 – Formulário de inspeção de colhedoras	51
Quadro 10 – Formulário de inspeção do SMT	52
Quadro 11 – Formulário de inspeção de caminhões	53
Quadro 12 – Formulário para apontamentos das inspeções	54
Quadro 13 – Formulário para acompanhamento dos líderes	55
Quadro 14 – Formulário de padrão de limpeza	57
Quadro 15 – Formulário de auditoria	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indice pluviométrico (mm) no período das colheitas nas safras avaliadas69
Tabela 2 – Médias das capacidades operacionais (t dia ⁻¹) das colhedoras nas safras
2008/2009, 2009/2010 e 2010/201171
Tabela 3 – Resultados das análises estatísticas das capacidades operacionais (t dia ⁻¹)
das colhedoras nos períodos avaliados71
Tabela 4 – Médias das capacidades operacionais (t dia ⁻¹) dos SMT nas safras
2008/2009, 2009/2010 e 2010/201173
Tabela 5 – Resultados das análises estatísticas das capacidades operacionais (t dia ⁻¹)
dos SMT nos períodos avaliado73
Tabela 6 – Médias das perdas visíveis (%) da operação de colheita mecanizada nas
safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/201175
Tabela 7 – Resultados das análises estatísticas das perdas visíveis (%) da colheita
mecanizada nos períodos avaliados76
Tabela 8 – Médias dos consumos de combustível das colhedoras (L t ⁻¹) nas safras
2008/2009, 2009/2010 e 2010/201178
Tabela 9 – Resultados das análises estatísticas dos consumos de combustível (L t ⁻¹)
das colhedoras nos períodos avaliados78
Tabela 10 – Médias do consumo de combustível (L t ⁻¹) dos tratores dos SMT nas safras
2008/2009, 2009/2010 e 2010/201180
Tabela 11 – Resultados das análises estatísticas dos consumos de combustível (L t ⁻¹)
dos tratores do SMT nos períodos avaliados81
Tabela 12 - Médias das disponibilidades (%) das colhedoras nas safras 2008/2009,
2009/2010 e 2010/201183
Tabela 13 – Resultados das análises estatísticas das disponibilidades (%) das
colhedoras nos períodos avaliados83
Tabela 14 - Médias das disponibilidades (%) dos sistemas motomecanizados de
transbordo nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/201185
Tabela 15 – Resultados das análises estatísticas das disponibilidades (%) dos sistemas
motomecanizados de transbordo nos períodos avaliados86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADM - Administrativo

C - Custos

CBO - Classificação Brasileira de Ocupações

CI - Controle Inicial

CO₂ – Dióxido de Carbono

D - Distribuição

E&T- Educação e Treinamento

JIPM - Japanese Institute of Plant Maintenance

M - Moral

MA - Manutenção Autônoma

ME – Melhorias Específicas

MP - Manutenção Planejada

MPT – Manutenção Produtiva Total

MQ - Manutenção da Qualidade

NBR - Norma Brasileira

ns - não significativo

p – probabilidade

P - Produtividade

PQCDSM – Produtividade, Qualidade, Custos, Distribuição, Segurança e Moral

Q - Qualidade

S - Segurança

SMT – Sistema Motomecanizado de Transbordo

SSA - Segurança, Saúde e Ambiente.

TPM - Total Productive Maintenance

WCM - World Class Maintenance

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, que é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, processou 603 milhões de toneladas de matéria-prima na safra de 2009/2010, ocupando cerca de 8 milhões de hectares no território nacional. As regiões de cultivo são: Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, o setor sucroalcooleiro brasileiro possui grande importância econômica, social e ambiental e está em plena expansão, atraindo investimentos para a área agrícola e industrial das usinas e para a construção de novos empreendimentos.

Em tempos de globalização, as empresas visam à expansão do mercado consumidor por meio da redução de custos e melhoria da qualidade dos processos e produtos. Na agroindústria canavieira, as usinas visam garantir a competitividade investindo em novas metodologias e tecnologias. Com esse propósito, a mecanização agrícola vem conquistando avanços nas últimas décadas.

Nas usinas, a operação agrícola mecanizada que mais onera os custos é a colheita. No entanto, em virtude de exigências legais e ao menor custo do corte mecanizado em relação a outros sistemas de colheita, o setor tem investido em novas tecnologias e formas de gerenciamento dessa operação. Além disso, a eliminação da queima em virtude da colheita mecanizada traz inúmeros benefícios ao solo, canavial e ambiente.

O gerenciamento de todas as etapas da colheita (corte, carregamento e transporte) tem a finalidade de não deixar máquinas paradas no campo e atender às necessidades de matéria-prima da unidade industrial. Ademais, a operação da colheita mecanizada refletirá na qualidade, isto é, na menor quantidade de matéria estranha mineral e vegetal transportada junto com a cana-de-açúcar.

Com o propósito de atingir a excelência na produtividade e qualidade da colheita mecanizada, as usinas podem utilizar diversas metodologias e/ou programas de gerenciamento. Entre as quais se destaca a Manutenção Produtiva Total (MPT), ou Total Productive Maintenance (TPM).

A metodologia MPT é uma técnica gerencial, atuando na forma organizacional, no comportamento das pessoas, na forma com que tratam os problemas, não só de manutenção, envolvendo todos os colaboradores diretamente ligados ao processo

produtivo. A MPT visa atingir o que se chama de falha zero, que engloba quebra, defeito e acidente zero. Isto é, garantir por meio do gerenciamento que não ocorra nenhuma interrupção ou perda no processo produtivo por falha do equipamento, operacional ou acidente material/pessoal.

É importante destacar que não se encontraram estudos associado à metodologia MPT na gestão de operações agrícolas mecanizadas na bibliografia disponível em repositórios, livros e artigos.

Diante do exposto, este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar se a metodologia MPT contribui para a melhoria do desempenho operacional da colheita mecanizada de cana-de-açúcar comparando indicadores de desempenho de produtividade, qualidade e custos durante três safras consecutivas (2008/2009 – 2009/2010 – 2010/2011).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico será realizado o levantamento dos fundamentos teóricos acerca da cultura de cana-de-açúcar e da colheita mecanizada, as perdas no processo, a conceituação da Manutenção Produtiva Total (MPT) e de indicadores de desempenho, tipos de manutenção e outras questões pertinentes.

2.1 Cultura de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar tem origem na Oceania (Nova Guiné). O açúcar em forma sólida, data do século V na Pérsia (atual Irã). No século VIII, época das invasões, os árabes disseminaram a cultura no norte da África e sul da Europa, quando os chineses levaram a planta para Java e Filipinas. Na América, Colombo levou as primeiras mudas para São Domingos em 1493, e posteriormente foi trazida por outros navegantes para a América Central e América do Sul (MOZAMBANI et al., 2006).

A cana-de-açúcar é da família *Poaceae*, gênero *Saccharum*, que produz colmos, com fibra e ricos em açúcar. Na parte aérea é constituída por caules, 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).

2.2 Colheita mecanizada de cana-de-açúcar

No Brasil, são utilizados três sistemas de colheita de cana-de-açúcar: manual, semimecanizado e mecanizado. No sistema manual, o corte e o carregamento são realizados manualmente; no semimecanizado, o corte é realizado manualmente e o carregamento mecanizadamente; por sua vez, no mecanizado, as operações de corte e carregamento são realizadas mecanizadamente (RIPOLI, 1996).

Nos meses de safra, a área agrícola precisa gerenciar adequadamente as operações de corte, carregamento e transporte para garantir o abastecimento de matéria-prima para a unidade industrial (SILVA; ALVES; COSTA, 2011).

Em linhas gerais a mecanização da operação da colheita de cana-de-açúcar no Brasil teve início na primeira metade da década de 1950, quando surgiram as primeiras carregadoras de cana, que substituíam o trabalho manual. Desde então, os fabricantes e usinas vêm aperfeiçoando tecnologias mecânicas e agrícolas para melhorar máquinas e equipamentos (RIPOLI; RIPOLI, 2007).

Segundo Gray, Magalhães e Braunbeck (2009), a colheita da cana-de-açúcar no Brasil apresenta baixos índices de mecanização, ao passo que em outros países a mecanização é total, como Estados Unidos e Austrália. No Estado de São Paulo maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, na safra 2008/2009 a prática da colheita mecanizada foi de 49,1% da área total colhida (SÃO PAULO, 2009).

Para Rodrigues e Saab (2007), a transição do sistema de corte para o mecanizado não é apenas a substituição de uma técnica por outra. Em termos agrícolas significa combinar e aperfeiçoar alguns aspectos como: preparo do solo, dimensionamento dos equipamentos, montagem de equipe de manutenção e apoio, treinamento da equipe e alterações no transporte e recepção da cana na usina.

É de ser relevado que o avanço da mecanização da colheita de cana-de-açúcar é decorrente da busca por diminuição de custo, aumento do desempenho operacional e redução do impacto ambiental (RIPOLI; RIPOLI, 2007). Outra tendência a ser considerada é o projeto ambiental brasileiro, como a Lei Estadual nº 11.241/2002 (SÃO PAULO, 2003), e acordos firmados pelo setor sucroalcooleiro demonstrando maior conscientização ambiental, que tem o objetivo de eliminar a queima do palhiço.

Braunbeck e Oliveira (2006) destacam que a colheita mecanizada ou a semimecanizada apresenta-se como única alternativa viável, devido aos aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Sobre o aspecto econômico, Rodrigues e Saab (2007) compararam os sistemas de colheita manual da cana queimada com o mecanizado sem queima na região de Bandeirantes (PR) e observaram redução de 33% em favor do custo da tonelada

colhida mecanizadamente. Registra-se ainda que, no Estado de São Paulo, a colheita representa em média 30% do custo de produção da cana-de-açúcar (MORAES, 2007).

Referente ao aspecto ambiental, Ripoli e Ripoli (2007) destacam que sem a despalha a fogo, isto é, a queima prévia da cana-de-açúcar antes da colheita, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) foram reduzidas, além de possibilitar a utilização racional do potencial energético para gerar energia elétrica ou produzir etanol.

Por sua vez, no aspecto social, a eliminação da queima da cana pode contribuir para a melhora da qualidade do ar e consequentemente reduzir os riscos de doenças respiratórias para a população (RIBEIRO; PESQUEIRO, 2010).

Em suma a operação de colheita mecanizada da cana-de-açúcar (Figura 1) envolve cinco operações básicas: corte do ponteiro; corte basal; fracionamento dos colmos em rebolos; limpeza parcial da matéria-prima; e descarregamento numa unidade transportadora (GADANHA JUNIOR et al., 1991; PEREIRA; TORREZAN, 2006).



Figura 1 – Operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar: colhedora descarregando matéria-prima em um sistema motomecanizado de transbordo

Os fatores envolvidos na seleção e na capacidade operacional das colhedoras são: características de projeto da máquina; condições de campo, ou seja, dos talhões em que a máquina irá operar e aspectos administrativos referentes ao gerenciamento e planejamento (PEREIRA; TORREZAN, 2006; RIPOLI; RIPOLI, 2008).

Convém ressaltar que a operação de transbordo realiza a transferência da matéria-prima de um tipo de transporte para outro. Na colheita mecanizada realizada por colhedoras combinadas e autopropelidas são utilizados Sistemas Motomecanizados constituídos por carretas tracionadas por tratores de rodas ou veículos especiais (RIPOLI; RIPOLI, 2007).

Ripoli e Ripoli (2008) afirmam que fatores como: condições agronômicas, ambientais, técnicas e de gerenciamento influenciam a operação de colheita mecanizada e caso esta não seja executada dentro de preceitos técnicos, podem comprometer a qualidade da matéria-prima, a produtividade e a longevidade do canavial.

2.2.1 Perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar

As perdas de matéria-prima na colheita mecanizada podem ser classificadas em visíveis e invisíveis, sendo que as primeiras são identificadas no campo após a colheita, podendo ser colmos inteiros e/ou frações, rebolos e tocos resultantes do corte basal; ao passo que as perdas invisíveis são na forma de caldo, serragem e estilhaços de canade-açúcar, que podem ocorrer em virtude da ação dos mecanismos rotativos que cortam, fracionam e limpam no processamento da matéria-prima pelas colhedoras (MOLINA JUNIOR, 2000; RIPOLI; RIPOLI, 2007).

Segundo Neves, Magalhães e Ota (2004), os tipos de perdas visíveis de canade-açúcar podem ser classificados em: tocos, cana inteira, cana ponta, rebolos, lascas e pedaços, como ilustra o Quadro 1.

Classificação	Descrição das perdas visíveis
Tocos	Fração do colmo preso à soqueira com comprimento igual ou menor a 0,2 metros.
Cana inteira	Fração igual ou maior a 2/3 do tamanho da cana do canavial avaliado, podendo ou não estar preso à soqueira.
Cana ponta	Pedaço do colmo agregado ao ponteiro.
Rebolos	Fração do colmo esmagado ou não cortado pelo facão picador ou corte de base.
Lascas	Fragmentos do colmo totalmente dilacerados.
Pedaços	Variações visíveis de colmos que não se enquadram nas definições anteriores.

