



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL
CURSO DE AGRONOMIA



**ENSAIO DE COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*) E
TRATORES AGRÍCOLAS**

Eduardo Festoso Furquim

Florianópolis, SC
Julho de 2014

Eduardo Festoso Furquim

**ENSAIO DE COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*) E
TRATORES AGRÍCOLAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina, para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka
Supervisor: Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças

Florianópolis, SC

Julho de 2014

Eduardo Festoso Furquim

**ENSAIO DE COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*) E
TRATORES AGRÍCOLAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina, para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.
Orientador: Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka
Supervisor: Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças

COMISSÃO AVALIADORA:

Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka / ENR UFSC – Orientador

Prof. Dr. Fernando César Bauer / ENR UFSC

Pesq. Msc. André Luís Tortato Novaes / EPAGRI - SC

DEDICATÓRIA

À minha mãe pela dedicação e amor em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos pelo apoio de sempre.

Ao meu orientador pelo incentivo e atenção.

À todos que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar, a Deus, por minha vida e pela força para superar os momentos de dificuldade.

À minha família, em especial a minha amada mãe Eugênia Maria Teixeira Festoso pela dedicação e que sempre está ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos Henrique Festoso Furquim, Marcos Festoso Furquim e Carolina Festoso Furquim pela companhia, apoio e incentivo.

Ao Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka pela orientação, atenção e confiança.

Ao Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças pela supervisão e oportunidade de realizar o estágio no NEMPA.

À todos que fazem parte do grupo do NEMPA pelos ensinamentos e compreensão.

Aos professores do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina por oferecer um ensino de qualidade.

Ao meu grande parceiro de curso e companheiro de estágio Leonardo Bach Gonçalves.

À todas as amizades feitas durante a graduação.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. DESCRIÇÃO DA INSTITUIÇÃO	15
3. OBJETIVOS	17
3.1 Objetivo geral.....	17
3.2 Objetivos específicos.....	17
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
4.1 O trator agrícola	17
4.2 Colhedora de cana-de-açúcar	18
4.3 Ensaio de máquinas agrícolas	19
4.3.1 Ensaio de tratores e colhedoras	20
4.3.2 Instrumentação	21
4.4 A Cultura da cana-de-açúcar	22
4.5 Sistemas de colheita da cana-de-açúcar	25
4.5.1 Colheita manual.....	25
4.5.2 Colheita semi-mecanizada.....	26
4.5.3 Colheita mecanizada	26
4.7 Colhedoras de cana-de-açúcar	27
4.7.1. Ensaio de colhedoras de cana-de-açúcar.....	29
4.7.2 Desempenho operacional das colhedoras de cana-de-açúcar	30
4.8 Perdas na colheita	33
4.8.1 Perdas visíveis.....	35
4.8.2 Perdas invisíveis	37
4.9 Avaliação das perdas	37

4.10 Impureza mineral e vegetal	38
5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	39
5.1 Instrumentação do trator para ensaio	39
5.1.1 Barras de aço para suporte dos sensores de rotação	40
5.1.2 Tacômetro (Encoder)	41
5.1.3 Sensores de temperatura	42
5.1.4 Fluxômetros	42
5.2 Ensaio da TDP em bancada Dinamométrica	44
5.3 Lastragem do trator	46
5.4 Pesagem do trator.....	47
5.5 Rodados duplos	48
5.6 Pista de Ensaio de Pneus e Máquinas Agrofloretais.....	49
5.7 Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração.....	50
5.8 Aquisição de dados do ensaio	51
5.9 Unidade Móvel de Amostragem de Solos	52
5.10 Ensaio de uma colhedora de cana-de-açúcar.....	53
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Colhedora de cana-de-açúcar e seus compartimentos (NEVES, 2003)	28
Figura 2: Touceira sobre o camalhão (a); sulco fundo e impacto das facas no solo (b), adaptado de Volpato (2001).....	31
Figura 3: Sulco de 20 cm em canavial da Usina Clealco em Mai. 2014.....	31
Figura 4: Classificação de perdas visíveis de cana de açúcar segundo NEVES et al. (2003).....	35
Figura 5: Avaliação das perdas de matéria-prima (Usina Clealco, Unidade de Clementina – SP)	38
Figura 6: Barras de aço para suporte dos sensores de rotação.....	40
Figura 7: Encoder instalado na roda do trator	41
Figura 8: Sensor de temperatura.....	42
Figura 9: Conjunto de Fluxômetro	43
Figura 10: Dinamômetro de rotação acoplado ao trator	45
Figura 11: Bancada do ensaio dinamométrico	45
Figura 12: Lastro sólido na dianteira (a) e colocação de lastro sólido na roda traseira do trator (b).....	47
Figura 13: Pesagem da roda dianteira direita (a) e traseira esquerda do trator de 75cv.....	48
Figura 14: Rodados duplos	49
Figura 15: Pistas de ensaio (Fonte: site NEMPA)	49
Figura 16: Trator de 75 cv sendo ensaiado na UMEB.....	50
Figura 17: Trator de 165 cv com rodado duplado sendo ensaiado na UMEB com um ônibus lastro.	51
Figura 18: Coleta de dados no interior da UMEB	51
Figura 19: Unidade Móvel de Amostragem de Solos realizando trabalho a campo	52
Figura 20: Amostrador Hidráulico Mecânico (a), Penetrômetro Hidráulico Eletrônico (b), UMAS realizando o acionamento do Penetrômetro a campo (c), programa de aquisição de dados da resistência do solo (d)	53

Figura 21: Transbordo acoplado ao trator alinhado com a colhedora do ensaio realizando a colheita da cana-de-açúcar.....	54
Figura 22: Colhedora de cana-de-açúcar do ensaio (a), os quatro discos de corte da colhedora de cana-de-açúcar (b)	55
Figura 23: Fluxômetros instalados na linha de entrada para o sistema de alimentação (a), e no retorno para o tanque de combustível (b)	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de cana de açúcar nos principais países (FAO, 2012)	23
Tabela 2: Notas para o cisalhamento da soqueira, extraído de Salvi (2006).....	34
Tabela 3: Classificação de perdas visíveis (em ilustrações reais), extraído de REIS (2009).....	36
Tabela 4: Classificação das perdas (Fonte CTC, 2009)	37
Tabela 5: Classificação das impurezas minerais (Fonte CTC, 2009)	38
Tabela 6: Classificação das impurezas vegetais (Fonte CTC, 2009)	39

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Capacidade efetiva líquida	32
Equação 2: Capacidade efetiva bruta	36
Equação 3: Capacidade operacional.....	37
Equação 4: Consumo de combustível.....	43
Equação 5: Consumo horário da colhedora	56
Equação 6: Consumo por área da colhedora	57
Equação 7: Consumo por tonelada colhida.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

AET: Aplicativo para Ensaio na Barra de Tração

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CLP: Controlador Lógico Programável

CONBEA: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

CTC: Centro de Tecnologia Canavieira

EUA: Estados Unidos da América

FCA: Faculdade de Ciências Agrônomicas

FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

NEMPA: Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais

OECD: Organization for Economic Cooperation and Development

RTD: Resistance Temperature Detector

TDA: Tração Dianteira Auxiliar

TDP: Tomada de Potência

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

UMAS: Unidade Móvel de Amostragem de Solo

UMEB: Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração

UNESP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

UNICA: União da Indústria de Cana-de-Açúcar

UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas

UNIOESTE: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

USP: Universidade de São Paulo

Ensaio de colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e tratores agrícolas

Autor: Eduardo Festoso Furquim
Orientador: Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka

RESUMO

O presente trabalho foi elaborado a partir do estágio no NEMPA – Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais, da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP), localizada na cidade de Botucatu SP na Fazenda Experimental Lageado. O objetivo do estágio foi acompanhar e auxiliar junto ao grupo do NEMPA os ensaios de máquinas e equipamentos agrícolas, com atenção especial ao ensaio de colhedora de cana-de-açúcar. Sabendo que a colheita mecanizada da cana-de-açúcar vem se expandindo cada vez mais no Brasil, devido a proibição das queimadas, há uma preocupação com o desempenho das colhedoras. Com a colheita mecanizada, as perdas são elevadas e acaba reduzindo a longevidade do canavial, devido à ineficiência do sistema de corte das máquinas. As impurezas que a máquina lança na carga também dão prejuízos às empresas, pois causam desgaste dos equipamentos e interfere na qualidade do produto final. Com a intenção de minimizar as perdas de matéria prima, reduzir o índice de impureza mineral e vegetal na carga e aumentar o rendimento das máquinas, as empresas têm procurado centros que realizam ensaios para levantar dados que possibilitem avaliar características de desempenho nos processos de produção. Vários instrumentos são necessários para realizar o ensaio como: dinamômetro, tacômetro, barômetro, fluxômetros, CLP e termômetros. As atividades desenvolvidas no NEMPA estão descritas nesse trabalho, dentre elas: instrumentação de trator para ensaio, ensaio da TDP em bancada dinamométrica, lastragem e pesagem de tratores, duplagem de rodados, ensaio móvel na barra de tração (UMEB), trabalho com a UMAS e ensaio com colhedora de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Ensaio. Instrumentação. Cana-de-açúcar. Máquinas. Agrícola.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido a partir do estágio no Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais (NEMPA), da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), na Fazenda Experimental Lageado que pertence à Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP), localizada na cidade de Botucatu/SP. O NEMPA foi instituído pelo Departamento de Engenharia Rural em 1999.

O estágio teve início no dia 1 de abril de 2014 e término no dia 7 de junho de 2014, com carga horária de 8 horas/dia, sob supervisão do Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças e orientação do Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka. Os dados obtidos durante os ensaios são parciais e sigilosos, portanto não serão apresentados neste relatório.

O NEMPA realiza ensaios de máquinas de diversas marcas, tipos e potências, de acordo com as normas internacionais, no entanto essas normas ainda não foram oficializadas no Brasil. Os ensaios que são realizados no NEMPA são importantes para a obtenção de informações visando principalmente a melhor tomada de decisão para uma maior eficiência do maquinário agrícola no campo. O NEMPA, além de ensaiar tratores, realiza ensaios de campo com colhedoras de cana-de-açúcar em diversas usinas.

Antes de se iniciar um ensaio é necessário preparar a máquina com um conjunto de instrumentos. Cada instrumento possui uma função específica para coletar informações como temperatura e consumo de combustível que posteriormente são armazenados num sistema eletrônico.

Ensaio uma máquina agrícola é basicamente coletar dados a respeito da mesma, e analisa-los para posteriormente verificar se seu desempenho está de acordo com as especificações apresentadas pelo fabricante. Além disso, os ensaios servem para comparar resultados e assim uma melhor tomada de decisão para quem for escolher uma máquina.

A mecanização na colheita da cana-de-açúcar vem se expandindo cada vez mais, principalmente em áreas onde a declividade é inferior a 12% (NEVES, 2003 apud ROSA et. al, 2009). No entanto, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar vem causando preocupações no setor com perdas quantitativas e qualitativas de matéria prima, e consequente redução da longevidade dos canaviais.

Tradicionalmente no Brasil, a colheita da cultura da cana-de-açúcar era realizada manualmente, mas esse sistema foi aos poucos sendo substituído pelo sistema mecanizado devido às pressões sociais e de ambientalistas.

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar apresenta vantagens e desvantagens sobre os outros tipos de colheita como, por exemplo, a semi-mecanizada. Algumas das vantagens desse sistema são o menor impacto ao meio ambiente, maior acúmulo de matéria orgânica no solo e menor mão de obra. Dentre as desvantagens destacam-se a maior quantidade de impurezas, perdas qualitativas e quantitativas e maior necessidade de mão de obra especializada. As perdas quantitativas se classificam em: toco, rebolo, pedaço, lasca, cana-ponta, cana inteira e estilhaço. As perdas qualitativas são avaliadas através dos danos causados às soqueiras pela colhedora.

As principais causas das perdas quali-quantitativas é o manejo do solo, já que o desgaste das facas do corte basal da colhedora interfere diretamente na qualidade da matéria prima, aumentando as perdas, pois causa danos à soqueira.

Desde a chegada das colhedoras às lavouras de cana, pouca coisa mudou em relação à compactação do solo pela máquina. A compactação do solo prejudica o desenvolvimento da raiz e a nutrição da planta e a condução de impurezas vegetais e minerais para moagem dentro da usina. A mecanização causa danos ao rendimento operacional se não houver um planejamento meticuloso, com mudanças nos processos de colheita e na qualificação de mão de obra (ALCOOLBRAS, 2013).