Quadro 1 - Classificação das perdas visíveis (Adaptado de: NEVES, MAGALHÂES; OTA, 2004)

Estudando a perda total na colheita mecanizada, Neves et al. (2006) afirmam que as colhedoras apresentam baixo desempenho expresso pelo alto índice de perdas visíveis e invisíveis e baixa eficiência de limpeza.

Neves, Magalhães e Ota (2004) monitorando as perdas visíveis, enfatizam que as não conformidades, principalmente lascas, estão diretamente relacionadas à velocidade de rotação do ventilador do extrator primário – quanto maior a rotação, maior a eficiência de limpeza, reduzindo impurezas e aumentando a densidade de carga transportada, porém as perdas são maiores. Da mesma forma sobre as perdas invisíveis, Neves et al. (2003) concluíram que ocorrem em função da variedade e estado da cana-de-açúcar e da ação dos mecanismos da colhedora.

Em estudo referente ao desempenho do corte de base da cana-de-açúcar na colheita mecanizada, Salvi, Matos e Milan (2007) destacam a existência de algumas peculiaridades relacionadas à interação solo-máquina-planta, que causa redução da qualidade da matéria-prima em razão do aumento de matéria estranha mineral.

A operação de colheita mecanizada foi avaliada com a ferramenta do controle estatístico do processo por Silva et al. (2008). Nesse estudo as perdas visíveis foram consideradas instáveis, ou seja, fora do padrão de qualidade.

As perdas podem ser reduzidas por operadores de colhedoras capacitados e habilitados na adequação da regulagem das máquinas, para que operem num ponto ótimo, conjugando índice baixo de perdas com níveis aceitáveis de matéria estranha (RICHARD; JACKSON; WAGUESPACK JUNIOR, 2001; PEREIRA; TORREZAN, 2006).

2.3 Manutenção Produtiva Total (MPT)

Manutenção Produtiva Total (MPT) pode ser definida como a integração total entre homem, máquina e empresa, em que as atividades de manutenção do sistema produtivo passam a constituir responsabilidade de todos, tanto no aspecto administrativo como operacional. As atividades visam prevenir quebras, falhas de qualidade e proporcionar maior segurança na operação (NAKAJIMA, 1989).

Outros objetivos importantes são as metas de quebra zero, defeito zero e acidente zero (SHIROSE, 1992).

Por consequência da evolução da metodologia, as definições da MPT foram ampliadas. Para Willmott e MacCarthy (2001), a MPT busca a maximização do valor por meio da eliminação de perdas e desperdícios, a fim de satisfazer e exceder as expectativas da corporação e dos clientes.

Portanto, além de uma ferramenta de manutenção, a MPT é uma metodologia de gestão que envolve todos os colaboradores; isso significa desde a alta administração até a operação, englobando todos os departamentos da organização (NAKAJIMA, 1989; WIREMAN, 1991; SHIROSE, 1992).

Da mesma forma, Martins e Laugeni (2005) destacaram que a MPT é uma filosofia gerencial que atua em todo processo produtivo e não somente na manutenção, isto é, na organização, nas pessoas e nos problemas.

Num estudo empírico sobre MPT de McKone, Schroeder e Cua (1999), os resultados indicam que fatores contextuais ambientais, como o país onde está sendo

aplicada a metodologia, ajudam a explicar diferenças na implantação da metodologia e que fatores contextuais administrativos, sob responsabilidade da direção da empresa, exercem as maiores influências na execução do programa.

2.3.1 Pilares da metodologia MPT

De acordo com Ahuja e Khamba (2008), no desenvolvimento da metodologia MPT nas organizações são utilizados oito pilares de sustentação (Figura 2): manutenção autônoma (MA); manutenção planejada (MP); melhorias específicas (ME); educação e treinamento (E&T); controle inicial (CI); manutenção da qualidade (MQ); segurança, saúde e ambiente (SSA) e administrativo (ADM), tendo como base indicadores de desempenho de Produtividade (P); Qualidade (Q); Custos (C); Distribuição (D); Segurança (S) e Moral (M), como sugere o órgão Japanese Institute of Plant Maintenance (JIPM).

O Quadro 2, a seguir, descreve as atividades realizadas em cada pilar de forma integrada com a metodologia MPT. Cada um deles estabelece enfoque nas atividades necessárias a fim de atingir a falha zero (PALMEIRA; TENÓRIO, 2002; AHUJA; KHAMBA, 2008).

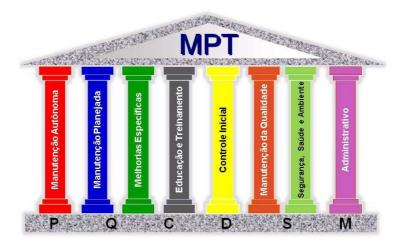


Figura 2 – Pilares de sustentação da metodologia MPT (Adaptado de: AHUJA; KHAMBA, 2008)

Pilares	Descrição de atividades
MA	Conduzir a manutenção voluntária ou autônoma por meio de inspeções diárias, lubrificação, reparos e uma precoce detecção de não conformidades, motivar operadores e mantenedores para restaurar e manter as condições básicas dos equipamentos e ampliar o conhecimento dos operadores sobre os equipamentos.
MP	Atingir a quebra zero a menor custo, estruturando o setor de manutenção para desenvolver atividades planejadas como manutenção preventiva, preditiva e de melhoria contínua.
ME	Aumento da eficiência operacional visando a melhoria global do negócio desenvolvendo uma sistemática de identificação e eliminação das perdas.
E&T	Mudança de comportamento e ampliação de conhecimento mediante a qualificação de todos os colaboradores da organização no aspecto técnico, administrativo e comportamental.
CI	Estabelecer o controle dos equipamentos desde a etapa de projeto, utilizando as experiências adquiridas nos Pilares: MA, MP e ME.
MQ	Prevenção para garantir a fabricação de produtos ou serviços isentos de defeitos monitorando todos os processos críticos.
SSA	Garantir ambiente seguro de trabalho eliminando acidentes pessoais, patrimoniais e ambientais por meio de estratégias de prevenção baseadas no binômio homem-máquina.
ADM	Desenvolver melhorias visando à eficácia do processo administrativo melhorando o apoio e a integração entre as funções administrativas e as produtivas eliminando a burocracia, reduzindo perdas e desperdícios.

Quadro 2 – Atividades dos Pilares na metodologia MPT (Adaptado de: PALMEIRA; TENÓRIO, 2002; AHUJA; KHAMBA, 2008)

2.3.2 Implantação da MPT

De acordo com Nakajima (1989), o homem é o responsável pela reformulação da empresa por meio de sua motivação e habilidade. O autor destaca que no processo de implantação da MPT, a alta administração deve estar totalmente comprometida, pois as modificações estruturais e comportamentais não ocorrem automaticamente. A condução da implantação da metodologia MPT ocorre em três fases, descritas no Quadro 3.

Fase	Propósitos	
Preparatória	Realizar a estruturação do organograma de implantação, estabelecimento das políticas e metas, declaração da alta direção, elaboração do plano diretor e o treinamento inicial.	
Implantação	Estabelecer a melhoria contínua no sistema produtivo, desenvolvimento dos pilares: E&T, MA e MP e qualificar as equipes de Produção e Manutenção.	
Consolidação	Realizar a padronização das melhorias com rotinas e busca de metas desafiadoras.	

Quadro 3 – Propósitos das fases de implantação da metodologia MPT (Adaptado de: PALMEIRA; TENÓRIO, 2002; AHUJA; KHAMBA, 2008)

2.3.3 Características da metodologia MPT

Nakajima (1989), Wireman (1991), Shirose (1992) e Ahuja e Khamba (2008) expõem as cinco características que descrevem as estratégias da metodologia MPT que auxiliam na mudança da cultura organizacional: maximização do rendimento operacional dos equipamentos por meio da otimização de disponibilidade do equipamento, desempenho, eficiência e qualidade do produto; utilização de estratégias de manutenção para toda a vida útil do equipamento; participação de todos os departamentos envolvidos como planejamento, usuários e manutenção; envolvimento de todos os colaboradores da organização, desde a alta direção até no nível operacional e realização de trabalho em grupo visando à melhoria contínua.

2.3.4 Manutenção autônoma e conceito de operador mantenedor

A manutenção autônoma tem o propósito de converter o operador do equipamento em operador mantenedor, que conserva o equipamento realizando atividades de limpeza, inspeções diárias, lubrificação e manutenção (SHIROSE, 1992).

Para Nakajima (1989) e Shirose (1992), o operador mantenedor assumirá o equipamento desenvolvendo o sentimento expresso no pensamento: "Da minha máquina, cuido eu", superando o conceito anterior de que a "Produção produz" e a "Manutenção mantém".

O sucesso da MPT está diretamente relacionado com a mudança cultural das pessoas. Para a metodologia ser bem sucedida, a responsabilidade na tomada de decisões deve ser compartilhada em todos os níveis hierárquicos. Por meio da motivação das pessoas mudarem a atitude de: "Isto não é o meu trabalho" para "O que eu posso fazer para ajudar" (PARK; HAN, 2001).

Palmeira e Tenório, 2002 e Ahuja e Kamba, 2008 enfatizam a necessidade de treinamento dos operadores para a condução das atividades. As características para o desenvolvimento das atividades de manutenção autônoma estão descritas em sete passos (Quadro 4).

Convém salientar, que em um estudo realizado durante a implementação da MPT em uma indústria, o desenvolvimento das habilidades para a compreensão dos equipamentos, melhorou a produtividade por meio da motivação dos operadores mantenedores. Soma-se a esse fato, a melhoria na manutenabilidade, operacionalidade e segurança nas atividades rotineiras (BOHORIS et al., 1995).

Ripoli e Ripoli (2011) alertam sobre a necessidade da melhoria da qualidade da mão de obra da área agrícola no Brasil, obtida mediante de qualificação adequada.

Pela Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), a descrição sumária das atividades dos trabalhadores da mecanização agrícola (operador de colheitadeira e trator agrícola) é de que são profissionais que operam, ajustam e preparam máquinas e implementos agrícolas; realizam manutenção em primeiro nível de máquinas e implementos; empregam medidas de segurança e auxiliam em planejamento de plantio (BRASIL, 2011).

Passos	Descrição
Limpeza inicial	A limpeza é o primeiro passo para a autoinspeção, etapa cuja finalidade é desenvolver os conhecimentos dos operadores utilizando os cinco sentidos sensoriais.
Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso	São atividades de melhorias que visam eliminar todas as fontes de contaminação dos equipamentos e locais de difícil acesso que dificultem a limpeza e a inspeção.
Elaboração de padrões de limpeza e inspeção	A finalidade deste passo é a padronização das atividades especificando como devem ser feitas, onde e quando.
Inspeção geral	Os operadores neste passo devem receber treinamentos sobre os equipamentos e componentes necessários para desenvolver conhecimento e habilidades para desempenhar adequadamente as atribuições.
Inspeção autônoma	Neste passo, os operadores realizam a revisão dos padrões de inspeção incluindo os conhecimentos e habilidades adquiridas.
Organização e ordem	As atividades dos grupos de trabalho são ampliadas além dos equipamentos para outras atividades utilizando os princípios de ordem e controle visual.
Consolidação da manutenção autônoma	Os grupos autônomos neste passo desenvolvem atividades de melhoria contínua dos equipamentos.

Quadro 4 – Sete passos do Pilar Manutenção Autônoma (Adaptado de: PALMEIRA; TENÓRIO, 2002; AHUJA; KHAMBA, 2008)

2.4 Manutenção

A palavra manutenção está presente na história humana desde o início do manuseio de instrumentos de produção, com origem derivada do latim manus tenere, que significa manter o que se tem (VIANA, 2002).

A norma brasileira NBR 5462-1994 (ABNT, 1994) define manutenção como sendo a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinada a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar a função requerida.

Uma preocupação constante é a deficiência no entendimento sobre a essência das atividades de manutenção. A expressão em manutenção é comumente designada para atividades de um equipamento que quebrou, ou seja, o reparo é confundido com manutenção (XENOS, 1998). Nesse sentido, Mialhe (1974) destaca que as atividades de manutenção visam prolongar a vida útil e propiciar boas condições de funcionamento às máquinas agrícolas, ao passo que atividades de reparo se referem ao conserto de peças quebradas ou desgastadas.

É importante assinalar que, a gestão da manutenção de equipamentos móveis diferencia-se muito da realizada em máquinas estacionárias. Nas empresas frotistas, as máquinas se movimentam e enfrentam condições variáveis de trabalho em função do local de operação e por fatores externos como variações climáticas. De acordo com o exposto, o gerenciamento dos equipamentos móveis é mais complexo exigindo controles específicos (VELOSO, 2009).

No setor sucroalcooleiro, a manutenção oferece serviço especializado no planejamento e na execução das atividades. Entre as principais decisões do planejamento pode-se destacar a escolha entre tipos de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva), estoque de peças de reposição, terceirização de serviços e proposições e/ou acompanhamento de inovações (KRUGLIANSKAS et al., 1986).

Todavia, na manutenção de frotas, existe o paradigma da adoção da reforma geral na entressafra, ou seja, manutenção corretiva de duvidosa eficácia em virtude da deterioração dos equipamentos durante a safra. Ao longo do tempo, outros conceitos como manutenção preventiva (baseada no tempo) e preditiva (baseada na condição) estão sendo utilizados em frotas canavieiras (PINTO, 2007).

2.4.1 Manutenção corretiva

As atividades de manutenção corretiva são reativas, ocorrendo após a falha de um equipamento ou instalação que tenha cessado ou diminuído a capacidade de exercer a função (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002; MARTINS; LAUGENI, 2005). Viana (2002) enfatiza que essa intervenção aleatória e sem planejamento deve

ser realizada prontamente para evitar danos aos equipamentos de produção, à segurança do trabalhador e ao ambiente.

Mobley (2002) enfatiza que os maiores custos associados ao gerenciamento da manutenção em empresas que priorizam a manutenção corretiva são os relativos a estoques de peças de reposição, horas extras e baixa confiabilidade e produtividade do equipamento.

Em contrapartida Marcorin e Lima (2003) dispões que a manutenção corretiva é a melhor alternativa para equipamentos que não exercem influência no processo produtivo em que custos da indisponibilidade são menores do que os custos necessários para evitar a falha.

Apesar da evolução das técnicas e dos métodos, a manutenção corretiva continua a ser a única prática utilizada por muitas empresas de equipamentos móveis (VELOSO, 2009).

2.4.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva consiste num conjunto de ações (limpeza, lubrificação, verificação, substituição de componentes etc.) que visam eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas dos equipamentos e instalações em intervalos preestabelecidos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002; MARTINS; LAUGENI, 2005). O planejamento na manutenção preventiva corrobora para a eliminação ou redução de improvisos, melhorando assim a qualidade dos serviços prestados (VIANA, 2002).

Para Mobley (2002), um planejamento consistente de manutenção preventiva deve englobar, além de lubrificação e pequenos reparos, a programação de reforma para todos os equipamentos críticos da organização.

A manutenção preventiva é indicada para equipamentos ou componentes que apresentam desgaste em ritmo constante e representam baixo custo de manutenção, em comparação com o custo da falha, permitindo o planejamento de estoques adequados e seguros (MARCORIN; LIMA, 2003).

Na manutenção de equipamentos móveis, o parâmetro de periodicidade pode ser alterado de tempo decorrido para volume de combustível consumido. A vantagem deste método é a redução do intervalo entre as revisões (VELOSO, 2009).

2.4.3 Manutenção preditiva

O conceito de manutenção preditiva consiste em monitorar as condições dos equipamentos ou instalações com o intuito de antecipar a identificação de futura falha, ou seja, a manutenção é realizada somente quando necessária, utilizando o componente até o máximo da vida útil (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002; MARTINS; LAUGENI, 2005).

De acordo com Viana (2002), a finalidade da manutenção preditiva é determinar o tempo correto da intervenção mantenedora, evitando desmontagens para inspeção. As técnicas mais utilizadas nas empresas brasileiras são: ensaio por ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análise de óleo lubrificante e termografia.

Mobley (2002) destaca que a premissa da manutenção preditiva consiste no monitoramento das condições do equipamento, a eficiência operacional e outros indicadores de produção e processo que determinarão o intervalo máximo entre os reparos e minimizarão a frequência de reparos não programados. As cinco técnicas não destrutivas normalmente utilizadas no gerenciamento da manutenção preditiva são: análise de vibrações mecânicas, monitoramento de parâmetros de processo, termografia, análise de óleo lubrificante e inspeção visual.

Conforme Marcorin e Lima (2003), a manutenção preditiva é recomendada para equipamentos cuja parada traz grandes prejuízos ao processo produtivo e em que existam custos elevados de estoque de equipamentos ou componentes.

Em equipamentos móveis podem ser utilizadas técnicas de análise de vibrações, que permitem a detecção de anormalidades; a ferrografia, que consiste na contagem de partículas metálicas existentes na amostra de lubrificante; a análise espectrofotométrica, que determina o conteúdo de diversas substâncias presentes no lubrificante e o controle de vazões, pressões e temperaturas (VELOSO, 2009).

2.5 Indicadores de desempenho

Indicadores de desempenho é um modelo de referência pelo qual as empresas podem medir a performance da gestão de forma mais coerente e abrangente (MARTINS; COSTA NETO, 1998).

Com a globalização, as empresas buscam novas ideias, ferramentas e metodologias, com o propósito de aperfeiçoar o processo de gestão e melhorar continuamente o desempenho. A medição de desempenho serve como suporte para a aprendizagem organizacional. Os indicadores de desempenho podem ser utilizados para analisar se as suposições da estratégia empresarial são válidas ou não (KIYAN, 2001).

Conforme dispõe Nakajima (1989), Wireman (1991) e Ahuja e Kamba (2008), os benefícios a serem atingidos com a metodologia MPT podem ser mensurados por um conjunto de indicadores de desempenho: Produtividade (P); Qualidade (Q); Custos (C); Distribuição (D); Segurança (S) e Moral (M), que possibilitam a avaliação da eficiência e a eficácia, conforme descrição do Quadro 5.

Indicadores	Escopo dos benefícios a serem atingidos
Р	Visam a redução de paradas não programadas, melhorando a disponibilidade e o aumento da produtividade dos equipamentos.
Q	Auxiliam no gerenciamento e controle dos problemas de qualidade em produtos ou serviços.
С	Buscam o aumento de vida útil dos equipamentos, melhorias nos procedimentos de manutenção e redução do uso de energia.
D	Visam à melhoria na eficiência, velocidade e confiabilidade de entrega.
S	Buscam a melhoria do ambiente de trabalho, eliminando situações de risco pessoal e ambiental.
М	Auxiliam na gestão a fim de aumentar a motivação e o envolvimento dos trabalhadores por meio de melhorias contínuas e sugestões.

Quadro 5 – Escopo dos indicadores de desempenho da metodologia MPT (Adaptado de: PALMEIRA; TENÓRIO, 2002; AHUJA; KHAMBA, 2008)

2.5.1 Indicadores operacionais e ensaios padronizados

Na agroindústria canavieira, são produzidos dados operacionais para o acompanhamento do desenvolvimento da cultura e controle de desempenho das operações agrícolas, em vista disso, o gerenciamento agroindustrial depende de dados confiáveis. Na gestão das empresas agrícolas, a avaliação do próprio desempenho é fundamental para garantir a competitividade (PELOIA; MILAN, 2010).

Para o gerenciamento adequado de sistemas mecanizados da colheita de canade-açúcar, dados e/ou informações de desempenho de máquinas são necessários para estabelecer parâmetros de comparação, fazer previsões orçamentárias e definir a necessidade de investimentos (MOLINA JUNIOR, 2000).

Nesse sentido, deve-se dizer que os propósitos associados ao controle operacional são: avaliação de desempenho; planejamento e dimensionamento; comparações entre equipamentos; reavaliar parâmetros técnicos e apuração/controle de custos (KRUGLIANSKAS et al., 1986).

Em pesquisa realizada em julho de 2011 no site da ABNT (2011), não foi encontrada nenhuma norma padronizada abordando ensaios de carregadoras, cortadoras e colhedoras de cana-de-açúcar.

Em virtude dessa realidade, pesquisadores e empresas têm adotado critérios metodológicos distintos, dificultando a comparação de resultados, seja para fins de pesquisa ou de gerenciamento (RIPOLI; RIPOLI, 2007).

2.5.2 Indicadores de desempenho da colheita mecanizada

Na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, o desempenho operacional pode ser representado por uma série de indicadores específicos que auxiliam no gerenciamento e no planejamento nos níveis operacionais e táticos para tomada de decisão (PINTO, 2002).

2.5.2.1 Indicadores de produtividade

Segundo Ripoli (1998), a capacidade operacional mede a intensidade de trabalho realizado na execução de operações agrícolas mecanizadas, designando sua quantidade por unidade de tempo, que máquinas e implementos agrícolas são capazes de realizar.

Na colheita mecanizada, o indicador capacidade operacional tem a função de relacionar massa de cana colhida ou transportada com equipamentos por unidade de tempo (PINTO, 2002).

Nesse vértice a capacidade operacional de colhedora apura a massa de cana colhida por colhedora de cana por dia efetivo de safra de cada máquina. Por sua vez, na operação de transferência de matéria-prima a capacidade operacional do sistema motomecanizado de transbordo afere a massa de cana transportada e transferida de cana por dia efetivo de safra (PINTO, 2002; RIPOLI; RIPOLI, 2007).

2.5.2.2 Indicadores de qualidade

O indicador de Perdas Visíveis de matéria-prima representa a massa de matéria vegetal industrializável que fica no campo após o trabalho da colhedora (RIPOLI; RIPOLI, 2007).

Em outras palavras, este indicador representa o total das perdas em forma de tocos, cana inteira, cana ponta, rebolos, lascas e pedaços (NERY, 2000).

2.5.2.3 Indicadores de custos

No custo operacional da máquina, consumo de combustível é um dos principais itens, sendo indicativo da eficiência do processo de conversão de energia do sistema mecanizado utilizado (RIPOLI; RIPOLI, 2007).

Ou seja, este indicador mensura o volume de combustível de motores do ciclo diesel consumido por unidade de massa de cana colhida ou transportada (PINTO, 2002).

Para Mialhe (1974), o consumo de combustível está inserido nos custos variáveis, também chamados custos operacionais. Os gastos variáveis reúnem as despesas procedentes da utilização da máquina.

A disponibilidade operacional define a percentagem do período de tempo no qual o equipamento se encontra nas condições estabelecidas para cumprir uma função exigida, desconsiderando o tempo em que a máquina está em reparo mecânico, hidráulico, elétrico e/ou eletrônico (ASSIS, 2005).

Sharma, Singh e Kumar (2010), avaliando a disponibilidade de máquinas agrícolas, afirmam que o sucesso da mecanização depende das boas condições da maquinaria para reduzir o risco de falha nos equipamentos, ou seja, da disponibilidade.

Segundo Moubray (2000), a disponibilidade do equipamento depende da exposição a uma variedade de tensões em função do tempo, que pode ser medida pela produção, distância percorrida, ciclos de operação, tempo calendário ou tempo de utilização. Portanto, existe uma relação direta entre a taxa de deterioração e a idade do ativo.

Analisando a maquinaria agrícola, Kolarik, Bowers e Case (1979) associam a disponibilidade com as seguintes categorias de custos: operacional; serviços; manutenção; reparo e oportunidade (trabalho não realizado).

3 METODOLOGIA

O termo método deriva do grego metá odás, que significa mediante do caminho. A metodologia é compreendida em forma de procedimentos que facilitam atingir o conhecimento real e sistemático dos fenômenos, causas e leis. Entre os métodos utilizados, o estudo de caso faz a descrição de um evento ou teoria para explicar ou descrever um sistema de produção com a finalidade de entender como e por que estes funcionam (OLIVEIRA NETTO, 2008).

3.1 Estudo de caso

Este trabalho contextualiza o método de aplicação da Manutenção Preventiva Total (MPT) utilizado pela usina objeto de estudo por meio da apresentação do ambiente operacional, equipamentos avaliados, metodologia empregada e avaliação dos indicadores de desempenho da colheita mecanizada de cana-de-açúcar obtida em um caso real.

3.2 Caracterização do ambiente de estudo

O estudo foi realizado em uma usina de cana-de-açúcar localizada no Estado de São Paulo, na região de Piracicaba, cuja longitude é 47°38'51" W e latitude 22°43'30" S, durante três safras, 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011, no período de colheita no centro-sul, compreendido entre os meses de abril a dezembro de cada safra.

A área de colheita mecanizada abrangeu aproximadamente 20.000 ha, com solos classificados (EMBRAPA, 2006) em aproximadamente 80% da área em: latossolo vermelho, latossolo vermelho-amarelo, nitossolo vermelho, nitossolo háplico, cambissolo háplico e neossolo quartzarênico (Apêndice A).

No caso presente, as variedades colhidas em aproximadamente 80% das áreas eram os genótipos: RB855156, RB855453, RB867515, SP83-2847, SP89-1115, SP91-1049 e CTC6 (Apêndice B).

3.3 Máquinas avaliadas

Neste estudo, foram analisados os dados de desempenho operacional de colhedoras e do sistema motomecanizado de transbordo na operação de colheita mecanizada. As máquinas operaram em condições reais de campo.

3.3.1 Colhedoras

Durante as três safras estudadas, foram avaliados os resultados operacionais de seis colhedoras, fabricadas no ano de 2007, a Figura 3 ilustra o modelo das máquinas utilizadas. As especificações técnicas estão descritas no Quadro 6.