Atualmente as usinas tentam diminuir suas perdas com a realização do corte rente ao solo, o que muitas vezes acaba aumentando o índice de impureza mineral, devido aos facões entrarem em contato com o solo, podendo arrancar a

soqueira. A cana de açúcar possibilita até 5 a 6 cortes, sendo possível melhorar as condições da lavoura e ajustar a colhedora para próxima safra, recuperando os prejuízos sofridos.

2. DESCRIÇÃO DA INSTITUIÇÃO

A UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”) é uma das maiores e mais importantes universidades brasileiras, se destacando no ensino, na pesquisa e na extensão de serviços à comunidade.

A Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) localizada no Campus de Botucatu-SP está entre as 32 unidades universitárias que compõem a UNESP. A FCA possui os cursos de graduação em Agronomia e Engenharia Florestal, além de cinco programas de pós graduação em Agronomia que são: Agricultura, Energia n Agricultura, Horticultura, Irrigação e Drenagem, Proteção de Plantas e Ciência Florestal. Todos os programas são bem avaliados pela CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - reconhecidos em âmbito nacional e internacional.

A FCA está localizada na Fazenda Experimental Lageado, uma antiga fazenda de café tombada em 2011 pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo. A Fazenda Lageado é um dos pontos turísticos mais visitados da cidade de Botucatu-SP.

Em sua estrutura de ensino existem sete departamentos, são eles: Ciência Florestal, Economia, Sociologia e Tecnologia, Engenharia Rural, Horticultura, Proteção Vegetal, Produção e Melhoramento Vegetal e Solos e Recursos Ambientais. Fazem parte 3 fazendas experimentais, são elas: Lageado (904 hectares), Edgardia (992 hectares) e São Manoel (396 hectares). A FCA também tem um auditório com 350 lugares, anfiteatros, central de salas de aulas com recursos audiovisuais, biblioteca, empresa Juniores e Ginásio de Esportes.

Na FCA também estão instalados a FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, a Prospecta Incubadora de Base Tecnológica, Sítio Modelo e Museu do Café.

O NEMPA é responsável pelas seguintes disciplinas de Pós- Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura: Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais, Dinâmica do Solo na Interação com Rodados e Ferramentas Agrícolas, Agricultura de Precisão e Sistemas Bioenergéticos. Além disso, o NEMPA já abrigou quatro programas de Pós-Doc, sendo 25 teses de doutorado, 27 dissertações de mestrado e 38 orientações de iniciação científica. Além de participar da coordenação de três convênios internacionais: CAPES/MECD (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte) com La Coruña (Espanha), CAPES/FIPSE (Fund for the Improvement of Post Secondary Education) com Western Illinois University e CAPES/FIPSE com Oklahoma State University e University of Arkansas, nos Estados Unidos da América.

O núcleo de ensaio é conhecido nacional e internacionalmente, devido a suas atividades de pesquisa, ensino e extensão que rendeu prêmios na área de mecanização agrícola, diversas publicações de artigos na área máquinas e pneus agrícolas e manejo adequado do solo. Além da publicação dos livros: Ensaio e Certificação de Máquinas de Mobilização do Solo, Predicton and Spacial Variability of Soil Dynamic Properties in Sugar Cane Field of Sao Paulo State, Operações com Tratores Agrícolas, Prevenção de Acidentes com Máquinas Agrícolas e o Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

- ✓ Acompanhar e auxiliar junto ao grupo do NEMPA os ensaios de máquinas e equipamentos agrícolas.

3.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Instrumentar tratores para realização do ensaio e coleta dos dados
- ✓ Realizar ensaio com colhedora de cana-de-açúcar
- ✓ Acompanhar a obtenção e análise dos dados do ensaio
- ✓ Realizar a manutenção das máquinas e equipamentos
- ✓ Participar das atividades diárias feitas no NEMPA
- ✓ Participar de palestras e viagens
- ✓ Adquirir conhecimentos específicos sobre mecanização agrícola

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O Trator agrícola

A principal fonte de potência utilizada para realizar os mais variados processos de produção agrícola é o trator. Segundo a ABNT, o trator agrícola é uma máquina autopropelida dotada de rodas, com ou sem pneus, ou esteiras, projetada principalmente para tracionar implementos agrícolas a ela acoplados. É preciso ter um conhecimento da capacidade produtiva e desempenho de cada máquina para que se possa desenvolver produtos mais eficientes e dessa forma aproveitar da melhor forma possível às características do trator (GABRIEL FILHO et al, 2008),

Segundo Mialhe (1996) um trator é uma máquina autopropelida, capaz de tracionar e fornecer potência mecânica para mover os sistemas independentes

que são acoplados através dos implementos agrícolas. Os tratores agrícolas usam motores de combustão interna para se locomoverem e tracionarem os equipamentos agrícolas, sendo que parte da potência produzida pelo motor é utilizada no eixo da TDP (Tomada de Potência) e do sistema hidráulico. Um trator é uma máquina de tração projetada e recomendada principalmente para fornecer potência aos equipamentos agrícolas.

O trator agrícola é a fonte de potência mais importante do meio rural, contribuindo para o desenvolvimento e avanço da tecnologia dos sistemas de produção de alimentos e também fontes de energias renováveis, tais como o álcool e o biodiesel (MONTEIRO & SILVA, 2009).

4.2 Colhedora de Cana-de-açúcar

De acordo com a Normativa Regulamentadora, NR- 12 aprovada pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978 e atualizada pela Portaria n.º 293, de 08 de dezembro de 2011 define colhedora de cana-de-açúcar como um equipamento agrícola que permite realizar a colheita da cultura da cana-de-açúcar de modo uniforme, por possuir sistema de corte de base capaz de cortar a cana-de-açúcar acompanhando o perfil do solo, além de possuir um sistema de elevador que desloca a cana cortada até a unidade de transporte ou transbordo.

No Brasil, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar surgiu em 1950 com um experimento feito na Usina Monte Alegre em Piracicaba – SP, com uma máquina cortadora de cana que foi importada da Lousiana (EUA). A máquina era montada sobre um trator de 36HP, com um motor auxiliar de 20HP para ajudar a propulsionar o mesmo. Os testes foram feitos com diversas variedades de cana-de-açúcar, e a variedade CO 421 foi a que deu mais rendimento, com 45 toneladas por hectare (VEIGA FILHO, 2002).

Posteriormente, a Usina Societé de Sucrieries Bresilienses, de Piracicaba – SP importou uma colhedora dos EUA que ao invés de montada sobre um trator, o equipamento era montado sobre um caminhão. Foram verificadas várias

dificuldades, pois a máquina deixava a cana no terreno fazendo com que a matéria prima fosse levada para o processamento com muitas impurezas como folhas, raízes e terra. No entanto a máquina permitiu realizar experimentos onde se detectou a necessidade de possuir equipamentos que trabalhassem em terrenos declivosos e cortar a cana acamada e/ou entrelaçada.

A inovação veio com um sistema de levantamento da cana feito por tubos de aço e correias que permitiam reunir as touceiras para o corte e um armazenamento que através de um elevador, despejava a cana em um caminhão de transporte (KALIL, 1960).

O surgimento das colhedoras combinadas que cortam, limpam e lançam no transbordo simultaneamente foi na década de 60, pela SANTAL que começou a importar as colhedoras com capacidade de colher até 25 toneladas por hora. Em 1973 no interior do estado de São Paulo já estavam presentes máquinas colhedoras australianas (Massey Ferguson e Toft). Em 1978, foi fabricada a Santal Amazon que separava a palha e a terra da cana através de ventiladores e dois discos de corte basal (RIPOLI & RIPOLI, 2009).

Em 1977, com os avanços tecnológicos, as colhedoras fabricadas pela Toft dominaram o mercado e mudaram o conceito de colhedora de cana-de-açúcar no Brasil, com a implantação dos mecanismos hidráulicos (RIPOLI & RIPOLI, 2009).

4.3 Ensaio de Máquinas agrícolas

O ensaio de máquinas agrícolas vem sendo realizado há várias décadas e tem sido orientado para o levantamento de dados que possibilitem avaliar características de desempenho nos processos de produção agropecuária e florestal, visando obter informações que possibilitem aos envolvidos na área de mecanização agrícola adotar critérios racionais para tomada de decisão. (MIALHE, 1996).

4.3.1 Ensaio de tratores e colhedoras

A respeito de tratores agrícolas, segundo Mialhe (1996), a metodologia de ensaio deve atender às normas internacionais da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), para que as informações obtidas do ensaio sejam analisadas e comparadas com outros centros de ensaios ao redor do mundo.

Para o trator ser certificado, é preciso atender alguns requisitos como apresentar itens de segurança para o operador, capaz de trafegar em estradas e rodovias, baixo consumo de combustível, conformidade das dimensões normalizadas dos acoplamentos, dimensões gerais, possuir sistema hidráulico, TDP e barra de tração e correta distribuição de massas. Todas essas características devem atender as normas internacionais de regulamentação de tratores agrícolas. (MIALHE, 1996)

Os ensaios de tratores iniciaram-se, como “ensaios oficiais”, na Universidade de Nebraska, USA, em 1920. Atualmente os ensaios são normalmente realizados por instituições oficiais em quase todos os países que possuem parque industrial de fabricação dessas máquinas (MIALHE, 1996).

No Brasil, entre 1965 e 1980, caracterizou-se pelo aperfeiçoamento dos procedimentos, dos equipamentos e das instalações de ensaio de tratores. Na quantificação de desempenho dos tratores são considerados itens como: capacidade do sistema hidráulico, raio de giro, avaliação da potência na TDP e na barra de tração (MIALHE, 1996).

A respeito de colhedoras de cana-de-açúcar, em julho de 2004, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas elaborou uma norma padronizada para ensaio de carregadoras, cortadoras e colhedoras de cana-de-açúcar. Antes da existência da norma, os ensaios eram feitos com metodologias distintas, o que dificultava o confronto de resultados. Independente do tipo de estudo que venha a ser realizado (desempenho de máquinas, perdas de matéria-prima, qualidade da matéria-prima, entre outros), a regra geral é montar um delineamento experimental.

As condições ideais para um ensaio a campo são as seguintes: variedades com sistema radicular profundo; porte do canavial; canavial ereto; produtividade entre 80 a 100 toneladas por hectare; espaçamento de plantio (ideal com 1,50m) compatível com as dimensões da máquina; soqueira nivelada em relação à entre-fileiras de plantio; comprimento da fileira de plantio de no mínimo 200m; carreadores nivelados em relação ao talhão; talhão retangular com declividade preferencial de até 3 a 4%, não superior a 12%. Essas são as condições de campo ideais para que a máquina expresse seu máximo potencial de desempenho (RIPOLI & RIPOLI, 2004).

Antes de iniciar o ensaio, é preciso instrumentar a máquina para que sejam coletados e armazenados os dados durante o ensaio. Um conjunto de instrumentos e sensores são ligados no trator, máquina ou implemento e conectados a um computador.

4.3.2 Instrumentação

Para a instrumentação da máquina é necessária a instalação de alguns equipamentos essenciais para realização do ensaio.

São usados diversos tipos de equipamentos e instrumentos de medida, os quais poderão ser de alta tecnologia ou simples. A precisão dos resultados do ensaio depende muito do conhecimento técnico e da habilidade no manuseio dos instrumentos por parte de quem opera ou supervisiona os ensaios (MIALHE, 1996).

Os equipamentos utilizados em ensaios de máquinas agrícolas são os seguintes:

Dinamômetro de rotação: O dinamômetro é utilizado para medir o torque através da Tomada De Potência (TDP). A potência (cv) é calculada através da fórmula $P = 0,0015 \times F \times T \times n$.

Tacômetro (“encoder”): instrumento que mede diretamente a velocidade angular, fornecendo leituras diretamente em rotações por minuto (rpm) através de sistemas eletrônicos.

Barômetro: mede a pressão atmosférica

Fluxômetros: são medidores volumétricos de consumo de combustível.

Controlador Lógico Programável (CLP): têm a finalidade de converter os pulsos elétricos emitidos pelos sensores de rotação (tacômetro) e converte-los em sinais digitais

Termômetros elétricos: São sensores de temperatura que medem a temperatura em pontos determinados do motor (fluido de arrefecimento, lubrificante, combustível, gases de escape).