Fabricante	Modelo	Rodado	Motor	Potência	Corte de Base
Case ¹	A-7700	Esteira	Scania	246 kW	Flutuante Eletrônico

Quadro 6 – Especificações técnicas das colhedoras

Fonte: Catálogo do fabricante

Nota: ¹ A indicação da marca não significa recomendação de uso pelo autor



Figura 3 – Colhedora, fabricante Case, modelo A-7700, integrante do sistema avaliado

3.3.2 Tratores

Na operação de colheita mecanizada estudada, foram avaliados resultados operacionais de seis tratores, sendo três fabricados no ano de 2003, um em 2006 e dois em 2007, a Figura 4 ilustra o modelo das máquinas utilizadas. As especificações técnicas estão descritas no Quadro 7.

Fabricante	Modelo	Motor	Potência	Torque Máximo	Transmissão
Case ²	Magnum 240	Cummins	176 kW	1.176 Nm	18x4

Quadro 7 – Especificações técnicas dos tratores Fonte: Catálogo do fabricante Nota: ² A indicação da marca não significa recomendação de uso pelo autor



Figura 4 – Trator, fabricante Case, modelo Magnum 240, integrante do sistema avaliado

3.3.3 Sistemas Motomecanizados de Transbordo

Nos tratores avaliados foram acoplados dois veículos de transbordo de arrasto (Figura 5), constituindo os sistemas motomecanizados de transbordo (SMT). As especificações técnicas dos veículos transbordos estão descritas no Quadro 8.

Fabricante	Modelo	Potência requerida para dois transbordos	Capacidade de carga	Tipo de engate	Número de eixos
Civemasa ³	TAC 13000	132 kW	13.000 kg	Pino bola	3

Quadro 8 – Especificações técnicas dos veículos transbordos de arrasto

Fonte: Catálogo do fabricante

Nota: ³ A indicação da marca não significa recomendação de uso pelo autor



Figura 5 – Veículo transbordo, fabricante Civemasa, modelo TAC 13000, integrante do sistema avaliado

3.4 Implantação da metodologia MPT

No ano de 2003, visando o aumento da rentabilidade por meio da melhoria contínua dos processos, produtos e serviços, a MPT foi adotada como modelo de gestão na usina estudada.

Desde a safra 2006/2007, a metodologia está sendo progressivamente implantada na área agrícola, sendo a operação de colheita mecanizada de cana-deaçúcar a selecionada como piloto para o desenvolvimento de atividades referentes ao Pilar de Manutenção Autônoma.

3.4.1 Treinamento da metodologia MPT

O treinamento foi um dos pontos fundamentais para a implantação da metodologia MPT. A meta principal foi envolver e qualificar todos os trabalhadores que atuam na operação de colheita mecanizada (operadores de colhedoras e sistemas motomecanizados, mecânicos, eletricistas, motoristas de caminhões, apontadores de produção e gestores operação/manutenção). Sendo difundido o senso de propriedade das máquinas entre os trabalhadores, ou seja, os operadores assumem a responsabilidade pela conservação dos seus equipamentos.

Os principais tópicos abordados nos treinamentos de manutenção autônoma foram limpeza, inspeção, operação correta e segurança, visando eliminar perdas e desperdícios para atingir as metas de quebra zero, defeito zero e acidente zero.

Os treinamentos durante os meses de entressafra foram realizados em sala por um especialista/facilitador da metodologia MPT, utilizando como recursos apresentações e apostilas do Pilar Manutenção Autônoma (MA). Por sua vez, no período de safra, foram realizados treinamentos nas frentes de colheita (on the job) pelos integrantes do Pilar MA (multiplicadores da metodologia MPT).

3.4.2 Pilar Manutenção Autônoma

O Pilar MA foi constituído por um grupo de dez trabalhadores da produção agrícola da usina, fazendo parte trabalhadores das operações de preparo de solo, tratos culturais, serviços agrícolas, colheita mecanizada, qualidade agrícola e manutenção mecânica/elétrica. As reuniões foram realizadas semanalmente de acordo com cronograma preestabelecido.

O objetivo do Pilar MA foi capacitar e habilitar os operadores: na mudança cultural mediante do sentimento de propriedade e zelo pelas máquinas; na detecção de não conformidades na fase inicial e na realização de atividades de reparo.

Os integrantes foram treinados na metodologia MPT para exercer o planejamento das atividades do Pilar MA. As principais atividades desenvolvidas foram elaboração e implantação de inspeções nas máquinas, identificação de não conformidades, lição ponto a ponto, gestão à vista dos indicadores de desempenho, utilização de ferramentas e auditorias periódicas.

3.4.3 Listas de inspeções (Check Lists)

As listas de inspeções da maquinaria serviram como padrões com o propósito de garantir a qualidade e a padronização das inspeções realizadas nas máquinas (colhedoras, sistemas motomecanizados de transbordo e caminhões). Os formulários de inspeções dos equipamentos das frentes de colheita mecanizada foram desenvolvidos pelos integrantes do pilar envolvendo operadores, especialistas de manutenção e gestores de operação/manutenção.

Estes formulários incluíram inspeções de componentes e/ou conjuntos mecânicos, hidráulicos, elétricos, atividades de limpeza e verificação de fluidos (combustível e lubrificante).

Foram elaborados formulários específicos para colhedoras (Quadro 9), sistemas motomecanizados de transbordo (Quadro 10) e caminhões (Quadro 11), bem como

utilizado o verso das folhas de inspeção (Quadro 12) para os apontamentos das verificações.

Para facilitar o acompanhamento das inspeções nos equipamentos pelos gestores das frentes de colheita, foi elaborado um formulário (Quadro 13).

MPT – VERIFICAÇÃO DIÁRIA - COLHEDORA – ABRIL – SAFRA 2011/2012						
INSPEÇÕES	Turno		Dia	S		
INSPEÇOES	Turrio	1	n	31		
Cartadar da pantas: Varificar aporto dos parafusas das facas: folgas	Α					
Cortador de pontas: Verificar aperto dos parafusos das facas; folgas no cubo; trincas (braços, corpo) e vazamentos hidráulicos.	В					
Tio cubo, triricas (braços, corpo) e vazamentos hidraulicos.	С					
Divisor de fileiras: Verificar sapatas (pirulitos); condições dos pinos e	Α					
trinca nas bandejas e vazamentos hidráulicos.	В					
,	С					
Cortador de base: Verificar condições dos discos, calotas, parafusos	Α					
aletas; aperto dos parafusos de fixação; condições dos braços e	В					
vazamentos hidráulicos e nas canelas.	С					
Picador: Verificar afiamento dos facões; condições dos parafusos;	Α					
embreagem; lançadores de toletes; chapa defletora; parafusos do	В					
volante e vazamentos hidráulicos.	С					
Caixa de Bombas: Verificar estrutura da caixa de bombas; trava da	A B					
porta; mangueiras e engates hidráulicos; parafusos de retenção e						
vazamentos hidráulicos.	С					
Elevador: Verificar guias, coroas, correntes e taliscas; desgaste do	Α					
piso; trincas no gavião; pinos dos pistões do giro; mancais de fixação	В					
do elevador; condições do cabo de segurança; pistões do levante e vazamentos hidráulicos.	С					
Extrator Primário: Verificar: vibrações no ventilador; pás das hélices;	Α					
Proteção (cata vento); folgas no cubo; condições do anel de	В					
desgaste do antivórtex e do capuz; parafusos de fixação; trincas no tripé e vazamentos hidráulicos.	С					
Extrator Secundário: Verificar vibrações no ventilador; condições e	Α					
movimento do flap; das pás das hélices; do capuz; corrente de	В					
movimento; parafusos de fixação e vazamentos hidráulicos.	С					
Parte Rodante: verificar trincas no truck; na roda guia; desgaste dos	Α					
roletes e roda motriz; fixação da corrente; condições do braço do	В					
acerador; parafusos das sapatas e vazamentos hidráulicos,	С					
Limpeza dos radiadores e filtros: Remover palhas e sujeiras;	Α					
proteção de tela e radiador; Refrigeração de óleo; filtro decantador	В					
(combustível) e pré-filtro do ar condicionado.	С					

Quadro 9 – Formulário de inspeção de colhedoras

MPT – VERIFICAÇÃO DIÁRIA - SISTEMA MOTOMECANIZADO DE TRANSBORDO ABRIL – SAFRA 2011/2012							
INSPEÇÕES	Turno		ıs				
INSPEÇUES	Turrio	1	n	31			
Verificar: Óleo do motor; Água do radiador; Óleo de transmissão;	Α						
Combustível.							
Combustivei.	С						
Realizar: Limpeza das telas das grades; radiador de água,	Α						
condensador do ar condicionado e resfriador de óleo.	B C						
condensador do ar condicionado e resinador de oleo.							
Inspecionar as correias: não deve estar solta ou apertada demais, se							
estão rachadas ou desfiadas.	B C						
estao faciliadas ou desiliadas.							
Condições básicas (cabine e externo): Realizar de limpeza; Verificar:	Α						
âmpadas queimadas.	В						
	С						
Conferir: Se o pino da barra está corretamente posicionado com a	Α						
barra de tração e o cabeçalho; Trincas na barra de tração e no pino	В						
a trava; Aperto dos parafusos das bolachas e do suporte da barra							
de tração e se a desgaste do pino bola.	С						
Verificar: Vazamentos de ar nos pneus (trator e transbordos);	Α						
Vazamentos nos cubos dianteiros do trator; Aperto das porcas das	В						
rodas e dos pesos, e se há trincas.	С						
Inspecionar: Vazamentos hidráulicos; Condições das abraçadeiras,	Α						
suportes e mangueiras dos pistões hidráulicos; Condições dos	В						
pistões hidráulicos.	С						
Realizar: Drenagem dos tanques de ar; Inspecionar: Condições das	Α						
molas; Condições das cuícas, Condições das mangueiras,	В						
Vazamentos de ar.	С						
Verificar: Condições das estruturas das caixas dos transbordos	A B						
(chapas, suportes e fixações), e roldana de deslizamento.							
	A B						
Testar: Funcionamento dos Transbordos (erguer, bascular, descer).							

Quadro 10 – Formulário de inspeção de sistema motomecanizado de transbordo

MPT – VERIFICAÇÃO DIÁRIA CAMINHÃO – ABRIL – SAFRA	2011/2	012	?	
INSPEÇÕES	Turno	_ D		
IIIOI EĢOEO	_	1	n	31
	Α			
Testar e verificar a existência de lâmpadas queimadas.	В			
	С			
	A			
Verificar carroceria do caminhão.	В			
	C A			
_ ,, , , , , , , , , , , , , , , , , ,				
Realizar drenagem do reservatório de ar.	В			
	C			
Tantana familia ananta da ambasa anan a dan faria	A			
Testar o funcionamento da embreagem e dos freios.	В			
	C			
Conferir as condições do extintor de incêndio e triângulo de	A			
sinalização.	В			
,	C			
Verificar nível de óleo do motor, água do radiador, fluido hidráulico e	A			
combustível.	В			
	C			
	A			
Inspecionar a tensão das correias do motor.	В			
	C			
Canadia managan da ang managan ang atau kanada	A			
Garantir que motor e mangueiras não tenham vazamentos.	В			
	C			
Marifferench and all femanals la felius also male	A			
Verificar chassi, diferencial e feixes de mola.	В			
	C			
lance de la contra dela contra de la contra dela contra de la contra dela contra dela contra dela contra de la contra dela contra del	A			
Inspecionar os pneus, porcas e aperto de rodas.	В			
	C			
Decliner o limpore de cobies a rainal	A			
Realizar a limpeza da cabine e painel.	В			
	C			
Varificantum sian amanta da sandan baraha allé mus	A			
Verificar funcionamento do cardan bomba d'água.	B C			
la constitución de la constituci	A			
Inspecionar as condições das mangueiras e bico do tanque.	B C			

Quadro 11 – Formulário de inspeção de caminhões

	MPT – VERI	FICAÇÃO DIÁRIA	- APONTAMEN	TOS
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:				
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:	1 2 3 3 3 3	10100000		
_				1-
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:				
		1.2		
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:				
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:				
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:	Tarrio	operador	11 Eliquota	Ciarao
3				
				10
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:				
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:				
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:	" 	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	<u> </u>
Data	Turno	Operador	Nº Etiqueta	Status
Descrição:		1 1		l
-				

Quadro 12 – Formulário para apontamentos das verificações

STIQUETAS AZUL VERMELHA C R T C R T			KENT	E 01 – SAFRA 2008/2009			-T: ~				
A	ina	ole	0		ETIQUE						
A	b	ntr	uru	OBSERVAÇÕES	1	١ZU	L	VERMELHA			
A B C C B C C D D C D D D D D	Má	င္ပ	Ĕ		С	R	Т	С	R	Т	
C		•									
STANS STAN		Α									
D A B C A B C A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C C	ဟ				-					-	
D A B C A B C A B C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C C A A A B C C C A A A B C C C C	Š	B									
D A B C A B C A B C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C C A A A B C C C A A A B C C C C	Ö	ь								1	
D A B C A B C A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C C											
D A B C A B C A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C C	돌 	C								1	
D A B C A B C A B C C A A B C C A A B C C A A B C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C A A B C C C C	္ပ									†	
C											
1		D									
1 B C			С								
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S			Α								
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	ğ	1	В								
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	OR										
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	SB										
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	Ž	2									
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	₽										
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S		•									
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S		3			-						
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	8										
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	Z	A .								-	
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	Ž	4								+	
S B C C S S S S S S S S S S S S S S S S	S									1	
C A B C A B C A B C C A B C C C C C C C	Ā	5								+	
C – Número de Etiquetas Colocadas R – Número de Etiquetas Retiradas	ō	•								1	
C – Número de Etiquetas Colocadas R – Número de Etiquetas Retiradas	0									†	
C – Número de Etiquetas Colocadas R – Número de Etiquetas Retiradas	Σ	6								1	
C – Número de Etiquetas Colocadas R – Número de Etiquetas Retiradas	Σ									1	
C – Número de Etiquetas Colocadas R – Número de Etiquetas Retiradas	世						İ				
C – Número de Etiquetas Colocadas R – Número de Etiquetas Retiradas	<u>S</u>	7									
R – Número de Etiquetas Retiradas											
					-						
T – Total de Etiquetas a serem retiradas											

Quadro 13 – Formulário para acompanhamento dos líderes

3.4.4 Padrão de limpeza

O padrão de limpeza/plano de lavagem das máquinas desenvolvido (Quadro 14) teve o propósito de garantir a frequência desta atividade de manutenção nos equipamentos.

Para a limpeza/lavagem das colhedoras e dos sistemas motomecanizados de transbordo foi elaborado um formulário pelos integrantes do Pilar MA, de acordo com o número de máquinas da frente de colheita, tendo como premissa a lavagem diária do elevador (Figura 6) e da caixa de bomba de óleo hidráulico (Figura 7) de todas as colhedoras nos três turnos de trabalho.

Cumpre observar, que os formulários eram enviados mensalmente para os operadores dos caminhões d'água, na forma de cadernos, a fim de estabelecer a rotina diária de limpeza.



Figura 6 - Operador lavando a caixa de bombas da colhedora



Figura 7 - Operador lavando o elevador da colhedora

Máquina	Controle	1º Turno	Status	2º Turno	Status	3º Turno	Status		
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Α	LAVAGEM COMPLETA		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR			
Colhedora	В	CX BOMBA + ELEVADOR		LAVAGEM COMPLETA		ELEVADOR			
Comedora	С	CX BOMBA + ELEVADOR		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR			
	D	CX BOMBA + ELEVADOR		CX BOMBA + ELEVADOR		ELEVADOR			
Máquina	Controle	1º Turno	Status	2º Turno	Status	3º Turno	Status		
Transbordo	3	LAVAGEM COMPLETA							
SMT	4			LAVAGEM COMPLETA					
Observações	S:								
Observações	5:								
Observações		NO DE LAVAGI	EM – DIA	08 DE AGOST	O DE 201	10			
Observações Máquina		NO DE LAVAGI 1º Turno	EM – DIA Status	08 DE AGOST	O DE 201 Status	0 3º Turno	Status		
	PLA		1				Status		
Máquina	PLA Controle	1º Turno LAVAGEM	1	2º Turno CX BOMBA +		3º Turno	Status		
	PLA Controle	1º Turno LAVAGEM COMPLETA CX BOMBA +	1	2º Turno CX BOMBA + ELEVADOR LAVAGEM		3º Turno ELEVADOR	Status		
Máquina	PLA Controle C	1º Turno LAVAGEM COMPLETA CX BOMBA + ELEVADOR CX BOMBA +	1	2º Turno CX BOMBA + ELEVADOR LAVAGEM COMPLETA CX BOMBA +		3º Turno ELEVADOR ELEVADOR	Status		
Máquina	PLA Controle C D	1º Turno LAVAGEM COMPLETA CX BOMBA + ELEVADOR CX BOMBA + ELEVADOR CX BOMBA +	1	2º Turno CX BOMBA + ELEVADOR LAVAGEM COMPLETA CX BOMBA + ELEVADOR CX BOMBA +		3º Turno ELEVADOR ELEVADOR ELEVADOR	Status		
Máquina Colhedora	PLA Controle C D A	1º Turno LAVAGEM COMPLETA CX BOMBA + ELEVADOR CX BOMBA + ELEVADOR CX BOMBA + ELEVADOR	Status	2º Turno CX BOMBA + ELEVADOR LAVAGEM COMPLETA CX BOMBA + ELEVADOR CX BOMBA + ELEVADOR	Status	3º Turno ELEVADOR ELEVADOR ELEVADOR			

Quadro 14 – Formulário de padrão de limpeza

3.4.5 Identificação de não conformidades

O Pilar MA implantou a ferramenta de etiquetas de identificação de não conformidades, com a finalidade de destacar a visualização das inconveniências que poderiam causar uma futura deficiência, prevenindo a ocorrência de falha.

Este recurso foi utilizado, desde que não seria possível o reparo imediato das não conformidades encontradas nas máquinas.

A principal finalidade do controle visual foi facilitar as atividades de planejamento das ações de restauração pelo setor de operação e de manutenção.

As etiquetas (Figura 8) foram confeccionadas no modelo de cinta plástica, para facilitar a fixação no equipamento próximo da não conformidade, sendo numeradas sequencialmente para o controle do fluxo de manutenção.

As de cor amarela (Figura 9) identificaram não conformidades com risco de segurança; as de cor azul (Figura 10) indicavam que a inconveniência seria resolvida pelos próprios operadores; por sua vez, as de cor vermelha (Figura 11) referiam-se a reparo programado a ser realizado por especialistas de manutenção.

Em resumo, o fluxo das etiquetas era: fixação no local, se possível, ou próximo da anomalia; apontamento no caderno de inspeção de todas as não conformidades identificadas; comunicação das etiquetas de cor amarela e vermelha para o líder e aos especialistas de manutenção da frente.

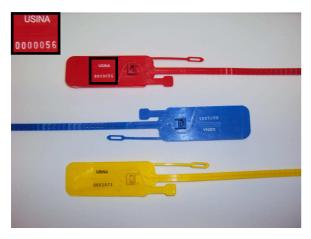


Figura 8 - Etiquetas de identificação de não conformidades



Figura 9 - Lâmpada de freio queimada identificada com etiqueta amarela (segurança)



Figura 10 - Vazamento na mangueira identificada com etiqueta azul (operação)



Figura 11 - Coroa desgastada identificada com etiqueta vermelha (manutenção)

3.4.6 Lição Ponto a Ponto

A Lição Ponto a Ponto (LPP) foi utilizada com a finalidade de ampliar conhecimentos de forma clara e objetiva sobre procedimentos, conhecimento técnicos, melhorias e eliminação de problemas, valorizando o conhecimento das pessoas.

O formulário padrão de LPP, Figura 12, foi elaborado pelos integrantes do Pilar de MA.

No caso presente, as LPP's desenvolvidas pelos operadores foram aprovadas pela supervisão técnica (líderes de frente de colheita e/ou de manutenção) e revisadas quando necessário.



Figura 12 – Exemplo de Lição Ponto a Ponto

3.4.7 Auditorias

As auditorias tiveram o propósito de avaliar o cumprimento e a efetividade das ações planejadas pelo Pilar MA.

O formulário de auditoria (Quadro 15) contendo os itens verificados foi desenvolvido pelos integrantes do Pilar MA.

Descrição	Nota	Observações
Os cadernos de inspeção dos equipamentos estão em bom estado?		
As inspeções estão sendo realizadas diariamente nos três turnos?		
As não conformidades identificadas nas inspeções estão identificadas por etiquetas e descritas no caderno?		
As não conformidades existentes no equipamento foram identificadas nas inspeções?		
O plano de limpeza esta sendo cumprido?		
Os cadernos de inspeção estão sendo analisados e assinados pelos líderes?		
Os líderes estão acompanhando as inspeções das máquinas? Verifique se o caderno dos líderes está sendo preenchido.		
Quais são os EPI's utilizados nessa operação agrícola? Verifique se os trabalhadores possuem e estão utilizando os EPI's necessários nas tarefas.		
Qualifique a qualidade das inspeções apontadas no caderno; as condições da máquina estão de acordo com os apontamentos realizados? () Ruim () Regular () Bom () Ótimo		

Quadro 15 – Formulário de auditoria

Dessa forma, as auditorias foram realizadas com frequência mensal nas frentes de colheita por uma dupla de auditores (integrantes do Pilar). Os relatórios gerados nas auditorias foram analisados em reuniões para orientar a estratégia do Pilar MA, sendo os resultados enviados aos gestores das frentes de colheita mecanizada visando à melhoria contínua na execução das atividades propostas.

3.4.8 Gestão à vista

Os integrantes do Pilar MA elaboraram os padrões de gestão a vista dos indicadores de desempenho da colheita mecanizada, sendo um específico para colhedoras (Figura 13) e outro para os sistemas motomecanizados de transbordo (Figura 14) com a finalidade de informar os resultados.

FRENTE 1 COLHEDORA B			
PRODUTIVIDADE - t	521	579	
CONSUMO DE DIESEL - L/t	1,59	1,18	
CONSUMO DE DIESEL - L/h	49,42	44,16	
Ó LEO H IDRÁULICO - L/t	0,029	0,028	
IMPUREZA M INERAL - kg/t	6,23	5,15	
IMPUREZA V EGETAL - kg/t	37,10	43,60	
PERDAS - %	1,85	2,47	

Figura 13 - Padrão de gestão à vista da colhedora

FRENTE 2 TRATOR 5			
PRODUTIVIDADE - t	309	327	
CONSUMO DE DIESEL - L/t	0,48	0,49	
CONSUMO DE DIESEL - L/h	8,22	8,76	
DENSIDADE DE CARGA - t	34.000	32.700	
QUEBRA ZE	ERO		
DEFEITO ZI	≣RO		
ACIDENTE Z	ERO		

Figura 14 - Padrão de gestão à vista do SMT

Como resultado, foram utilizados crachás de retrovisor veicular para exibirem os padrões dos indicadores nas cabines das colhedoras (Figura 15) e sistemas motomecanizados de transbordo (Figura 16).



Figura 15 - Gestão a vista dos indicadores da colhedora



Figura 16 - Gestão a vista dos indicadores do SMT

3.4.9 Operador mantenedor

Os operadores mantenedores da operação de colheita mecanizada realizaram atividades de MA que visaram à melhoria contínua dos indicadores de desempenho da operação de colheita mecanizada.

Por consequência, os operadores de colhedoras, dos sistemas motomecanizados de transbordo e de caminhões de apoio (oficina, d'água e comboio de abastecimento) realizavam nos três turnos de trabalho as atividades de inspeções dos respectivos equipamentos (Figuras 17 e 18).

Os itens inspecionados eram registrados nas listas e as não conformidades quando encontradas foram identificadas com etiquetas conforme padrão determinado pelo Pilar MA.



Figura 17 - Operador inspecionando as correias do motor do trator



Figura 18 - Operador inspecionando mangueiras do divisor de fileiras da colhedora

Além da inspeção do seu equipamento, o operador do caminhão d'água foi designado como responsável pelo cumprimento do plano de lavagem das máquinas da frente de colheita. A aderência do plano foi registrada diariamente nos três turnos de trabalho no formulário da respectiva frente.

Cumpre assinalar que, atividades de lubrificação (Figura 19) e limpeza das máquinas (Figura 20) faziam parte da rotina dos operadores nas frentes de colheita.



Figura 19 - Operador lubrificando eixo dianteiro do trator



Figura 20 - Operador limpando e inspecionando mangueiras do sistema hidráulico

De modo geral, os operadores de colhedoras e sistemas motomecanizados de transbordo auxiliavam os especialistas de manutenção durante os reparos e manutenção preventiva (Figura 21). Também realizavam atividades de substituição de faquinhas e facões (colhedoras), reaperto de parafusos e reparos para os quais os operadores possuíam habilidade e os recursos necessários (Figura 22).



Figura 21 - Operador auxiliando na manutenção preventiva



Figura 22 - Operador substituindo faquinhas do corte de base

Dando prosseguimento as atividades realizadas, os indicadores de desempenho das respectivas colhedoras e sistemas motomecanizados de transbordo contendo dados de produtividade e consumo de combustível e lubrificantes eram entregues semanalmente. De posse desses dados foi possível à realização de ações corretivas pelos operadores mantenedores visando à melhoria contínua do processo.

Outra atividade realizada pelos operadores mantenedores foi a elaboração de lições ponto a ponto, com a finalidade de transmitir conhecimentos das atividades relacionadas ao equipamento como melhorias, estudos de problemas ou de segurança.

3.5 Coleta dos dados

Os dados dos indicadores de desempenho da colheita mecanizada de cana-deaçúcar foram fornecidos pela usina estudada. A usina realiza a administração da produção agrícola empregando metodologia própria e outras disponíveis por empresas privadas e institutos de pesquisas, utilizando recursos como formulários, coletores de dados eletrônicos, computador de bordo das máquinas e softwares.

Convém ponderar que, o gerenciamento da frota motomecanizada canavieira tem por finalidade a melhoria contínua dos indicadores de desempenho. Nesse sentido, deve-se dizer que os resultados desejáveis são o aumento da produtividade e da qualidade e a redução de custo. No caso presente, a inibição da deterioração do equipamento mediante atividades de conservação poderá também ser evidenciada pela manutenção dos resultados na base de tempo.