4.4 A Cultura da cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar no mundo e no Brasil foi constituída através do cruzamento entre as espécies *Saccharum officinarum* e *Saccharum Barbieri*. O ciclo da cultura é semiperene e é influenciada por grandes variações climáticas (ECCO & CARVALHO, 2004 apud DANIELS & ROACH, 1987). É uma gramínea originária da Ásia, que foi introduzida no Brasil em 1535. A cana-de-açúcar é cultivada numa extensa área territorial, entre os paralelos 35º de latitude Norte e Sul do Equador.

O clima ideal para o ciclo da cultura deve ser aquele quente e úmido para poder proporcionar melhor a germinação, o perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de um clima frio e seco para promover a maturação dos colmos (AGROBYTE, 2014)

A cana de açúcar é umas das culturas mais importantes do agronegócio brasileiro, pois está relacionada com a produção de importantes *commodities* que são o açúcar e o etanol, sendo o Brasil líder mundial em produção dessa matéria prima e maior exportador desses produtos.

Aproximadamente 26 milhões de hectares são cultivados com cana-de-açúcar em todo o mundo. No Brasil, a área cultivada aumentou 40% na última década (FAO, 2012). A Tabela 1 mostra os maiores produtores de cana-de-açúcar.

Tabela 1: Produção de cana de açúcar nos principais países (FAO, 2012)

País	Área Colhida (milhões de ha)	Produção Anual (milhões de t)	Rendimento Médio (t/ha)
Brasil	9.71	721	74.3
Índia	5.09	348	68.3
China	1.80	124	68.8
Paquistão	1.30	97	74.2
Tailândia	1.05	58	55.8
México	0.74	51	69.3
Austrália	0.39	26	76.6
Cuba	0.36	14	39.9
Colômbia	0.35	38	108.6
África do Sul	0.32	17	39.9

O Brasil é o primeiro em produção de açúcar com 25% da produção mundial e 50% das exportações mundiais. Além disso, é o segundo maior produtor de etanol com 20% da produção mundial e 20% das exportações mundiais (UNICA, 2014).

Vários países estão buscando cada vez mais reduzir a emissão de gases poluentes gerados a partir da queima de combustíveis fósseis, substituindo por outras fontes alternativas de combustíveis.

Hoje o Brasil é referência mundial quando se fala de energia renovável e matriz energética, pois aproximadamente 47% de toda a energia vêm de fontes renováveis. O setor sucroenergético desempenha um papel fundamental nesse sentido, pois a cultura da cana-de-açúcar é matéria prima para produção de

etanol e bioeletricidade que corresponde a 18 % da energia consumida pelo Brasil (UNICA, 2014)

Da cana-de-açúcar pode-se aproveitar muitos subprodutos e resíduos, dentre os principais estão: o bagaço , usado como combustível para caldeira, produção de celulose e na alimentação de gado; a torta de filtro, utilizada como fertilizante (rica fonte de fósforo); o melaço, usado na fabricação de álcool etílico, rações e antibióticos; a vinhaça, utilizada para alimentação animal, produção de metano e fertilização do solo; o óleo fúsel, usado para obtenção de álcoois e outras substâncias químicas como o solvente; o álcool bruto usado na produção de álcoois extra-fino e como combustível; a levedura seca, aplicada na ração animal (AGEITEC, 2014). Outro produto tradicional feito a partir da cana-de-açúcar é a cachaça, bebida destilada brasileira que é muito apreciada no mercado interno e externo.

O melhoramento genético é essencial para o aumento da produtividade, permitindo o lançamento de novas variedades que se adaptem às condições de solo e clima de cada região, além de gerar resistência a doenças e pragas. É importante que o produtor possua diversas variedades de cana-de-açúcar na lavoura para reduzir o risco de alguma doença acabar com todo o canavial.

As características mais importantes buscadas pelo melhoramento genético são rusticidades, teor de açúcar, resistência a doenças e pragas, facilidade na colheita (perfilhamento ereto), produtividade elevada, boa brotação, longevidade das socas, rápido desenvolvimento inicial e florescimento adequado.

No Brasil, o lançamento de novas variedades é realizado por instituições públicas e privadas. Dentre elas estão: o IAC (Instituto Agrônomo de Campinas); o CTC (Centro de Tecnologia Canavieira); RIDESA (Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro) (AGEITEC, 2014).

A maior participação no mercado de variedades de cana-de-açúcar é da RIDESA. No ciclo 2013/14, as variedades RB da Ridesa representaram 62% da área plantada com cana-de-açúcar no país. O vice-líder do mercado é o CTC, com 33,8% das áreas plantadas, seguido do IAC com 0,9% de participação (NOVACANA, 2014)

4.5 Sistemas de colheita da cana-de-açúcar

A colheita da cana-de-açúcar destaca-se pelas grandes dificuldades operacionais e altos custos, tanto na colheita manual quanto na mecanizada.

A mecanização da colheita seja ela parcial ou total, é há anos, a única opção para a colheita, quando se considera ergonomia, economia e principalmente do ponto de vista ambiental, pois nesse tipo de colheita não existe queima da palhada e sim o reaproveitamento como fonte de energia (BRAUNBECK e MAGALHÃES,1998).

Foi verificado que a colheita mecanizada, sem a queima da palhada impedia o crescimento de plantas daninhas, devido à falta de luz solar. Isso traz como consequência a redução do uso de herbicidas. Além disso, o processo mecânico, por não utilizar o fogo, contribuí para uma menor perda de água do solo, aumenta a reciclagem de nutrientes e eleva a quantidade de microorganismos existentes no solo (SILVA e GARCIA, 2009). O tipo de colheita da cana-de-açúcar influencia na produção e longevidade do canavial.

Uma colhedora produz o equivalente a 80 homens por dia, além de a máquina poder trabalhar durante 24 horas sem parar (SILVA e GARCIA, 2009).

Atualmente o processo se encontra em uma fase de substituição da manual pela mecanizada (SCHIMDT JUNIOR, 2011), No Brasil são utilizados três sistemas de colheita: a manual, a semi-mecanizada, e a mecanizada.

4.5.1 Colheita manual

A colheita manual é aquele onde o corte e o carregamento da matéria-prima são realizados por mão-de-obra braçal. A mão de obra utilizada no corte manual se torna cada vez mais escassa, devido a atual legislação trabalhista. No corte manual é utilizada a queima do canavial para eliminar a palhada da cultura para facilitar as operações, além de matar animais peçonhentos que oferecem risco aos cortadores.

Um homem realizando o corte manual da cana consegue uma capacidade de 5 até 12 toneladas por dia, com uma carga horária de 10 horas/dia, isso realizando a queima da palhada (FERNANDES, 1984)

4.5.2 Colheita semi-mecanizada

O sistema semi-mecanizado, apresenta o corte manual, sendo que o carregamento mecânico e o transporte são realizados por veículos motorizados (RIPOLI, 1996). O rendimento de uma carregadora varia de 30 a 45 toneladas por hora de trabalho e são feitos montes de aproximadamente 450 a 800 kg de cana, dependendo do tipo da carregadora. As carregadoras podem ser autopropelidas ou acopladas no chassi do trator (MIALHE ,1996).

4.5.3 Colheita mecanizada

Segundo Ripoli & Villanova (1992), as dificuldades que os usineiros tinham para implantar a mecanização completa eram: o baixo número de colhedoras, deficiência do corte de base, falta de infraestrutura no campo e terrenos não apropriados para a colheita mecanizada.

O sistema mecanizado é aquele onde as operações de corte, carregamento e transporte ocorrem através de maquinário. Existem as máquinas que cortam e deixam a cana no terreno para depois fazer o carregamento mecânico e outras máquinas que realizam o corte fracionado, a limpeza parcial e o carregamento dos colmos direto nas carretas de transporte (RIPOLI, 1977).

A colheita mecanizada permite o carregamento da cana picada diretamente no sistema de transporte (transbordo). Além disso, apresenta vantagens como redução do custo, aumento do desempenho operacional e diminuição do impacto ambiental.

Segundo Volpato (2001), a colheita mecanizada reduz a qualidade da matéria prima, pois muitas vezes as lâminas do corte de base trabalham abaixo da superfície do solo. O corte mecanizado apresenta desvantagens como: perdas de cana no campo, redução da qualidade da matéria prima e redução da longevidade do canavial. Além disso, as impurezas vegetais e minerais prejudicam os equipamentos e a eficiência de moagem na usina.

Segundo Ripoli (1996), os aspectos que interferem na colheita mecanizada são variados como o solo, relevo, variedade da cana, espaçamento, formato do talhão, além do tipo de equipamento utilizado. A qualidade da matéria prima envolve desde cuidados do solo, fitossanitários até o momento da colheita.

A colheita mecanizada torna o rebrote irregular, em função do esmagamento dos colmos, da remoção das soqueiras e da altura inadequada de corte, além da compactação que a máquina causa no solo. De acordo com Nussio & Schmidt (2006), a manutenção inadequada das facas das colhedoras prejudica as touceiras, causando esmagamento dos colmos e removendo as soqueiras.

4.7 Colhedoras de Cana-de-açúcar

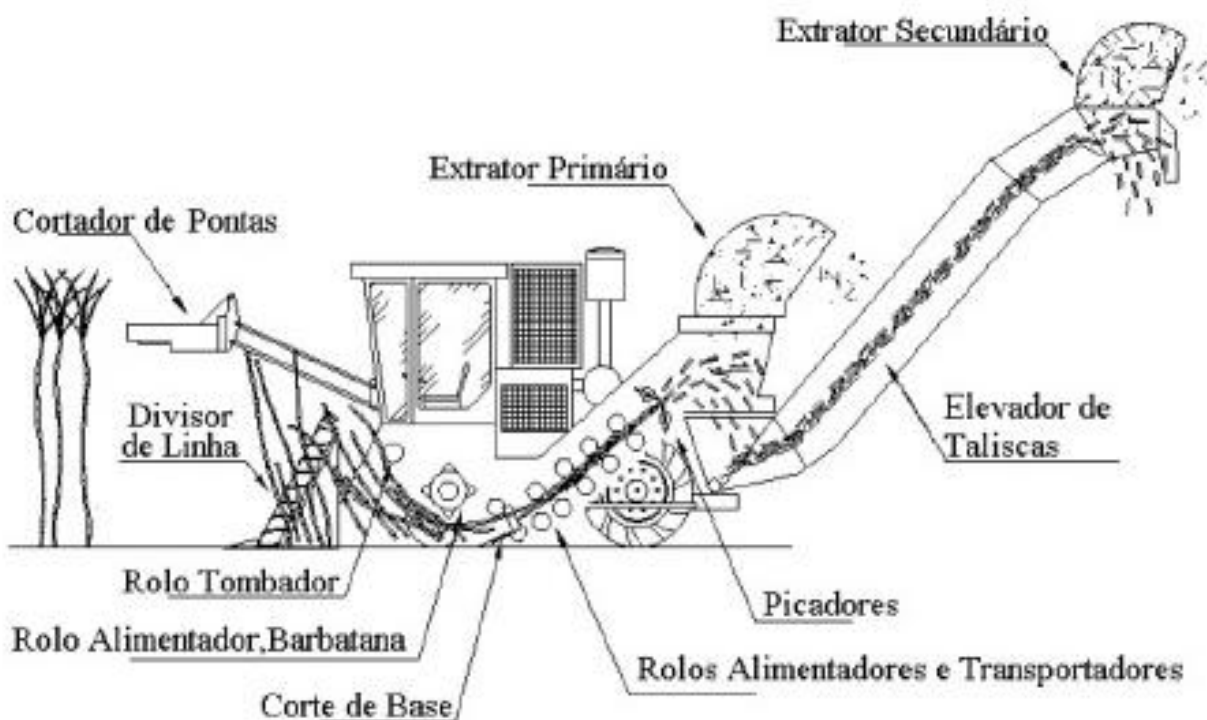
Com o aumento da demanda da matéria prima e competitividade dos preços dos produtos, o setor busca inovações tecnológicas de colheita que visam proporcionar uma redução das perdas e das impurezas minerais, e conseqüentemente obter um maior lucro (MAGALHÃES et al., 2008).