O índice pluviométrico utilizado foi referente à média de oito pluviômetros distribuídos nas áreas da usina estudada.

A capacidade operacional das máquinas foi mensurada pela massa de cana processada por unidade de tempo. As capacidades operacionais (t dia⁻¹) das colhedoras e dos sistemas motomecanizados de transbordo nas frentes de colheita foram relativas aos resultados ponderados da massa processada determinada na balança da usina e o tempo definido no formulário de atividades mecanizadas, com exceção dos dados de disponibilidade das colhedoras nas safras 2009/2010 e 2010/2011, no qual foram utilizados dados do computador de bordo.

Dando continuidade ao raciocínio, a disponibilidade de máquinas calculada pela usina foi referente ao tempo total em que a máquina estava apta para realizar o trabalho produtivo, desconsiderando os tempos de reparo mecânico, elétrico, eletrônico, borracharia, espera do especialista e atividades de manutenção como lubrificação e limpeza. Os dados foram coletados nos formulários de atividades mecanizadas, com exceção dos dados de disponibilidade das colhedoras nas safras 2009/2010 e 2010/2011, no qual foram utilizados dados do computador de bordo.

No caso estudado, o consumo de combustível utilizado foi o volumétrico por unidade de massa. O volume de combustível foi determinado com base em dados dos

coletores eletrônicos dos caminhões comboio e a massa de cana processada foi determinada na balança da usina.

Por sua vez, os dados de perdas visíveis utilizados foram referentes aos obtidos nas auditorias aleatórias, eram realizadas dez amostragens por colhedora diariamente (sendo quatro do período noturno e as demais do decorrer do dia), em que foram quantificados os tipos de perda da colheita mecanizada.

Dessa forma, os dados disponibilizados para este estudo foram operacionais. No conjunto de dados operacionais estão incluídas as medidas de desempenho referentes a produtividade, qualidade e custos na safra 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011.

3.6 Análise estatística dos dados obtidos

No estudo, os dados da operação de colheita mecanizada de quatro frentes de trabalho foram referentes às médias de 34 semanas da safra 2008/2009, 36 semanas da safra 2009/2010 e 33 semanas da safra 2010/2011 de seis colhedoras (A, B, C, D, E e F) e seis sistemas motomecanizados de transbordos (1, 2, 3, 4, 5 e 6).

Foram analisados estatisticamente os dados dos indicadores de desempenho comparando as safras: 2008/2009 com 2009/2010; 2009/2010 com 2010/2011; e 2008/2009 com 2010/2011.

Empregou-se o Teste t Student para duas amostras em par para médias no nível de probabilidade de menor ou igual a 5% (p \leq 0,05), foi utilizado o pacote estatístico SAS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se e discute-se, a seguir, os resultados e os parâmetros da estatística descritiva dos indicadores de desempenho referentes a produtividade, qualidade e custos da operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar nas safras dos períodos analisados.

4.1 Índice pluviométrico nos períodos de colheita

A precipitação pluviométrica (mm) durante os meses de colheita na safra 2008/2009 foi de 651 mm; na safra 2009/2010 de 932 mm e na safra 2010/2011 de 370 mm, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Índice pluviométrico (mm) no período das colheitas nas safras avaliadas

	Safras			
Meses	2008/2009	2009/2010	2010/2011	
Abr	32	52	30	
Mai	74	22	20	
Jun	58	47	20	
Jul	0	64	50	
Ago	80	98	0	
Set	50	136	65	
Out	149	125	105	
Nov	45	194	80	
Dez	163	194	0	
TOTAL	651	932	370	

A Figura 23 ilustra a distribuição da precipitação pluviométrica nos meses de colheita nas safras avaliadas.

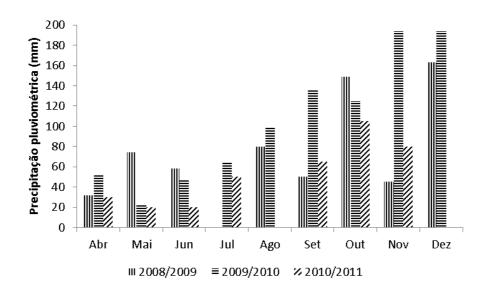


Figura 23 – Precipitação pluviométrica nos meses das colheitas das safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

4.2 Avaliação dos indicadores de produtividade

Analisaram-se as capacidades operacionais das colhedoras e dos sistemas motomecanizados de transbordo, nas frentes de colheita.

4.2.1 Capacidade operacional das colhedoras

As capacidades operacionais (t dia⁻¹) das colhedoras estudadas apresentaram como médias nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 os valores descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias das capacidades operacionais (t dia⁻¹) das colhedoras nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Colhedoras _	Safras		
	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Α	614	531	646
В	580	687	656
С	586	704	748
D	523	575	586
E	497	535	513
F	564	645	625

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises estatísticas das médias das capacidades operacionais das colhedoras nos períodos avaliados.

Tabela 3 – Resultados das análises estatísticas das capacidades operacionais (t dia⁻¹) das colhedoras nos períodos avaliados

Períodos avaliados	Safras			Teste t
i criodos availados	2008/2009	2009/2010	2010/2011	103101
Safra 2008/2009 com 2009/2010	561	613	-	ns
Safra 2009/2010 com 2010/2011	-	613	629	ns
Safra 2008/2009 com 2010/2011	561	-	629	*

^(*) significativo p ≤ 0,05; (ns) não significativo

Observou-se que as médias das capacidades operacionais das colhedoras diferem estatisticamente na terceira safra em comparação com a primeira. Os demais períodos avaliados não diferem entre si, como ilustra a Figura 24.

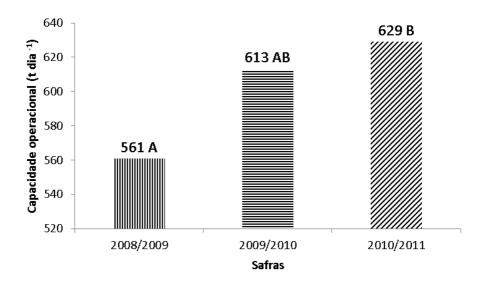


Figura 24 - Médias das capacidades operacionais das colhedoras nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Cumpre observar que a média da capacidade operacional das colhedoras foi de 629 t dia⁻¹ na terceira safra estudada, sendo, 12,12% maior que 561 t dia⁻¹ da primeira e 2,61% maior que 613 t dia⁻¹ da segunda safra, estando a segunda, 9,27% maior que a primeira safra.

Esse fato está associado a maior disponibilidade das máquinas nas frentes de colheita, capacitação dos operadores/gestores e boa conservação e limpeza do corte de base, rolos alimentadores, facões picadores e elevador.

Os valores obtidos nas três safras avaliadas são superiores a 474 t dia⁻¹, encontrados por Pinto (2002) na avaliação de desempenho de frotas da agroindústria canavieira brasileira, na safra 1999/2000 e inferiores a 804 t dia⁻¹, encontrados por Tomazela, Daniel e Ferreira (2010) estudando cinco colhedoras na região de Ribeirão Preto (SP), na safra 2005/2006, o que demonstra a possibilidade de melhoria desse indicador por meio da capacitação dos operadores e melhorias das características de projeto das máquinas, das condições de campo e dos aspectos administrativos.

4.2.2 Capacidade operacional dos sistemas motomecanizados de transbordo

As capacidades operacionais (t dia⁻¹) dos sistemas motomecanizados de transbordo estudados apresentou como média nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 os valores descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias das capacidades operacionais (t dia⁻¹) dos SMT nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

SMT		Safras	
OWIT	2008/2009	2009/2010	2010/2011
1	334	348	429
2	366	381	469
3	355	414	406
4	384	416	433
5	421	411	450
6	370	350	520

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises estatísticas das médias das capacidades operacionais dos sistemas motomecanizados de transbordo nos períodos avaliados.

Tabela 5 – Resultados das análises estatísticas das capacidades operacionais (t dia⁻¹) dos SMT nos períodos avaliados

Períodos avaliados	Safras			Teste t
r enouos availauos	2008/2009	2009/2010	2010/2011	. Teste t
Safra 2008/2009 com 2009/2010	372	387	-	ns
Safra 2009/2010 com 2010/2011	-	387	451	*
Safra 2008/2009 com 2010/2011	372	-	451	*

^(*) significativo p ≤ 0,05; (ns) não significativo

As médias das capacidades operacionais dos sistemas motomecanizados de transbordo na terceira safra estudada diferem estatisticamente das demais. A primeira e a segunda safra analisadas não diferem entre si, como ilustra a Figura 25.

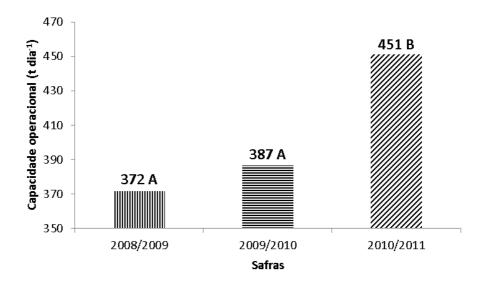


Figura 25 - Médias das capacidades operacionais dos SMT nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

A média da capacidade operacional dos sistemas motomecanizados de transbordo foi de 451 t dia⁻¹ na terceira safra estudada, sendo, 21,24% maior que 372 t dia⁻¹ da primeira e 16,54% maior que 387 t dia⁻¹ da segunda safra, estando a segunda, 4,03% maior que a primeira safra.

Tal fato está associado à maior disponibilidade das máquinas nas frentes de colheita e capacitação dos operadores/gestores.

Ripoli e Ripoli (2008) sugerem que a retaguarda de reparos e manutenção, qualificação dos operadores, tipos de veículo transbordo e gestão do sincronismo do subsistema refletem na eficiência da colheita mecanizada.

Paula et al. (2010) avaliando a emissão de gases de efeito estufa no cultivo de cana-de-açúcar utilizando a colheita mecanizada em uma área de um ha, encontraram valores muito maiores, de 840 t dia⁻¹ (dados transformados de t h⁻¹ para t dia⁻¹), o que demonstra a possibilidade de melhoria deste indicador por meio da capacitação dos

operadores e melhorias das características de projeto das máquinas, das condições de campo e dos aspectos administrativos.

4.3 Avaliação do indicador de qualidade

Neste tópico analisou-se a qualidade de operação da colheita mecanizada avaliando as perdas visíveis, nas frentes de colheita.

4.3.1 Perdas visíveis da colheita mecanizada

As perdas visíveis (%) apresentaram como médias nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 os valores descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Médias das perdas visíveis (%) da operação de colheita mecanizada nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Colhedoras		Safras	
Conteuoras	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Α	2,94	3,10	3,10
В	3,11	2,89	2,89
С	3,27	2,58	2,59
D	2,87	2,91	2,92
E	2,60	2,59	2,60
F	2,82	2,90	2,90

A Tabela 7 apresenta os resultados das análises estatísticas das médias das perdas visíveis da colheita mecanizada nos períodos avaliados.

Tabela 7 – Resultados das análises estatísticas das perdas visíveis (%) da colheita mecanizada nos períodos avaliados

Períodos avaliados	Safras			Teste t
i eriodos availados	2008/2009	2009/2010	2010/2011	. Teste t
Safra 2008/2009 com 2009/2010	3,95	2,94	-	*
Safra 2009/2010 com 2010/2011	-	2,94	2,83	ns
Safra 2008/2009 com 2010/2011	3,95	-	2,83	*

^(*) significativo p ≤ 0,05; (ns) não significativo

Verifica-se, que as médias das perdas visíveis da operação de colheita mecanizada na primeira safra estudada diferem estatisticamente das demais. A segunda e a terceira safra analisadas não diferem entre si, como ilustra a Figura 26.

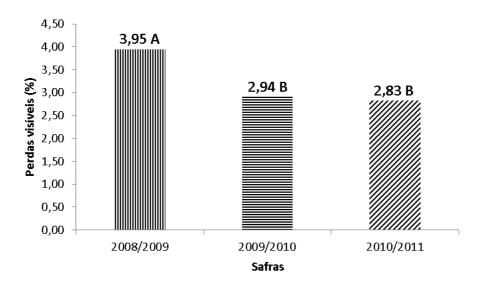


Figura 26 - Médias das perdas visíveis na operação de colheita mecanizada nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Observou-se que as médias das perdas visíveis na operação de colheita diminuíram nas três safras estudadas. Verifica-se que a média da perda visível da segunda safra 2,94% é 25,57% menor que 3,95% da primeira safra estudada. A média da terceira safra 2,83% é 3,74% menor que 2,94% da segunda e 28,35% menor que 3,95% da primeira safra estudada.

Os fatores que contribuíram para esse resultado foram as habilidades dos operados nas regulagens do corte de base, despontadores, rotação do extrator primário e o sincronismo das colhedoras com o sistema motomecanizado de transbordo. A manutenção adequada das faquinhas do corte de base e dos facões picadores e as melhores condições de conservação e limpeza das máquinas também influenciaram nesse resultado.

Os valores das perdas visíveis obtidos nas três safras avaliadas são inferiores aos encontrados por Ripoli (2001), em um estudo sobre a utilização da biomassa da cana-de-açúcar após a colheita mecanizada, verificou perdas de 8,80% com a colhedora Brastoft e 5,60% com a Claas Ventor. Neves, Magalhães e Ota (2004) monitorando a operação de colheita mecanizada encontraram perdas visíveis de 5,68% com a colhedora Cameco CHT. Aplicando controle estatístico na avaliação da colheita mecanizada Silva et al. (2008) verificaram perdas de 4,52% com a colhedora Case A-7700.

4.4 Avaliação dos indicadores de custos

Neste tópico analisou-se o consumo de combustível e a disponibilidade das colhedoras e dos sistemas motomecanizados de transbordo nas frentes de colheita.

4.4.1 Consumo de combustível das colhedoras

Os consumos de combustível (L t⁻¹) das colhedoras apresentaram como médias nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 os valores descritos na Tabela 8.

Tabela 8 – Médias dos consumos de combustível das colhedoras (L t⁻¹) nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Colhedoras		Safras	
Comedoras	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Α	1,260	1,219	1,142
В	1,121	1,343	0,934
С	1,077	0,943	0,956
D	1,259	1,141	1,267
E	1,253	1,334	1,413
F	1,082	1,122	1,223

A Tabela 9 apresenta os resultados das análises estatísticas das médias dos consumos de combustível das colhedoras nos períodos avaliados.

Tabela 9 – Resultados das análises estatísticas dos consumos de combustível (L t⁻¹) das colhedoras nos períodos avaliados

Períodos avaliados		Teste t		
r eriodos availados	2008/2009	2009/2010	2010/2011	. Teste t
Safra 2008/2009 com 2009/2010	1,175	1,184	-	ns
Safra 2009/2010 com 2010/2011	-	1,184	1,156	ns
Safra 2008/2009 com 2010/2011	1,175	-	1,156	ns

^(*) significativo p ≤ 0,05; (ns) não significativo

Nas três safras analisadas observou-se que as médias dos consumos de combustível das colhedoras não diferem estatisticamente nas três safras estudadas, como ilustra a Figura 27.

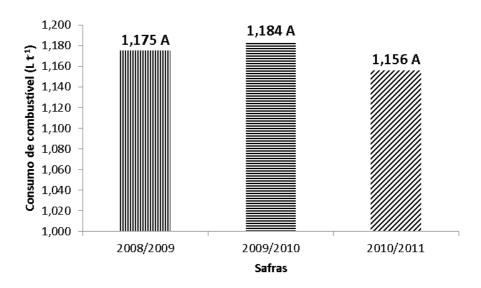


Figura 27 - Médias dos consumos de combustível das colhedoras nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Cumpre observar que a média do consumo de combustível das colhedoras foi de 1,156 L t⁻¹ na terceira safra estudada, sendo, 1,62% menor que 1,175 L t⁻¹ da primeira e 2,36% menor que 1,184 L t⁻¹ segunda safra estudada, estando a segunda safra 0,77% maior que a primeira.

De acordo com Kruglianskas et al. (1986), o consumo de combustível está associado as práticas de manutenção. Além desse fator, é de ser relevado que a idade do equipamento e falhas operacionais também afetam o consumo de diesel (FERNANDES, 2007).

Nas três safras estudadas o consumo de combustível não diferem estatisticamente entre si, demonstrando a tendência de estabilização da deterioração com o aumento da vida útil do equipamento.

Desse modo, vislumbra-se que as habilidades dos operadores nas atividades de manutenção (limpeza, inspeção, identificação de não conformidades e reparo) e operação conforme preceitos técnicos contribuíram para a obtenção desse resultado.

Os valores obtidos nas três safras avaliadas são superiores aos encontrados por Tomazela, Daniel e Ferreira (2010), estudando cinco colhedoras na região de Ribeirão Preto – SP: 0,97 L t⁻¹ na safra 2005/2006, o que demonstra a possibilidade de melhoria deste indicador por meio da capacitação dos operadores e melhorias das características de projeto das máquinas, das condições de campo e dos aspectos administrativos.

4.4.2 Consumo de combustível dos tratores dos sistemas motomecanizados de transbordo

O consumo de combustível (L t⁻¹) dos tratores dos SMT apresentou como média nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 os valores descritos na Tabela 10.

Tabela 10 – Médias do consumo de combustível (L t⁻¹) dos tratores dos SMT nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Tratores dos SMT		Safras	
Tratores dos Om r	2008/2009	2009/2010	2010/2011
1	0,623	0,612	0,526
2	0,555	0,619	0,504
3	0,625	0,629	0,596
4	0,557	0,612	0,588
5	0,519	0,608	0,569
6	0,519	0,628	0,471

A Tabela 11 apresenta os resultados das análises estatísticas das médias dos consumos de combustível dos tratores do SMT nos períodos avaliados.

Tabela 11 – Resultados das análises estatísticas dos consumos de combustível (L t⁻¹) dos tratores do SMT nos períodos avaliados

Períodos avaliados	Safras			Teste t
i eriodos availados	2008/2009	2009/2010	2010/2011	. Teste t
Safra 2008/2009 com 2009/2010	0,566	0,618	-	ns
Safra 2009/2010 com 2010/2011	-	0,618	0,542	*
Safra 2008/2009 com 2010/2011	0,566	-	0,542	ns

^(*) significativo p ≤ 0,05; (ns) não significativo

As médias dos consumos de combustível dos tratores dos SMT na segunda safra estudada diferem estatisticamente da terceira safra. Os demais períodos não diferem entre si, como ilustra a Figura 28.

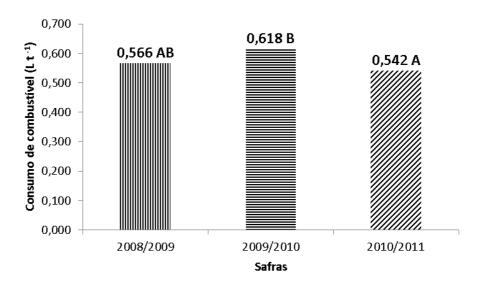


Figura 28 - Médias do consumo de combustível dos tratores dos SMT nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

A média do consumo de combustível dos tratores dos SMT foi de $0,542 \text{ L t}^{-1}$ na terceira safra estudada, sendo, 4,24% menor que $0,566 \text{ L t}^{-1}$ da primeira e 12,30% menor que $0,618 \text{ L t}^{-1}$ da segunda safra, estando a segunda safra 9,19% maior que a primeira.

O fato de, na segunda safra o consumo ser maior, pode estar associado a maior precipitação pluviométrica em razão dos sistemas motomecanizados de transbordo não trabalharem com a capacidade máxima de carga nessa situação, em função das condições não adequadas de trafegabilidade.

Segundo Kruglianskas et al. (1986), o consumo de combustível está associado as práticas de manutenção. Ademais, é de ser destacado que a idade do equipamento e falhas operacionais também afetam o consumo de diesel (FERNANDES, 2007).

O consumo de combustível da terceira safra não difere ao da primeira estudada, demonstrando a tendência de estabilização da deterioração com o aumento da vida útil do equipamento.

Vale lembrar que as habilidades dos operadores nas atividades de manutenção (limpeza, inspeção, identificação de não conformidades e reparo) e operação conforme preceitos técnicos contribuíram para a obtenção desse resultado.

No mesmo sentido Ripoli e Ripoli (2008) enfatizam que o gerenciamento das atividades de reparos e manutenção, qualificação dos operadores, o sincronismo da operação de colheita irão refletir na eficiência da colheita mecanizada.

Os valores obtidos nas três safras avaliadas são superiores aos 0,28 L t⁻¹ (dados transformados de L h⁻¹ para L t⁻¹) encontrados por Paula et al. (2010), estudando a operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar, utilizando no SMT trator de 132 kW, o que demonstra a possibilidade de melhoria deste indicador por meio da capacitação dos operadores e melhorias na seleção do sistema motomecanizado, das condições de campo e dos aspectos administrativos.

4.4.3 Disponibilidade das colhedoras

As disponibilidades (%) das colhedoras estudadas apresentaram como médias nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 os valores descritos na Tabela 12.

Tabela 12 – Médias das disponibilidades (%) das colhedoras nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Colhedoras	Safras			
Comedoras	2008/2009	2009/2010	2010/2011	
Α	89	74	75	
В	90	78	82	
С	91	83	80	
D	80	79	88	
E	78	80	78	
F	85	76	88	

A Tabela 13 apresenta os resultados das análises estatísticas das médias das disponibilidades das colhedoras nos períodos avaliados.

Tabela 13 – Resultados das análises estatísticas das disponibilidades (%) das colhedoras nos períodos avaliados

Períodos avaliados		Teste t		
r eriouos availauos	2008/2009	2009/2010	2010/2011	Teste t
Safra 2008/2009 com 2009/2010	86	78	-	*
Safra 2009/2010 com 2010/2011	-	78	82	ns
Safra 2008/2009 com 2010/2011	86	-	82	ns

^(*) significativo p ≤ 0,05; (ns) não significativo

Verifica-se, pelos valores das médias das disponibilidades das colhedoras, que as da primeira safra diferem estatisticamente em comparação com as da segunda safra avaliada. Os demais períodos não diferem entre si, como ilustra a Figura 29.

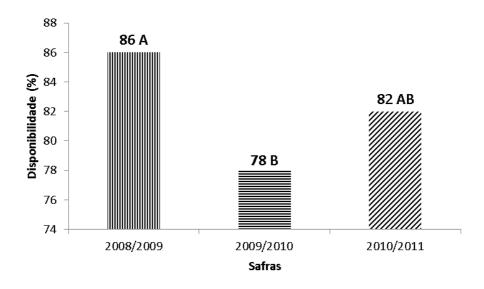


Figura 29 - Médias de disponibilidade das colhedoras nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

A média de disponibilidade das colhedoras foi de 82% na terceira safra estudada, sendo, 4,65% menor que 86% da primeira e 5,13% maior que 78% da segunda safra estudada, estando a segunda safra, 9,30% menor que a primeira.

O fato de a primeira safra apresentar os melhores resultados pode estar associado ao método de coleta de dados para o cálculo da disponibilidade, pois no primeiro período estudado foram utilizadas informações a partir de planilhas preenchidas pelos operadores e nas safras subsequentes foram provenientes do computador de bordo.

Tomazela (2007) estudando sistemas hidráulicos de colhedoras, na região de Ribeirão Preto – SP na safra 2005/2006, encontrou disponibilidade média de 87%, superior aos valores mensurados nas três safras avaliadas.

A tendência de estabilização da deterioração com o aumento da vida útil dos equipamentos, como demonstra a disponibilidade da terceira safra em relação às outras

estudadas, são em virtude do desenvolvimento das habilidades dos operadores nas atividades de limpeza, inspeção, identificação de não conformidades e reparo.

Ripoli e Ripoli (2008) seguem o conceito que a infraestrutura de reparos e manutenção, qualificação dos operadores e gerenciamento das operações de colheita, corrobora com a eficiência das operações mecanizadas.

4.4.4 Disponibilidade dos sistemas motomecanizados de transbordo

As disponibilidades (%) dos sistemas motomecanizados de transbordo estudados apresentaram como médias nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 os valores descritos na Tabela 14.

Tabela 14 – Médias das disponibilidades (%) dos sistemas motomecanizados de transbordo nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

SMT		Safras	
SIVII	2008/2009	2009/2010	2010/2011
1	86	87	91
2	88	90	89
3	89	90	93
4	92	88	87
5	93	92	92
6	87	79	88

A Tabela 15 apresenta os resultados das análises estatísticas das médias das disponibilidades dos SMT nos períodos avaliados.

Tabela 15 – Resultados das análises estatísticas das disponibilidades (%) dos SMT nos períodos avaliados

Períodos avaliados		Teste t		
r enous availaus	2008/2009	2009/2010	2010/2011	. Teste t
Safra 2008/2009 com 2009/2010	89	88	-	ns
Safra 2009/2010 com 2010/2011	-	88	90	ns
Safra 2008/2009 com 2010/2011	89	-	90	ns

^(*) significativo p ≤ 0,05; (ns) não significativo

Nas três safras analisadas observou-se que as médias das disponibilidades dos sistemas motomecanizados de transbordo não diferem estatisticamente nas três safras estudadas, como ilustra a Figura 30.

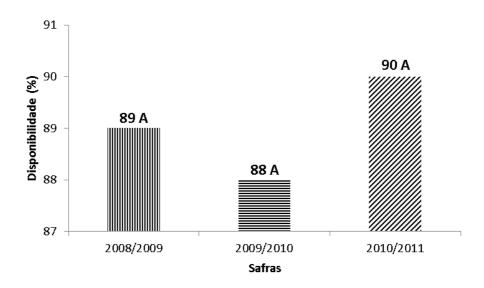


Figura 30 - Médias de disponibilidade dos SMT nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011

Observou-se que a média de disponibilidade dos sistemas motomecanizados de transbordo foi de 90% na terceira safra estudada, sendo, 1,12% maior que 89% da primeira e 2,27% maior que 88% da segunda safra estudada, estando a segunda safra 1,12% menor que a primeira.