As máquinas existentes para realizar a colheita da cana se dividem em 4 tipos: cortadoras, cortadoras-enleiradoras, cortadoras-amontoadoras e colhedoras. As cortadoras somente fazem o corte basal da cana. As cortadoras-enleiradoras realizam o corte basal, cortam o ponteiro e depositam os colmos em forma “esteirada” no terreno. As cortadoras-amontoadoras são parecidas com as descritas anteriormente, porém elas amontoam os colmos, facilitando o carregamento. E por fim as colhedoras que realizam o corte dos ponteiros, corte basal, corte fracionado dos colmos em rebolos, além de realizar a limpeza parcial das impurezas mineral e vegetal por fluxo de ar e/ou gravidade. Ainda

descarregando diretamente na carreta de transporte ou transbordo (RIPOLI, 1984).

Na Figura 1 está esquematizada uma colhedora e seus compartimentos. Esse tipo de colhedora recolhe a matéria prima cortada pelo cortador de ponteiros e corte basal para dentro da máquina, onde os colmos são picados em rebolos. As impurezas vegetais são parcialmente eliminadas através do sistema de ventilação (extratores), e os colmos picados são conduzidos através de “esteiras” ou lançadores e correntes até os veículos de transporte (transbordos) (FURLANI NETO, 1995).

Figura 1: Colhedora de cana-de-açúcar e seus compartimentos (NEVES, 2003)



A cultura da cana-de-açúcar, por ser um material biológico, tende a sofrer rápidas mudanças na qualidade como matéria prima para a usina, necessitando no processo de colheita que as colhedoras preservem as características qualitativas e reduzam o máximo possível de impurezas minerais (partículas do solo) e vegetais (palha, folhas e ponteiros). Sendo assim, as máquinas devem apresentar requisitos mínimos relacionados ao manejo (facilidade de manejo,

estabilidade, durabilidade, consumo de combustível e lubrificante), ao modo operacional (qualidade e quantidade de trabalho oferecido) e a dinâmica (potência de trabalho em diferentes condições) para serem certificadas. (RIPOLI et. al, 1987 apud MORENO, L.M. 2011).

Na safra 2006/2007 o estado de São Paulo possuía uma frota de 753 colhedoras, com 34% do canavial colhido mecanicamente. Na safra 2012/2013 a quantidade de máquinas subiu para 2.890, o que elevou a área colhida para 65,2% (AICCOOLBRAS, 2014).

4.7.1. Ensaio de colhedoras de cana-de-açúcar

Para realizar ensaios de colhedoras de cana-de-açúcar são necessárias condições de campo adequadas como porte do canavial tendendo a ereto, produtividade entre 80-100 toneladas por hectare, espaçamento do plantio compatível com a bitola da máquina e terreno em nível e sem obstáculos, além de possuir operadores habilidosos para colheita.

Segundo Ripoli (2009), o material necessário para se realizar um ensaio no campo são os seguintes: cronômetro sexagesimal (com precisão de segundos); célula de carga com display digital; balança portátil com precisão de 1grama; paquímetro; determinador de umidade instantânea do solo ou dispor de um laboratório de estufa; latas de alumínio com tampa e fita crepe. Sacos plásticos; estacas; piquetes e trena. Deve-se efetuar 8 repetições, por tratamento desejado, e em cada uma das repetições demarcar 6 subamostras, casualizadamente, de 3m de comprimento (na fileira de plantio) x 7m (transversalmente à mesma fileira de plantio), perfazendo-se uma área de $21m^2$, quando o espaçamento entre fileiras de plantio é de 1,4m. Antes de se iniciar a ação da máquina, nestas 6 sub amostras limpar totalmente cada área amostral, retirando-se todo material vegetal que se encontrava sobre ela usado sacos plásticos Dessa forma a área estará limpa para a próxima repetição. Sobre uma lona plástica os constituintes de material vegetal que ficaram sobre o terreno, devem ser separados e pesados individualmente.

A condição do canavial influencia no desempenho operacional das máquinas, por isso é necessário conhecer as características do campo como: o comprimento médio e diâmetro dos colmos, densidades médias de colmos e de impurezas por metro linear, porte do canavial e teor de água do solo (RIPOLI, 1996)

O ciclo operacional é caracterizado por uma série de eventos de manejo da colheita, são eles: o deslocamento para a fileira de plantio para a colheita, interrupções no momento da colheita e a manobra feita na cabeceira. Dessa forma, o início de um ciclo operacional começa no deslocamento da máquina para realizar a colheita e termina após a chamada “manobra de cabeceira” (RIPOLI & RIPOLI 2009).

De acordo com Lyra et. al 2013, o consumo de combustível de uma colhedora varia de acordo com a rotação do motor e a velocidade de deslocamento durante o processo de colheita. Ainda segundo Lyra et. al 2013 , em áreas de menor produtividade o menor consumo foi observado com a menor rotação e quanto maior a velocidade, maior o consumo horário de combustível, porém se verificou um melhor resultado para consumo por tonelada de cana em maiores velocidades.

A alta produtividade do canavial (acima de 120 t/ha) reduz a capacidade operacional de certas colhedoras, pois nesse caso é necessária a redução da velocidade de trabalho. A cana acamada aumenta a probabilidade de “embuchamento” da máquina (RIPOLI & RIPOLI, 2004).

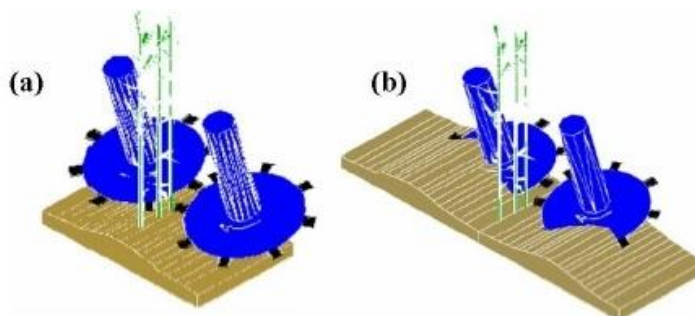
4.7.2 Desempenho operacional das colhedoras de cana-de-açúcar

Segundo Mialhe e Carraro Neto (1993), o desempenho operacional é um conjunto que reúne vários aspectos, são eles: capacidade de colheita, qualidade do processamento do produto, funcionalidade mecânica, ergonomia e segurança.

As condições de campo refletem, e muito no desempenho operacional das colhedoras. Alguns fatores importantes são: características morfológicas e

fisiológicas das variedades cultivadas, porte do canavial, espaçamento de plantio, textura do solo, umidade do solo, condição dos sulcos de plantio, estado dos carregadores, declividade do terreno e sistematização (RIPOLI, 1977). Além dessas condições de campo, o operador influencia bastante no desempenho operacional da máquina. As curvas de nível e áreas com declives acentuados são um problema para as colhedoras. A Figura 2 mostra o posicionamento das lâminas em relação ao solo.

Figura 2: Touceira sobre o camalhão (a); sulco fundo e impacto das facas no solo (b), extraído de Salvi (2006)



A colhedora apesar de possuir variações na altura de corte, ela é projetada para cortar os colmos um pouco acima da superfície do solo, com a linha devendo estar sobre um leve camalhão. No Brasil, essa condição é rara, pois o sistema de preparo do solo e de plantio é inadequado, não favorecendo a colheita mecanizada (VOLPATO, 2001 apud RIPOLI; RIPOLI, 2004). Na Figura 3 é possível observar a profundidade do sulco.

Figura 3: Sulco de 20 cm em canavial da Usina Clealco em Mai. 2014



De acordo com Ripoli e Ripoli (2009) a velocidade de deslocamento das colhedoras é influenciada diretamente pelas condições do terreno e da cultura. Geralmente as colhedoras trabalham até 9,0 km/h, mas durante a colheita ficam entre 4,0 a 6,0 km/h, devido as más condições dos talhões. A velocidade da colhedora deve ser ajustada de acordo com as condições do talhão e a produtividade estimada da área.

Segundo Ramos et. al (2013), o tamanho do talhão interfere no rendimento operacional. Os autores observaram que a medida que o comprimento do talhão diminui, o rendimento efetivo da máquina também diminui e conseqüentemente a capacidade operacional é prejudicada devido a maior quantidade de manobras feitas.

Segundo Ripoli (1996), a capacidade efetiva de uma colhedora de cana-de-açúcar é definida como a quantidade de trabalho que um conjunto de máquinas é capaz de executar na unidade de tempo. A capacidade efetiva pode ser líquida, bruta e operacional.

A capacidade efetiva líquida é a quantidade de matéria-prima processada pela máquina numa unidade de tempo, que pode ser calculada através da seguinte equação:

$$\text{Equação 1: } CE_i = D_c \times N_e \times V_{ens} \times EM/100$$

Onde:

CE_i - capacidade efetiva líquida, em kg s⁻¹;

D_c = massa média de cana na linha, em kg m⁻¹;

N_e = número de linhas por eito colhido pela máquina;

V_{ens} = velocidade da máquina durante o ensaio, em m s⁻¹;

EM = eficácia de manipulação, em %.

A capacidade efetiva bruta é a quantidade de material liberado no veículo de transporte, que pode ser calculada com a seguinte equação:

Equação 2: $CEb = We/Te$

Onde:

CEb = capacidade efetiva bruta, em kg s⁻¹;

We = produto colhido lançado no veículo de transporte durante o ensaio, em kg;

Te = tempo cronometrado de ensaio, em s.

A capacidade operacional é a razão entre a quantidade de cana colhida e o tempo disponível de operação da colhedora, que pode ser calculada pela seguinte equação:

Equação 3: $COj = Qj/Tj$

Onde:

COj = capacidade operacional de jornada, t h⁻¹;

Qj = cana colhida em um dia de trabalho da máquina, t;

Tj = duração da jornada da máquina, h.

4.8 Perdas na Colheita

Segundo Fernandes & Irvine (1986 apud MORENO, 2011), as perdas de matéria prima acontecem principalmente na colheita (desponte e corte basal), no carregamento e no transporte até a usina.






As perdas e a contaminação com impurezas minerais durante o processo de colheita estão relacionados diretamente com o relevo do solo e com o estado das lâminas do corte basal (OLIVEIRA, 2003).

Quando os sulcos são realizados a uma profundidade de 30 cm, a operação de corte da máquina é prejudicada devido ao desnível do solo (BRAUNBECK & MAGALHÃES, 1998). Quando a linha de plantio se encontra dentro do sulco ocorre o dilaceramento da soqueira, devido a menor resistência de sustentação pelo colmo ao corte. Além de desgastar as facas por entrar em

contato com o solo. Essa situação deixa o corte heterogêneo e fragmentado e conseqüente aumento de perdas no campo e da probabilidade de doenças na soqueira. (RIPOLI & RIPOLI, 2004).

A Tabela 2 mostra as notas do estado das soqueiras.

Tabela 2: Notas para o cisalhamento da soqueira, extraído de Salvi (2006)

Conceito	Nota	Exemplo visual
Ótimo	5,0	
Muito Bom	4,0	
Bom	3,0	
Regular	2,0	
Ruim	1,0	

Devido a ineficiência dos sistemas de corte das máquinas, como a altura de corte sendo muito alta, pedaços fixos ficam no solo, sendo assim quanto pior for o sistema de cultivo da lavoura, maior será a altura de corte. Isso acontece quando o sulco de plantio é muito profundo o que prejudica o corte basal pela máquina durante o processo de colheita (BALSALOBRE et al., 1999), em certos casos, as perdas chegam a 10% (BRAUNBECK, 1999 apud SILVA & GARCIA, 2009).

Segundo Younger (1980 apud NEVES 2003), o aumento da rotação dos extratores/ventiladores das colhedoras, pode elevar muito as perdas de matéria prima. O sistema de extratores e/ou ventiladores são os principais responsáveis pela ocorrência de perda de matéria-prima.

Durante o processo de colheita existem as perdas visíveis e invisíveis. As perdas visíveis podem ser facilmente detectadas no campo e as invisíveis

ocorrem na forma de caldo, serragem e pequenos estilhaços durante o processamento da matéria prima. O CTC (Centro de Tecnologia Canavieira, 2009) vem estudando e quantificando as perdas da cultura da cana-de-açúcar a fim de reduzi-las.

4.8.1 Perdas visíveis

As perdas visíveis estão relacionadas às características da variedade como produtividade, teor de fibra e quantidade de palha, à preparação do terreno como espaçamentos entre linhas, sistematização do plantio, declividade, quebra de lombo e dificuldade de visualização e também à operação como velocidade de trabalho da colhedora, estado de uso dos equipamentos (facas de corte, rolo picador), velocidade do exaustor primário, altura de corte e até horário da colheita (BENEDINI et. al ,2009). A Figura 4 e a Tabela 3 a seguir mostram a classificação de perdas visíveis.

Figura 4: Classificação de perdas visíveis de cana de açúcar segundo NEVES et al. (2006)

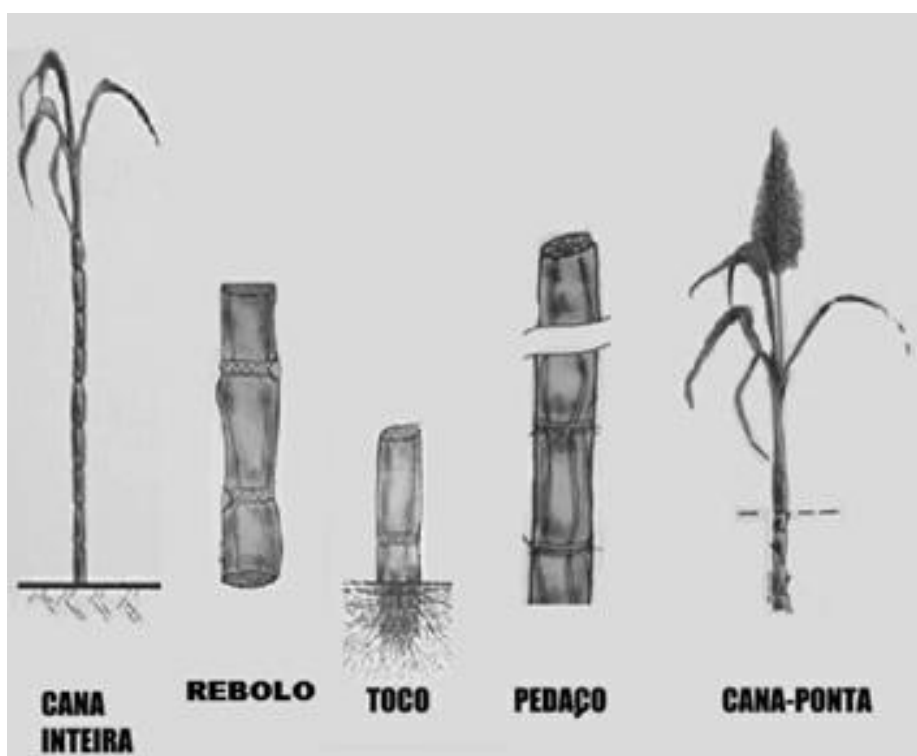


Tabela 3: Classificação de perdas visíveis (em ilustrações reais), extraída de REIS (2009)

ATRIBUTOS	DESCRIÇÕES	ILUSTRAÇÃO
Rebolo repicado	Fração do colmo com o corte característico do facão picador ou do corte de base, em ambas as extremidades.	
Cana inteira	Fração de cana com tamanho igual ou superior a 2/3 do comprimento total, preso ou solto ao solo pelas raízes.	
Cana-ponta	Fração de colmo deixada no solo e agregada ao ponteiro.	
Pedaço fixo	Segmento médio de cana (maior que 0,20 m), necessariamente preso ao solo.	
Pedaço solto	Segmento médio de cana (maior que 0,20 m), necessariamente solto ao solo.	
Lasca	Fração segmentada do rebolo.	
Estilhaço	Fragmentos de cana dilacerados.	
Toco	Fração do colmo cortada acima da superfície do solo, presa às raízes não arrancadas, com comprimento menor ou igual a 0,2 m.	

4.8.2 Perdas invisíveis

As perdas invisíveis são de difícil identificação no campo. Esse tipo de perda está relacionadas com o estado das facas do corte de base e do facão picador, com a velocidade de rotação dos extratores, com a variedade da cana cultivada e com o modelo da colhedora.

4.9 Avaliação das perdas

Avaliação de perdas na Usina Clealco é realizada demarcando uma área de 10 m² por ponto, sendo no mínimo 10 pontos aleatórios por área, abrangendo duas linhas. São separadas em lascas, toletes, pontas, pedaços, toco e cana inteira e posteriormente pesados separadamente e calculada as perdas para um hectare. Dessa forma, a quantificação de perdas é indispensável para poder tomar as decisões necessárias.

As lascas são os pedaços mais representativos na avaliação das perdas, sendo causadas pela rotação do extrator primário. Com a alta rotação, os toletes são dilacerados em pedaços, lascas e serragens. Na Tabela 4 é observado o nível de perdas. Na Figura 5 é verificada a avaliação de perdas feita a campo.

Tabela 4: Classificação das perdas (Fonte CTC, 2009)

Nível de perdas	Percentual de Perdas (%)
Baixa	< 2,5
Média	2,5 < 4,5
Alta	> 4,5

Figura 5: Avaliação das perdas de matéria-prima (Usina Clealco, Unidade de Clementina – SP em Mai. 2014)



4.10 Impureza mineral e vegetal

A impureza mineral é composta por terra e pequenas pedras. A impureza vegetal é composta por palha, ponteiros. A presença dessa material no meio da cana crua prejudica o processamento da matéria prima, pois causa desgaste dos equipamentos e interfere na qualidade do produto (perda de sacarose). Na Tabela 5 são observados os níveis de classificação das impurezas minerais.

Tabela 5: Classificação das impurezas minerais (Fonte CTC, 2009)

Classificação das impurezas minerais	Percentual de impurezas minerais (%)
Baixa	< 0,3
Média	0,4 a 0,6
Alta	> 0,6

A impureza vegetal causa um menor peso na carga, tornando o trabalho mais oneroso e ineficiente na extração de caldo. Na Tabela 6 é verificado a classificação das impurezas vegetais.

Tabela 6: Classificação das impurezas vegetais (Fonte CTC, 2009)

Classificação das impurezas vegetais	Percentual de impurezas vegetais (%)
Baixa	< 3
Média	4 a 6
Alta	>7

Em uma pesquisa Neves et. al (2006), observou que o alto nível de perdas de matéria-prima pelas colhedoras ou a ineficiência na limpeza está relacionado ao gradiente de fluxo de ar na câmara de limpeza que sofre grandes variações na velocidade do ar e conseqüente maiores perdas visíveis e invisíveis.

De acordo com Moraes (1992), a cana colhida por colhedoras que picam a matéria-prima apresentam 2,7 vezes mais impurezas que a cana cortada manualmente e colhida mecanicamente. Em certos casos a quantidade de terra incorporada aos colmos está entre 3 a 5 kg t¹ (BRAUNBECK, 1999).

A cana com impurezas reduz, ao ser processada dentro da usina, as eficiências de filtragem e clarificação do caldo, o que diminui a qualidade final do açúcar produzido (RIDGE & DICK, 1992 apud SILVA & GARCIA, 2009).

Dessa forma, a quantificação de perdas é indispensável para poder tomar as decisões necessárias.

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

5.1 Instrumentação do trator para ensaio

Um conjunto de instrumentos e sensores foram ligados no trator e conectados a um computador. Para a instrumentação foram usados os seguintes equipamentos: barras de aço acoplada na traseira e dianteira do trator para servir

de suporte para os sensores de rotação (“encoders”), sensores de rotação na TDP e nas rodas traseiras e dianteiras, sensores de temperatura, Controlador Lógico Programável (CLP), fluxômetros para medir o consumo de combustível.

Durante o estágio, foram ensaiados dois tratores: o primeiro com potência do motor de 75cv e rotação máxima de 1600rpm. O segundo com potência do motor de 165cv e rotação máxima de 2100rpm.

A instrumentação e o ensaio na bancada dinamométrica foram realizados no galpão do NEMPA, e os ensaios na barra de tração foram feitos na pista de ensaios. Ambos serão descritos nos tópicos seguintes.

5.1.1 Barras de aço para suporte dos sensores de rotação

As barras fixadas na traseira e dianteira do trator tem a finalidade de servir de suporte para os sensores de rotação. As barras foram firmemente fixadas com auxílio de cordas. Para amarração e fixação dos fios dos sensores foram usadas cintas plásticas (“enforca-gatos”), fitas plásticas e elásticos. Na Figura 6 a seguir é possível observar as barras de aço servindo de suporte.

Figura 6: Barras de aço para suporte dos sensores de rotação

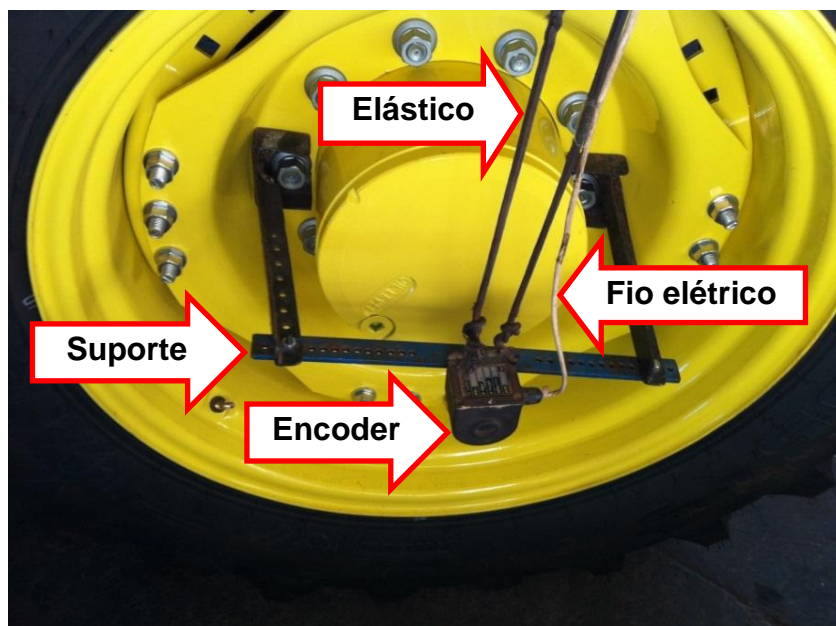


É importante que os sensores das rodas não fiquem frouxos e girem em torno do próprio eixo, isso mascararia os resultados da patinagem. Em cada instrumentação são feitas adaptações, para que os equipamentos fiquem de forma adequada no trator.

5.1.2 Tacômetro (Encoder)

O encoder é um sensor de rotação, ou seja, é um dispositivo que conta os pulsos elétricos a partir do movimento rotacional de seu eixo. Com esse equipamento é possível determinar a patinagem das rodas e a rotação da Tomada De Potência (TDP). São geradores de impulsos eletromecânicos, que tem a capacidade de converter movimentos de rotação em impulsos por volta, em uma distribuição perfeita dos pulsos ao longo de 360 graus do giro do eixo, assim os encoders fornecem medidas precisas em velocidades de rotação, velocidades lineares e posicionamentos angulares. Os fios dos encoders são conectados ao CLP onde os dados são convertidos em sinais digitais. Na Figura 7 observa-se o encoder instalado na roda do trator.

Figura 7: Encoder instalado na roda do trator



5.1.3 Sensores de temperatura

Os sensores de temperatura servem para verificar a temperatura do óleo do motor, do fluido de arrefecimento e da entrada e saída do combustível. Os sensores foram conectados em vários pontos do trator (no cárter do motor, no radiador, entrada e saída de combustível).

Os tipos de sensores utilizados para realizar o ensaio são do tipo pt100, com haste de 6mm de diâmetro e 50mm de comprimento com temperatura de trabalho de até 2.000°C. O pt100 é um detector resistente de temperatura, chamado de RTD (Resistance Temperature Detector), feito de platina que reconhece a temperatura do meio ambiente e que apresenta uma resistência a 0 °C de 100 Ohms. Na Figura 8 a seguir mostra um exemplo do sensor de temperatura usado nos ensaios.