Comparando-se, os resultados obtidos nas três safras estudadas, verifica-se que as disponibilidades dos SMT são similares do benchmarking World Class Maintenance (WCM), ou seja, Manutenção Classe Mundial de > 90% citado por Mobley (2002), que se caracteriza pela alta disponibilidade e flexibilidade dos meios produtivos.

A tendência de estabilização da deterioração com o aumento da vida útil dos equipamentos, como demonstra a disponibilidade dos SMT, são em virtude do desenvolvimento das habilidades dos operadores nas atividades de limpeza, inspeção, identificação de não conformidades e reparo.

Em comentário a essa questão, Fernandes (2003) aponta que a melhoria da disponibilidade é obtida por meio da redução das paradas não programadas e da redução do tempo de atendimento nas paradas programadas.

5 CONCLUSÕES

A metodologia Manutenção Produtiva Total demostrou ser eficaz na gestão da operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

As atividades de manutenção autônoma realizadas pelos operadores nas frentes de colheita proporcionaram aumentos nos resultados da capacidade operacional das colhedoras e dos sistemas motomecanizados de transbordo.

Verificou-se a redução das perdas visíveis da colheita mecanizada, este resultado foi influenciado significativamente pelas práticas realizadas pelos operadores mantenedores nas frentes de colheita.

Evidenciou-se a estabilização da deterioração da maquinaria no decorrer de sua vida útil, mediante a tendência da não variação dos resultados de consumo de combustível e da disponibilidade das colhedoras e dos sistemas motomecanizados de transbordo nas safras avaliadas.

Contatou-se que os resultados avaliados de produtividade, qualidade e custos da terceira safra em relação à primeira estudada apresentaram resultados desejáveis, demonstrando que a MPT é uma metodologia que traz resultados em médio e longo prazo.

REFERÊNCIAS

AHUJA, I.P.S.; KHAMBA, J.S. Total productive maintenance: literature review and directions. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v. 25, n. 7, p. 709-56, 2008.

ASSIS, R. Análise multicritério de desempenho de equipamentos. In: ENCONTRO NACIONAL DO COLÉGIO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA ORDEM DOS ENGENHEIROS, 4., 2005, Lisboa. **Anais...** p. 1-16. Disponível em: http://www.rassis.com/artigos/ Performance_equipamento.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

_____. **ABNT Catálogo.** Disponível em: http://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: 17 jul. 2011.

BOHORIS, G.A.; VAMVALIS, C.; TRACEY, W.; IGNATIADOU, K. TPM implementation in Land-Rover with the assistance of a CMMS. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Bradford, v. 1 n. 4, p. 3-16, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas da produção sucroalcooleira.** Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/. Acesso em: 11 dez. 2010.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Classificação brasileira de ocupações.** Disponível em:

http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/pesquisas/BuscaPorTituloResultado.jsf. Acesso em: 12 dez. 2011.

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, jan./abr. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30121.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2010.

CÂMARA, G.M.S. Cana-de-açúcar. In: SOUSA, J.S.I. **Enciclopédia agrícola brasileira**. São Paulo: Edusp, 1998. v. 2, p. 111-120.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília. Informação Tecnológica, 2006. v. 1, 306 p.

FERNANDES, J.A. Avaliação do consumo de combustível de tratores utilizando árvore de falhas (Fault Tree Analysis – FTA). 2007. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAABK3QAC/dissertacao-consumo-combustivel. Acesso em 15 ago. 2010.

FERNANDES, M.A. Como aumentar a disponibilidade das máquinas e reduzir custos de manutenção. **Máquinas e Metais,** São Paulo, p. 316-329, abr. 2003.

GADANHA JUNIOR, 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. 468 p.

GRAY, G.R.; MAGALHÃES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A. Suspensão pantográfica para corte de base de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 766-771, mai./jun. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n3/a96cr780.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2010.

KIYAN, F.M. **Proposta para desenvolvimento de indicadores de desempenho como suporte estratégico.** 2001. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. Disponível em: http://www.teses.usp.br/ teses/disponiveis/18/18140/tde-02082002-075900/pt-br.php>. Acesso em: 25 abr. 2010.

KOLARIK, W.J.; BOWERS, W.; CASE, K.E. Performance analysis of farm machinery: an availability approach. **Transactions of the ASAE,** St. Joseph, v. 22, n. 6, p. 1270-1274, 1979.

KRUGLIANSKAS, I.; SBRAGIA, R.; MAXIMIANO, A.C.A.; BRUGNARO, C.; CABALLOS, R.A.; GUIMARÃES, E. Controle agrícola. In: BRUGNARO, C.; SBRAGIA, R. (Coord.). **Gerência agrícola em destilarias de álcool.** Piracicaba: IAA, Planalsucar, 1986. p. 193-212.

MARCORIN, W.R.; LIMA, C.R.C. Análise de custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. **Revista Ciência & Tecnologia**, Piracicaba, v. 11, n. 22, p. 35-42, jul./dez. 2003. Disponível em: http://www.unimep.br/phpg/editora/ revistaspdf/rct22art03.pdf>. Acesso em: 20 set. 2010.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da produção.** São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.

MARTINS, R.A.; COSTA NETO, P.L.O. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 5, n. 3, p. 298-311, dez. 1998. Disponível em: http://www.dep.ufscar.br/admin/upload//ARTIGO_1148385976.PDF>. Acesso em: 21 set. 2010.

- McKONE, K.E.; SCHROEDER, R.G.; CUA, K.O. Total productive maintenance: a contextual view. **Journal of Operations Management,** Bradford, v. 17, n. 2, p. 123-144, 1999.
- MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.
- MOBLEY, R.K. **An introduction to predictive maintenance.** Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 438 p.
- MOLINA JUNIOR, W.F. Proposta de metodologia descritiva para ensaio padronizado de colhedoras de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). 2000. 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- MORAES, M.A.F.D. 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/a07v37n4.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2010.
- MOUBRAY, J. **Manutenção centrada em confiabilidade.** Tradução de K. Siqueira. 2 ed. Lutterworth: Aladon, 2000. 426 p.
- MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUS, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CP 2, 2006. p. 11-18.
- NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM** Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. 110 p.
- NERY, M.S. **Desempenhos operacional e econômico de uma colhedora em cana crua.** 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; OTA, W.M. Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 764-770, set./dez. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n3/a30v24n3.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- 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 massa de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 787-794, set./dez. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n3/16.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2010.

- NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; MORAES, E.E.; MARCHI, A.S. Avaliação de perdas invisíveis de cana-de-açúcar nos sistemas da colhedora de cana picada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 539-546, set./dez. 2003.
- OLIVEIRA NETTO, A.A. **Metodologia da pesquisa científica:** guia prático para apresentação de trabalhos acadêmicos. 3. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 192 p.
- PALMEIRA, J.N.; TENÓRIO, F.G. **Flexibilização organizacional:** aplicação de um modelo de produtividade total. Rio de Janeiro: Editora FGV-Eletronorte, 2002. 276 p.
- PARK, K.S.; HAN, S.W. TPM Total Productive Maintenance: impact on competitiveness and a framework for successful implementation. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing,** Chichester, v. 11, n. 4, p. 321–338, 2001.
- PAULA, M.; PEREIRA, F.A.R.; ARIAS, E.R.A.; SCHEEREN, B.R.; SOUZA, C.C.; MATA, D.S. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 633-640, maio/jun. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n3/15.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2011.
- PELOIA, P.R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 681-691, jul./ago. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n4/12.pdf>. Acesso em: 19 maio 2011.
- PEREIRA, L.L.; TORREZAN, H.F. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CP 2, 2006. p. 333-344.
- PINTO, R.S.A. Indicadores de desempenho de frota de empresas agroindustriais canavieiras brasileiras. 2002. 110 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-08012003-080351/pt-br.php. Acesso em: 13 set. 2010.
- _____. Manutenção de frotas canavieiras. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar:** colheita, energia e ambiente. Piracicaba, 2007. p. 175-179.
- RIBEIRO, H.; PESQUEIRO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. **Estudos Avançados,** São Paulo, v. 24, n. 68, p. 255-271, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/18.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2011.

RICHARD, C.; JACKSON, W.; WAGUESPACK JUNIOR, H. Harvester trails and extraneous matter in the Louisiana sugar industry. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 24., 2001, Brisbane. **Proceedings...** Mackay, 2001. p. 263-268.

RIPOLI, M.L.C.; RIPOLI, T.C.C. Sistemas de colheita. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 671-693.

RIPOLI, T.C.C. Algumas considerações sobre palhiço como fonte de energia. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CANA E ENERGIA, 2001, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: INEE/IDEA, 2001. 1 CD-ROM.

Capacidade operacional. In: SOUSA, J.S.I. Enciclopédia agrícola brasileira. ão Paulo: EDUSP, 1998. v. 2, p. 148.
Ensaios & certificações de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: IIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificações. Piracicaba: FEALQ, 1996.
. 635-670.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar:** colheita, energia e ambiente. Piracicaba, 2007. 310 p.

_____. Noções sobre técnicas de pesquisa e comunicação científica. Piracicaba, 2011. 229 p.

RODRIGUES, E.B.; SAAB, O.J.G.A. Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na região de Bandeirantes – Pr. Semina. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 4, p. 581-588, out./dez. 2007. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/2889/2447>. Acesso em: 21 jun. 2010.

SALVI, J.V.; MATOS, M.A.; MILAN, M. Avaliação do desempenho de dispositivo de corte de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 201-209, jan./abr. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n1/14.pdf. Acesso em: 23 abr. 2010.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 47.700, de 11 de março de 2003. Regulamenta a Lei nº11.241, de 19 de setembro de 2002, que dispõe so bre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 12 mar. 2003.

_____. Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo. **Colheita Mecanizada da cana-de-açúcar é realidade em aproximadamente 50% do Estado.** São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/verNoticia.php?id=472>. Acesso em: 23 jul. 2011.

- SHARMA, A.; SINGH, J.; KUMAR, K. Availability evaluation of an agricultural machine. **Mathematical Sciences**, Tehran, v. 4, n. 3, p. 295-310, 2010. Disponível em: http://mathscience.kiau.ac.ir/Content/Vol4No3/5.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2011.
- SHIROSE, K. **TPM for workshop leaders.** Translated by B. Talbot. Portland: Productivity Press, 1992. 149 p.
- SILVA, J.E.A.R.; ALVES, M.R.P.A.; COSTA, M.A.B. Planejamento de turnos de trabalho: uma abordagem no setor sucroalcooleiro com uso de simulação discreta. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18, n. 1, p. 73-90, jan./mar. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/gp/v18n1/06.pdf>. Acesso: 19 jun. 2011.
- SILVA, R.P.; CORRÊA, C.F.; CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 292-304, abr./jun. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/eagri/v28n2/a10v28n2.pdf >. Acesso em: 13 out. 2010.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** Tradução de M.T.C. de Oliveira. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p.
- TOMAZELA, M. Administração limpa e enxuta em sistemas hidráulicos de colhedoras de cana-de-açúcar: uma proposta metodológica. 2010. 167 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000436869&fd=y>. Acesso em: 21 jan. 2010.
- TOMAZELA, M.; DANIEL, L.A.; FERREIRA, J.C. Administração limpa e enxuta em sistemas hidráulicos de colhedoras de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 358-366, mar./abr. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n2/v30n2a18.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2010.
- VELOSO, N. **Gerenciamento e manutenção de equipamentos móveis.** São Paulo: Sobratema, 2009. 284 p.
- VIANA, H.R.G. **PCM, planejamento e controle de manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 167 p.
- WILLMOTT, P.; MacCARTHY, D. **TPM:** a route to world-class performance. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. 248 p.
- WIREMAN, T. **Total productive maintenance:** an American approach. New York: Industrial Press, 1991. 192 p.
- XENOS, H.G. **Gerenciando a manutenção produtiva.** Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p.

APÊNDICES

Apêndice A – Classificação dos solos das áreas colhidas no estudo realizado

Classificação dos Solos			
Argissolo amarelo			
Argissolo vermelho-amarelo			
Cambissolo háplico			
Latossolo vermelho			
Latossolo vermelho-amarelo			
Neossolo litólico			
Neossolo quartzarênico			
Nitossolo háplico			
Nitossolo vermelho			

Apêndice B – Variedades plantadas nas áreas colhidas no estudo realizado

Variedades	Variedades	Variedades	Variedades
CTC1	CTC13	RB855546	SP83-2847
CTC2	CTC14	RB867515	SP86-155
CTC3	CTC15	RB925211	SP86-42
CTC4	CTC17	RB925345	SP89-1115
CTC5	CTC20	RB928064	SP90-1638
CTC6	IAC87-3396	RB935744	SP90-3414
CTC7	RB72454	RB946903	SP90-3723
CTC9	RB855113	RB966928	SP91-1049
CTC10	RB855156	SP80-1816	SP91-1285
CTC11	RB855453	SP80-3280	-
CTC12	RB855536	SP81-3250	