Figura 8: Sensor de temperatura



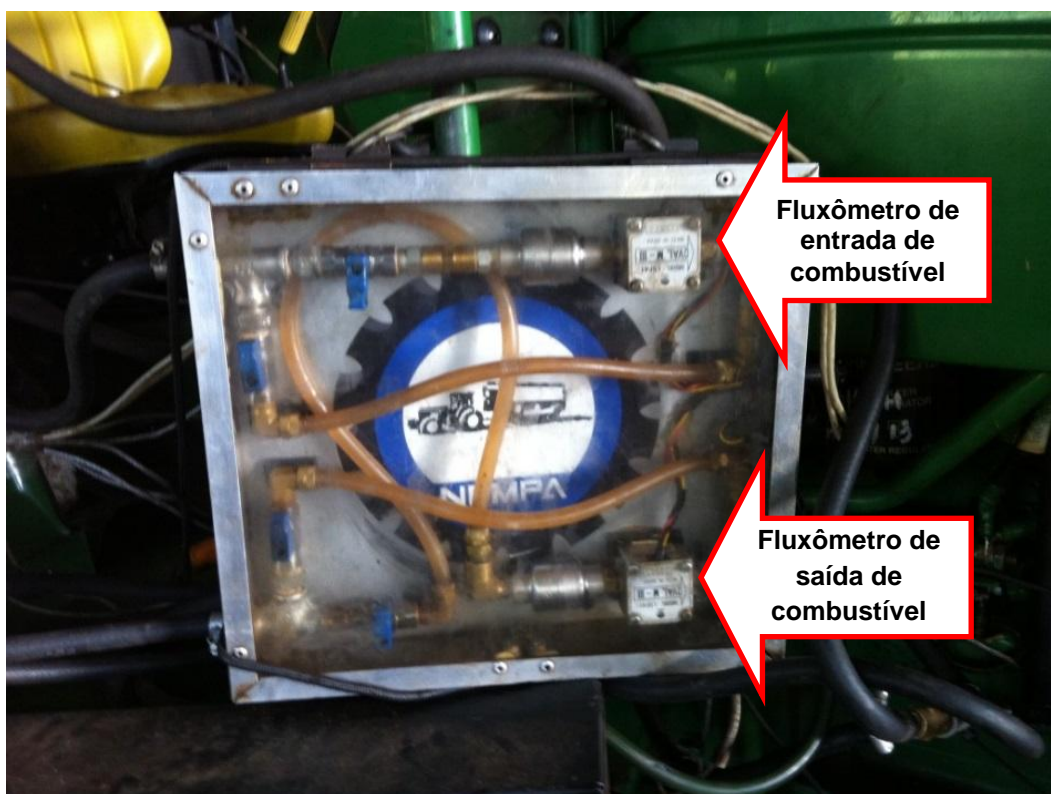
5.1.4 Fluxômetros

Para medir o consumo de combustível é usado o equipamento chamado fluxômetro, que fornece dados relacionados a entrada e saída de combustível durante o ensaio. Os fluxômetros trabalham emitindo pulsos elétricos. A cada volta é emitido um pulso, o que equivale a 1mL de combustível.

Os equipamentos utilizados para medição do consumo horário de combustível ($L \cdot h^{-1}$), foram os dois fluxômetros volumétricos M-III, da Flowate

fabricado pela OVAL Corporation do Japão, com vazão de 10mL/pulso, sendo um instalado entre a saída de combustível do tanque e o sistema de alimentação do motor do trator e o outro no retorno do excesso de combustível do tanque. Na Figura 9 se observa o conjunto de fluxômetros usado nos ensaios no NEMPA.

Figura 9: Conjunto de Fluxômetro



O consumo real é calculado pela diferença entre os valores dos pulsos gerados pelos fluxômetros na entrada do sistema e retorno ao tanque de combustível. Para o cálculo do consumo é usada a Equação a seguir:

Equação 4: Consumo de combustível

$$CCh = \frac{\sum (pe - ps) \cdot 3,6}{\Delta t}$$

Onde:

CCh = consumo horário de combustível (L.h-1);

$\Sigma(p_e - p_s)$ = diferença entre os somatórios de pulsos dos fluxômetros, correspondendo ao combustível gasto (mL), de entrada e de saída;

Δt = tempo gasto (s);

3,6 = fator de conversão.

5.2 Ensaio da TDP em bancada Dinamométrica

Para a realização de ensaios dinamométricos existem as normas da OECD, que devem ser seguidas para que haja uma padronização. A norma da OECD, Código 2 de fevereiro de 2011 apresenta diretrizes para ensaios dinamométricos, que exploram uma série de variáveis relacionadas ao comportamento do motor, podendo ser bastante útil aos produtores do meio agrícola.

Conforme Barbosa (2008), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) fornece os parâmetros relativos ao ensaio dinamométrico de motores do ciclo Otto e Diesel, com as definições de potência observada (kW), torque (Nm), consumo horário (kg.h⁻¹)

Esse ensaio é importante para comparar vários motores que estão disponíveis no mercado, avaliando o seu desempenho através da TDP. É feito quando se quer analisar a eficiência da conversão energética química do combustível em energia mecânica na forma de potência. De acordo com Soranso (2006), essa conversão de energia interfere no rendimento global do trator, considerando as perdas no motor. O uso do dinamômetro prevê a capacidade de tração dos tratores, facilitando os ensaios quando não se tem a possibilidade de realizar um ensaio dinâmico.

O ensaio é realizado com o posicionamento do trator frente ao dinamômetro, como mostra a Figura 10, e em seguida o dinamômetro é acoplado a um eixo tipo cardã que é ligado a TDP e também são medidas as temperaturas do óleo do cárter do motor, da água de arrefecimento e do combustível através de sensores, além da temperatura dos termômetros de bulbo seco e úmido (psicrômetro) e da medida da pressão barométrica (MIALHE, 1996).

Figura 10: Dinamômetro de rotação acoplado ao trator



O dinamômetro é resfriado por um sistema com uma mangueira de entrada e outra de saída de água. A Figura 11 mostra a bancada do ensaio dinamométrico para coleta de dados.

Figura 11: Bancada do ensaio dinamométrico.



No sistema há uma célula de carga no braço da alavanca e um sensor para medir a rotação da TDP. A carga de frenagem é realizada manualmente pelo operador. Durante o ensaio o motor é forçado até a aceleração máxima e aos

poucos são aplicadas cargas de frenagens. Durante ensaio, o programa do sistema coleta e armazena os dados obtidos pelo desempenho do motor, como a rotação e a força da célula de carga aplicada à TDP.

5.3 Lastragem do trator

O peso dos tratores agrícolas está diretamente ligado ao seu desempenho operacional, sendo importante para realização de trabalhos na lavoura. A lastragem correta é necessária para tornar o trabalho eficiente, diminuindo a patinagem dos pneus. Os tratores com maior potência requerem um maior peso.

Para trabalhos agrícolas, quanto mais leve o trator, maior a necessidade de lastro, devido ao maior esforço de tração. Quando o trator está com a lastragem incorreta, reduz o rendimento devido a excessiva patinagem e conseqüentemente maior desgaste dos pneus e de peças, além de um maior consumo de combustível

A lastragem adequada do trator permite aumentar a produtividade, diminuir o consumo de combustível, controlar a compactação do solo e reduzir a patinagem. A lastragem inadequada causa excessiva patinagem das rodas, perda de potência de tração, desgaste de peças e pneus, alto consumo de combustível, baixa produtividade, compactação do solo e rompimento das garras dos pneus.

A lastragem pode ser líquida e/ou sólida. Para adicionar o lastro líquido é necessário o auxílio do macaco para levantar a roda e posicionar a válvula de acordo com o percentual desejado de água. É usada uma mangueira comum com um adaptador para ser acoplada na válvula. Na Figura 12 são observados os lastros sólidos no trator.

Os ensaios realizados no NEMPA mostraram que com a lastragem adequada do trator, o ganho no rendimento operacional é significativo, além de reduzir os custos de combustível e manutenção.

A patinagem está diretamente ligada ao consumo de combustível, pois quanto maior a patinagem maior será o consumo de combustível, além de desgastar rapidamente o pneu.

Figura 12: Lastro sólido na dianteira (a) e colocação de lastro sólido na roda traseira do trator (b)



Um trator que está corretamente lastrado têm um melhor rendimento e uma melhor produtividade, bem como um menor consumo de combustível e uma maior vida útil do maquinário.

5.4 Pesagem do trator

A pesagem do trator permite saber a massa total da máquina na parte dianteira, traseira e a massa total do trator. Esse procedimento é importante para conferir se a distribuição dos pesos está adequada para a realização do ensaio.

O peso máximo na dianteira não deve exceder 20% do total do peso do trator, para evitar riscos de capotamento e melhor dirigibilidade (REIS et. al, 1999).

Nos ensaios realizados no NEMPA, a lastragem é feita de acordo com a literatura, em torno de 60% do peso total nas rodas traseiras e 40% nas dianteiras, para tratores com sistema de tração dianteira auxiliar (TDA). Para tratores 4x4, o ideal é 60% na dianteira e 40% na traseira (NAGAOKA & BAUER, 2011).

Durante o estágio no NEMPA, foram realizadas pesagens dos tratores para ensaio dentro do galpão oficina, onde há uma balança fixa. Para obter o peso total do trator, é preciso pesar uma roda por vez como mostra a Figura 13, e em seguida são somado os valores. Dessa forma é possível saber se o trator está lastrado corretamente.

Figura 13: Pesagem da roda dianteira direita (a) e traseira esquerda do trator de 75cv (b)



5.5 Rodados Duplos

A alta potência exigida dos tratores agrícolas aumenta os problemas de tração e devido ao peso dos tratores de grande porte. A compactação se torna um grande problema (DEERE, 1997).

O trator com rodado duplado é uma forma de aumentar a capacidade de transporte, pois aumenta o peso para a tração, além de reduzir a compactação devido a maior distribuição do peso da máquina no solo.

É necessário equipamentos como macaco e chave de roda.

As vantagens dos rodados traseiros duplos são várias como: melhor estabilidade do trator, deslocamento com menor balanço, diminuição da necessidade de lastragem, maior potencial de uso e redução da patinação e conseqüente economia de combustível. Dentre as desvantagens estão: sobrecarga dos eixos, dos rolamentos e da transmissão e as manobras se tornam mais difíceis, exigindo mais dos pneus. Na Figura 14 é observado os tratores que foram submetidos ao processo de “duplagem”.

Figura 14: Rodados duplos



5.6 Pista de Ensaio de Pneus e Máquinas Agroflorestais

O NEMPA possui uma pista para a realização de ensaios, que fica localizada dentro da Fazenda Experimental Lageado – FCA / UNESP, campus Botucatu-SP. É possível realizar ensaios em diversas condições de contato do rodado com o solo. Existe a pista de concreto, a de solo firme e a de solo coberto com palhada (ver Figura 15).

Durante o estágio foram feitos ensaios na pista de concreto que possui dimensões de 200 metros de comprimento e 4 metros de largura, com uma declividade de 1%. A pista foi construída de acordo com a Norma OCDE – Code 2 (2008).

Figura 15: Pistas de ensaio (Fonte: site NEMPA)



5.7 Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração

A Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração (UMEB) foi construída a partir de um “trailer” que foi adaptado e instrumentado para ser utilizado nos ensaios na barra de tração. É um carro dinamométrico que é utilizado para avaliar o desempenho do trator submetido ao ensaio. A Figura 16 mostra um momento da realização do ensaio com a UMEB.

O equipamento tem uma massa de 12.447 kg, que são sustentados por 6 rodados, com eixo simples na dianteira e eixos traseiros em “tandem” . No interior da UMEB foi colocada uma bancada com os instrumentos usados no ensaio como computadores, painéis de leitura e outros sistemas eletrônicos para a coleta e obtenção de dados durante o ensaio.

Figura 16: Trator de 75cv sendo ensaiado na UMEB



Na UMEB foi instalado um controle de frenagem que é acionado através de uma válvula pneumática pelo operador, além da válvula também há um compressor de ar para que o operador selecione a força desejada na barra de tração durante o ensaio. A válvula tem a capacidade para até 413,40 kPa (60psi).

Os ensaios foram realizados com o trator lastrado e sem lastro. Quando o trator é muito potente, é necessário acoplar um veículo lastro à UMEB, no NEMPA foi usado um ônibus para servir de lastro com aproximadamente 9.500 kg. Durante o ensaio, foi acionado o freio do ônibus para impor mais carga para o trator puxar, como mostra a Figura 17.

Figura 17: Trator de 165cv com rodado duplado sendo ensaiado na UMEB com um ônibus lastro.



5.8 Aquisição de dados do ensaio

Para aquisição dos dados gerados pelos fluxômetros instalados no sistema de alimentação do trator e retorno ao tanque de combustível e pela célula de carga da barra de tração, utilizou-se um controlador lógico programável (CLP), que foi instalado na cabine do trator para aquisição do consumo, sendo que o mesmo faz a leitura e armazenamento dos dados enviados pelos fluxômetros e pela célula de carga. A Figura 18 mostra o trabalho no interior da UMEB.

O programa que coleta e armazena os dados foi desenvolvido no próprio NEMPA. O programa é chamado de AET (Aplicativo para Ensaio na Barra de Tração), que processa e armazena os dados durante o ensaio.

Figura 18: Coleta de dados no interior da UMEB



5.9 Unidade Móvel de Amostragem de Solos

A Unidade Móvel de Amostragem de Solos (UMAS), pertencente ao NEMPA, é uma carreta de um eixo que pode ser rebocada por carros ou caminhonetes quando é necessário fazer um trabalho a campo. A Figura 19 mostra o trabalho realizado com o equipamento. A UMAS é tracionada por um trator com engate na barra de tração e é acionada através do sistema hidráulico. No interior da UMAS estão instalados o Penetrômetro Hidráulico-Eletrônico, que é utilizado para determinar a resistência do solo à penetração e um Amostrador Hidráulico-Mecânico de Amostras Indeformadas do Solo, que é utilizado para coletar amostras de solo em diferentes profundidades.

Figura 19: Unidade Móvel de Amostragem de Solos realizando trabalho a campo

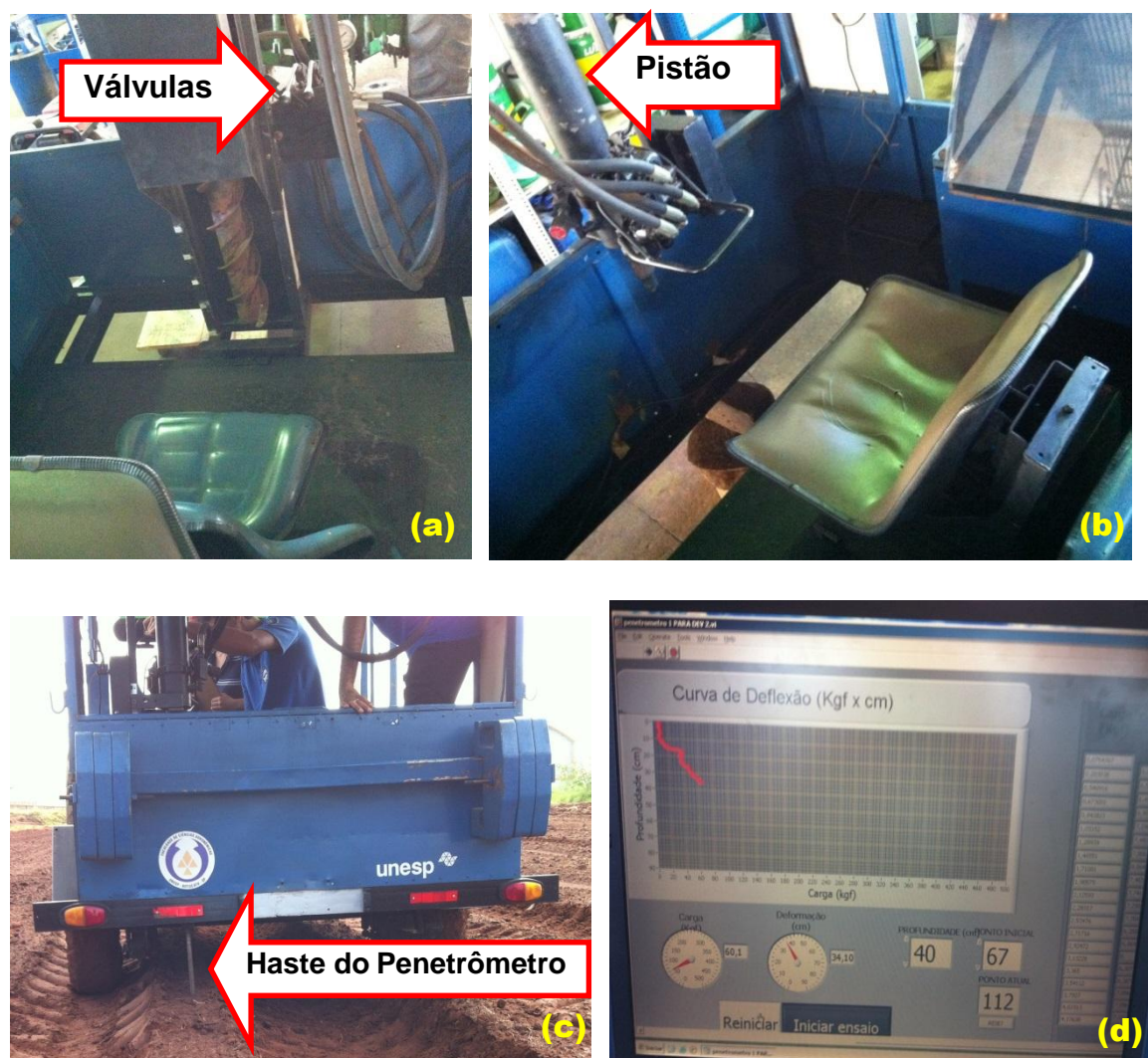


O Penetrômetro Hidráulico Eletrônico é movimentado por um pistão e válvulas hidráulicas e é equipado com um sistema eletrônico de aquisição de dados onde ficam armazenados os valores de força através de uma célula de carga e os valores gerados por um potenciômetro relacionados a profundidade de penetração. Os dados são transferidos para um computador e através de um programa são gerados gráficos de resistência à penetração e mapas de isocompactação do solo. O Amostrador é acionado por válvulas hidráulicas, que movimentam tubos cravando no solo, pois possui um movimento de rotação de uma rosca sem fim de duas entradas. Dentro do tubo são instalados anéis para a

realização da amostragem indeformada do solo. As amostras são retiradas manualmente do amostrador (ver Figura 20).

A UMAS também é equipada por um GPS que realiza o georeferenciamento das amostras para análise posteriormente em programas específicos de computadores. O sistema permite a geração de mapas de isocompactação para diferentes profundidades e teores de umidade.

Figura 20: Amostrador Hidráulico Mecânico (a), Penetrômetro Hidráulico Eletrônico (b), UMAS realizando o acionamento do Penetrômetro a campo (c), programa de aquisição de dados da resistência do solo (d)



Os trabalhos realizados a campo com a UMAS mostraram uma grande eficiência e praticidade, além da economia de tempo e redução da mão de obra.

5.10 Ensaio de uma colhedora de cana-de-açúcar

Os ensaios foram realizados nos diversos turnos de trabalho para que seja possível obter uma maior variação de fatores que interferem na colheita. Alguns desses fatores são: a variedade da cana, porte do canavial, produtividade, declividade do terreno, tamanho do talhão e textura do solo.

Durante o período do estágio, acompanhou-se e auxiliou-se um ensaio de uma colhedora de cana-de-açúcar pertencente à Usina Clealco Açúcar e Álcool S.A.. A usina possui duas unidades: a de Clementina- SP e a de Queiroz- SP. A unidade primeira é localizada no município de Clementina, interior de SP, a 560 km da Capital. A localização facilita o acesso a outras estradas, garantindo o transporte dos produtos para outras cidades. A unidade Queiroz é localizada no município de Queiroz, interior de SP, e está numa região de fácil acesso às principais rodovias do país, o que facilita o escoamento da produção. Na Figura 21 é observado um momento do ensaio.

Figura 1: Transbordo acoplado ao trator alinhado com a colhedora do ensaio realizando a colheita da cana-de-açúcar



A colhedora ensaiada possui largura de corte de 3,0 metros, colhendo simultaneamente duas linhas, motor de 358cv e rotação máxima de 2100 rpm. A máquina contém dois discos de corte na parte frontal, um em cada divisor de

linha, onde a cana é cortada. Após o corte, a matéria prima é direcionada para os rolos alimentadores que vão recolher a cana.

Na Figura 22 (b) são apresentados os sistemas de corte, contendo dois discos de corte na parte frontal, um em cada divisor de linha, onde a cana é cortada sem a necessidade de ser tombada para realizar o corte. Após o corte, a cana é direcionada para os rolos alimentadores, nessa nova adaptação da máquina, o corte de base serve como um recolhedor da cana, ajudando na alimentação da máquina.

Figura 22: Colhedora de cana-de-açúcar do ensaio (a), os quatro discos de corte da colhedora de cana-de-açúcar (b)

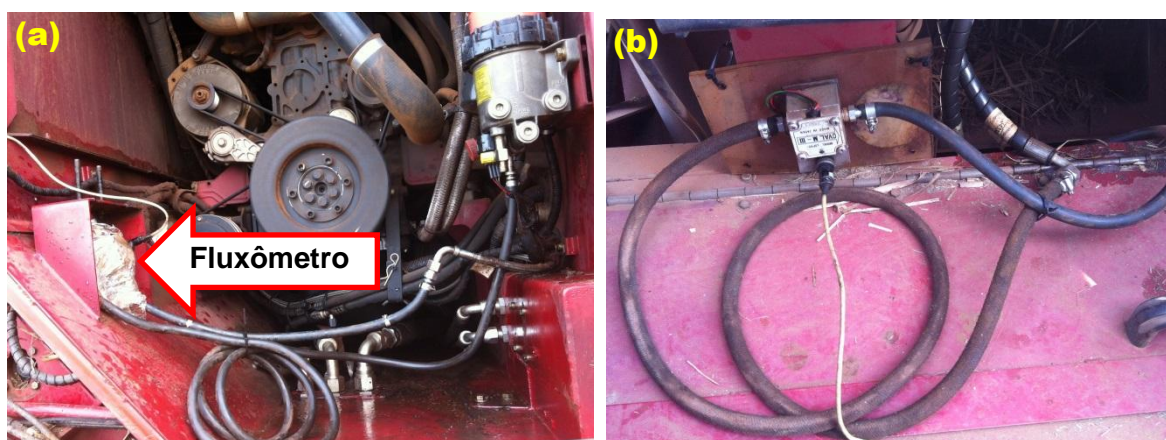


No ensaio foram utilizados dois fluxômetros volumétricos M-III, da marca Flowmate fabricado pela Oval Corporation do Japão, com vazão de 1mL/pulso. Um foi instalado entre os filtros e a bomba injetora do motor da colhedora e o outro foi instalado no retorno de excesso de combustível ao tanque. Pela diferença dos pulsos gerados pelos fluxômetros é possível encontrar a quantidade de combustível consumido.

Os fluxômetros possuem uma precisão de 99,8%, na qual emitem uma unidade de pulso a cada 1L de combustível passado pelo sistema. Para a coleta

de dados enviados pelos fluxômetros, leitura e armazenamento dos mesmos utilizou um controlador lógico programável (CLP), que foi instalado na cabine da colhedora. Abaixo seguem as fotos dos fluxômetros instalados na linha de entrada para a o sistema de alimentação e no retorno para o tanque de combustível, como mostra a Figura 23.

Figura 23: Fluxômetros instalados na linha de entrada para o sistema de alimentação (a), e no retorno para o tanque de combustível (b)



As equações abaixo extraídas de Lanças et. al (2012) são usadas para calcular o consumo horário, o consumo por área e o consumo por tonelada colhida.

$$CCh = \frac{\sum (pe - ps) \cdot 3,6}{\Delta t}$$

Equação 5:

Onde:

CCh = consumo horário de combustível (L.h-1);

$\sum (pe - ps)$ = diferença entre os somatórios de pulsos dos fluxômetros, equivalente a mL de combustível gasto (mL), de entrada e de saída;

Δt = tempo gasto (s);

3,6 = fator de conversão.

Equação 6: $CCa = Td \times CCh$, usada para calcular o consumo por área.

Onde:

CCa = consumo de combustível por área (L.ha-1);

Td = tempo efetivo demandado (h.ha-1);

CCh = consumo de combustível horário (L.h-1).

Equação 7: $Ct = CCa/P$, é usada para calcular o consumo por tonelada colhida.

Onde:

Ct = consumo de combustível por toneladas de cana colhida (L.ton-1);

CCa = consumo de combustível por área (L.ha-1);

P = produtividade do canavial (ton.ha-1).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio realizado no NEMPA proporcionou novas experiências e foi de fundamental importância para reforçar conhecimentos antigos sobre mecanização agrícola, além de adquirir novos conhecimentos na área. Dessa forma, durante o período do estágio foi possível visualizar de forma prática as atividades relacionadas à mecanização agrícola, principalmente o ensaio de tratores agrícolas e colhedoras de cana-de-açúcar.

Nota-se que as empresas que investem em pesquisas e tecnologia são as mais desenvolvidas e conseqüentemente são as que lideram o mercado de vendas de equipamentos e máquinas agrícolas. É preciso uma iniciativa do governo brasileiro para elaborar normas oficiais para realização de máquinas agrícolas, pois as metodologias aqui aplicadas são distintas. A falta de padronização dificulta a comparação de resultados com outros centros de ensaios.

Com esse trabalho foi possível perceber que o uso da tecnologia na agricultura, em especial na operação de colhedoras de cana-de-açúcar, é extremamente necessário para inovar e ter um melhor aproveitamento dos benefícios que a cultura tem para oferecer ao ser humano, além de aumentar a longevidade do canavial. Sendo assim, o emprego das tecnologias de colheita e práticas de manejo adequado do solo permitem o aumento de produtividade e longevidade dos canaviais.

A introdução da mecanização total no sistema de colheita da cana-de-açúcar em todas as usinas do país é questão de tempo, pois o mercado dessa cultura se torna cada vez mais competitivo e assim é necessário o aumento da qualidade e da produtividade que a tecnologia oferece.

Para redução de perdas no sistema mecanizado, além das características do terreno e da máquina serem adequadas à colheita mecanizada, o operador deve estar devidamente treinado para ser capaz de analisar as condições do

talhão, o tombamento da cana, a altura de trabalho do corte de base e de ponteiro, a velocidade da máquina enquanto realiza o trabalho, além da sincronização com o operador do transbordo.

A substituição da colheita manual pela mecanizada apresenta benefícios como por exemplo em relação à preservação do meio ambiente e a velocidade de colheita, que aumenta a economia. Entretanto, o custo da mecanização se torna alto devido principalmente à manutenção das máquinas, além de ocorrerem problemas relacionados à compactação do solo.

O curso de agronomia da UFSC deveria dar uma atenção à cultura da cana-de-açúcar, pois se trata de umas das culturas mais importantes para a economia do Brasil, devido aos seus derivados como açúcar e álcool, além de produzir uma energia renovável e gerar milhões de empregos

O conhecimento de máquinas é de grande importância para a profissão do engenheiro agrônomo, mas que muitos desconhecem. As atividades desenvolvidas durante o estágio foram essenciais para adquirir conhecimento na área de instrumentação e ensaio de máquinas agrícolas, além de permitir o aprendizado na prática com diversos equipamentos agrícolas e sua importância para os processos agrícolas. Dessa forma foi possível perceber a importância do ensaio para uma melhor tomada de decisão, e assim escolher um maquinário mais adequado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, **NBR 10400 Tratores agrícolas – determinação das características técnicas e desempenho**, Fórum Nacional de Normalização.

AGEITEC. **Cana-de-açúcar**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar>>. Acesso em 21 jun. 2014.

AGROBYTE. **Cana-de-açúcar**. Disponível em:<http://www.agrobyte.com.br/cana_n.htm> Acesso em: 18 jun. 2014.

ALCOOBRAS. **O avanço das máquinas**. Alcoobrás, São Paulo, n. 139, 2013. Disponível em <<http://www.revistaalcoobras.com.br/>> Acesso em 15 jun. 2014.

ARAÚJO,M.G., **Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho – Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego**. Editora e Livraria Virtual Ltda , Revista ed.10,v.1 ,NR 1 a NR35, 2013.

BALSALOBRE, M. A. A.; SANTOS, P. M.; FERNANDES, R. A. **Cana-de-açúcar: quando e como cortar para o consumo animal**. Balde Branco, n. 421, p.19-23, 1999 apud REIS, G.N.; **Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas de corte**, p.73, UNESP, Tese de Doutorado, Jaboticabal, São Paulo, jan. 2009.

BARBOSA, R.L.; SILVA, F.M.;SALVADOR, N.; VOLPATO, C.E.S.; **Desempenho comparativo de um motor de ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.32, n.5, set./out., 2008.

BENEDINI, M.S.; BROD, F.P.B.; PERTICARRARI, J.G. **Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada**. CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, Artigo, 2009.

BRAUNBECK, O.A.; MAGALHÃES, P.S.G. **Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico**. Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas-SP, 1998.

BRAUNBECK, O. A. **Proposta brasileira de colheita mecanizada**. SEMINÁRIO SOLUÇÕES E NOVIDADES NA MECANIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR, Ribeirão Preto, 1999. apud SILVA, F.I.C.; GARCIA, A. **Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: histórico e análise**. Agroindustria canavieira, v.6, n.1, abr. 2009.

DANIELS, J. ROACH, B.T. Taxonomy and evolution. p.7-84. D.J. (ed.) **Sugarcane improvement through breeding**. Elsevier, Amsterdam. 1987 apud ECCO, M.; CARVALHO, L.A. **Variabilidade espacial da resistência do solo a penetração em área cultivada com cana-de-açúcar**, UEMS, 2004.

DEERE, J.; **Guia para instalação de lastro e pressão de inflação de Pneus**. Ed1. 24p. Horizontina, 1997.

ECCO, M.; CARVALHO, L.A.. **Variabilidade espacial da resistência do solo a penetração em área cultivada com cana-de-açúcar**, UEMS, 2004.

FAO, Food and Agriculture Organization, **Cultivo da cana-de-açúcar**. 2012, Disponível em <<http://paraquat.com/portugues/banco-de-conhecimentos/produção-e-proteção-da-lavoura/cultivo-da-cana-de-açúcar>> Acesso em 15 jun. 2014.

FERNANDES, A. J. **Manual da Cana-de-açúcar**. 40 p. Piracicaba, 1984.

FERNANDES, A.C.; IRVINE, J.E. **Comparação da produtividade da cana-de-açúcar por colheita mecanizada e por corte manual**. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.5, n 6, p.112-116, jul;ago. 1986 Apud MORENO, L.M. **Transição da colheita da cana-de-açúcar manual para a mecanizada no estado de São Paulo**, 2011.

FURLANI NETO, V.L. **Solos e Nutrição de Plantas** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS,K.P.; GUERRA,S.P.; PAULA, C.A.; MONTEIRO,L.A. **UMEB – Unidade móvel para ensaio na barra de tração** – Eng. Agrícola Jaboticabal, v.28, n.4, p 782-789, out/dez, 2008.

KALIL,E.B. **Estudo econômico e agrícola da colhedora de cana-de-açúcar na região de Piracicaba**. USP. SIMPÓSIO NACIONAL DE TRATORIZAÇÃO DA CULTURA CANAVIEIRA, Piracicaba –SP, 1960.

LANÇAS, K.P.; LYRA, G.A.; RAMOS, C.R.G.; MARASCA, I.; GUERRA, S.P.S. **Influência da rotação do motor no consumo de combustível em colhedoras de cana-de-açúcar**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2013 Fábrica de Negócios – Londrina – PR, Brasil – jul. 2012.

LYRA, G.; LANÇAS, K.; RAMOS,C.R.; MASIEIRO, F.; GIACHINI, C. **Consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em função da velocidade e rotação de motor**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2013 Fábrica de Negócios – Fortaleza – CE, Brasil - 2013.

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

MIALHE, L.G. **Máquinas Agrícolas: Ensaio e certificação**. FEALQ - Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 722p. Piracicaba, 1996.

MIALHE,L.G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301p.

MIALHE,L.G.; CARRATO NETO, H.C. **Avaliação e análise do desempenho de colhedora de cana-de-açucar..** Olímpia – SP, 1993.

MONTEIRO, L.A.; SILVA, P.R.A. **Operação com tratores agrícolas**. UNESP 1 ed. 72p. Botucatu-SP, 2009.

MORAES, E. E. **Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açucar (Saccharum spp.) e impurezas vegetais na colheita mecanizada**. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 1992.

NAGAOKA, A.K; BAUER, F. C. **Prática de máquinas agrícolas**. Universidade Federal de Santa Catarina. CCA. 87p. Ed dos autores. 2011.

NEVES, J. L. M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. 213p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003 apud ROSA, E.J.; JOSÉ, J.V.; SALVESTRO, C.A.; GAVA,R. **Perdas visíveis de cana-de-açúcar em colheita mecanizada**, Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, out. 2009.

NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; MORAES, E.E.; ARAÚJO, F.V.M. **Avaliação de perdas invisíveis na colheita mecanizada em dois fluxos de massas de cana-de-açúcar**. Engenharia Agrícola, v26,n.3, p.787-794, Jaboticabal – SP, set./dez .2006.

NOVACANA, **Variedades de cana Ridesa lideram canaviais no Brasil**. Disponível em <http://www.novacana.com/n/cana/variedades/variedades-cana-ridesa-lideram-canaviais-brasil-300514/>, Acesso em 23 jun. 2014.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P. **Tecnologia de produção e valor alimentício**. Disponível em: <http://www.guabi.com.br/rc/bovinos_corte> Acesso em: 17 jun. 2014.

OLIVEIRA, C. A. A. **Modelagem e validação experimental de um cortador basal com discos segmentados**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

RAMOS, C.R.G.; LANÇAS, K.P.; LYRA, G.A.; MASIEIRO, F.C.; MARASCA, I. **Desempenho operacional da colheita mecanizada da cana-de-açúcar em função do comprimento da fileira colhida**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2013 Fábrica de Negócios – Fortaleza – CE, Brasil - 2013.

REIS, A.V.; MACHADO, A.L.T.; TILLMAN, C.A.C.; MORAES, M.L.B. **Motores, tratores combustíveis e lubrificantes**. Universitária. Pelotas - RS, 1999.

REIS, G.N.; **Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas de corte**, p.73, UNESP, Tese Doutorado, Jaboticabal, São Paulo, jan. 2009.

RIDGE, D. R.; DICK, R. G. **Soil intake with cane during chopper harvesting: minimizing the problem**. AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, v.14, Mackay, p.25-30, 1992 apud SILVA, F.I.C.; GARCIA, A. **Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: histórico e análise**. Agroindustria canavieira, v.6, n.1, abr.2009.

RIPOLI , T. C. C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. 303 p. ESALQ. Piracicaba: 2009.

RIPOLI, T. C. C. **Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar**. 1996 In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, cap.13, p.635-73.1996.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. 302 p., cap.7, Ed. Eletrônica, Piracicaba 2004.

RIPOLI, T.C. **Avaliação de alguns parâmetros de desempenho de três colhedoras de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Piracicaba, 1977, 91p. (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP.

RIPOLI, T.C.; PARANHOS, S.B. **Sistemas de colheita**. p.519- 597, USP Piracicaba – SP, 1984

RIPOLI, T.C.; VILLANOVA, N.A. **Colheita mecanizada de cana-de-açúcar: novos desafios**. STAB, Piracicaba, v11, n.1, p28-31, out. 1992.

RIPOLI,T.C.; L.G. MIALHE; NOVAES, H.P. **Um critério para avaliação de canaviais visando a colheita**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 4., Pelotas, 1987. apud MORENO, L.M.. **Transição da colheita da**

cana de açúcar manual para a mecanizada no estado de São Paulo: cenários e perspectivas, USP, São Paulo, 2011.

SALVI, J.V.; **Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar**, Mestrado. ESALQ /USP, Piracicaba, 2006.

SCHMIDT JUNIOR, J. C. **Avaliação de desempenho efetivo de colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 2011. 110p. Mestrado em Máquinas Agrícolas - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

SILVA, F.I.C.; GARCIA, A. **Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: histórico e análise**. Nucleus, v.6, n.1, abr. 2009.

SORANSO, A. M. **Desempenho de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado etílico e metílico**. Mestrado em Engenharia Agrícola - Universidade Estadual do Paraná - UNIOESTE, Cascavel, 2006.

UNICA. **Conquistas do setor sucroenergético na matriz energética brasileira**. Disponível em < <http://www.unica.com.br/faq>>. Acesso em 20 jun.2014.

VEIGA FILHO, A. A. **Origens da Introdução de colhedora Mecânica de cana-de-açúcar em São Paulo**: Alguns Índícios Históricos. Artigo, Instituto de Economia Agrícola São Paulo, SP, 2002. Disponível em <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?109>> . Acesso em 23 jun. 2014.

VOLPATO, J. L. M. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento do perfil de solo em colhedoras de cana-de-açúcar**. 2001. Tese Doutorado em Máquinas Agrícolas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001 apud REIS, G.N.; **Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas de corte**, UNESP, Tese Doutorado, Jaboticabal – SP, jan. 2009.

YOUNGER, J.A. Quality cane and extraneous matter. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, Manila. **Proceedings...** Philippines: The Executive Organising Committee of The ISSCT,

1980 . v.1., p. 885-890 apud NEVES, J. L. M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. 213p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003