

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE COLHEDORAS DE CANA-DE-
AÇÚCAR NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE

CARMEN MARIA COIMBRA MANHÃES

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO– 2014

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE COLHEDORAS DE CANA-DE-
AÇÚCAR NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE**

CARMEN MARIA COIMBRA MANHÃES

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal

Orientador: Prof. Ricardo Ferreira Garcia

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 096/2014

Manhães, Carmen Maria Coimbra

Avaliação do desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar na região Norte Fluminense / Carmen Maria Coimbra Manhães. – 2014.
116 f. : il.

Orientador: Ricardo Ferreira Garcia

Tese (Doutorado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.

Bibliografia: f. 106 – 116.

1. *Sacharum spp.* 2. Colheita mecanizada 3. Perdas visíveis 4. Danos às soqueiras 5. Índice de cone I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

Cutter M277a

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE

CARMEN MARIA COIMBRA MANHÃES

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal

Aprovada em 20 de outubro de 2014

Comissão Examinadora

Prof. Fábio Cunha Coelho (D.Sc., Fitotecnia) - UENF

Prof. Elias Fernandes de Sousa (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

Prof. Carlos Frederico de Menezes Veiga (D.Sc., Produção Vegetal) - UFRRJ

Prof. Ricardo Ferreira Garcia (D.Sc., Engenharia Agrícola) – UENF
(Orientador)

A fé é o firme fundamento das coisas que se esperam, e a prova das coisas que não se vêem. (Hebreus – 11.1)

A Deus, toda honra, toda Glória e todo louvor!!!

A Meu esposo Francisco Francelino com amor e carinho.

Ofereço e dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, minha fortaleza e meu sustento, em todos os momentos. A Ele toda honra, Glória e louvor para sempre!!!

Ao meu esposo Francisco Maurício por todo amor, companheirismo, paciência, compreensão, ajuda nos experimentos de campo e dedicação em todos os dias desses últimos sete anos de relacionamento, sem sua grande contribuição e apoio especial este trabalho não seria possível.

Ao meu cunhado e amigo Helenilson pela amizade, incentivo e grande apoio nos trabalhos de campo, sem sua grande contribuição este trabalho não seria possível.

A minha família, em especial, meu sobrinho Lucas, minha mãe Nisete, minha irmã Luzia, minhas primas Fátima, Juliana e Sophia pelo carinho e apoio em todas as etapas da minha vida acadêmica.

Ao meu orientador Ricardo Ferreira Garcia por todos os ensinamentos, conselhos, incentivo, amizade e boa convivência durante este período de doutorado.

Ao Delorme, querido amigo e grande colega de trabalho, sem sua grande contribuição este trabalho não seria possível.

Aos meus colegas de Laboratório, em especial a Karina, Júnior, Pablo, David e Carlos Mair pela amizade, incentivo e boa convivência durante estes últimos anos de vida acadêmica.

Ao professor e amigo Fábio Cunha Coelho pelas sugestões, conselhos, amizade e todas as grandiosas contribuições durante este período de doutorado.

Ao Herval por todas as contribuições, incentivo, empenho e apoio para a realização de várias etapas do doutorado.

Ao professor Niraldo pela amizade e contribuições valiosas para o desenvolvimento deste trabalho.

A amiga Mírian Peixoto Soares da Silva e família pela amizade, companheirismo, incentivo, carinho e amor de sempre.

Aos meus queridos irmãos e amigos da família Gomes Pedra, em especial, ao Júnior e família, Calebe e família e Dionata e família.

Aos meus queridos amigos Herval e Sandra por todo carinho e apoio.

Ao meu amigo Rafael Araújo pela amizade, incentivo e grande apoio nos trabalhos de campo.

Aos meus amigos do IFF Campus Avançado de Cambuci, os quais eu aprendi a amar mesmo tendo passado pouco tempo com eles, em especial a Carolina, Kíssila, Tia Ana, Mariana, Jorge, Bruno, Torquato, Marcelo, Arele, Reynaldo e Francisco por toda força, incentivo e apoio para finalização deste trabalho.

Ao Carlos Frederico por aceitar o convite para participar da banca de defesa de tese e por suas valiosas sugestões para melhoria do trabalho.

A COAGRO pela permissão de realização dos trabalhos nas áreas dos seus cooperados utilizando suas colhedoras.

A Usina Paraíso pela permissão de realização dos trabalhos nas suas áreas utilizando suas colhedoras.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. ASPECTOS GERAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	4
3.2. COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	5
3.2.1 PERDAS E DANOS À SOQUEIRA NA COLHEITA MECANIZADA DA CANHA-DE-AÇÚCAR.....	7
4. TRABALHOS	11
4.1. ARTIGO Nº 01: PERDAS QUANTITATIVAS E DANOS ÀS SOQUEIRAS NA COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO NORTE FLUMINENSE	11
4.2. ARTIGO Nº 02: PERDAS VISÍVEIS NA COLHEITA MECANIZADA DE CANA- DE-AÇÚCAR UTILIZANDO A COLHEDORA CASE A4000.....	25
4.3. ARTIGO Nº 03: PERDAS VISÍVEIS E DANOS ÀS SOQUEIRAS NA COLHEITA MECANIZADA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO.....	38
4.4. ARTIGO Nº 04: PERDAS VISÍVEIS E DANOS ÀS SOQUEIRAS NA COLHEITA MECANIZADA DE CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO A COLHEDORA JOHN DEERE 3520.....	56
4.5. ARTIGO Nº 05: CONSUMO OPERACIONAL DE COMBUSTÍVEL DE UMA COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	77

4.6. ARTIGO Nº 06: ÍNDICE DE CONE APÓS COLHEITAS MECANIZADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NO NORTE FLUMINENSE.....	90
5.0. RESUMO E CONCLUSÕES.....	106
6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

RESUMO

MANHÃES, Carmen Maria Coimbra Manhães, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Outubro de 2014. **Avaliação do desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar no Norte Fluminense.** Orientador: Prof. Ricardo Ferreira Garcia.

O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de três colhedoras de cana-de-açúcar (CASE IH A8800, CASE IH A4000 e John Deere 3520) no município de Campos dos Goytacazes nas safras 2011/2012 e 2012/2013. Este trabalho está dividido em seis artigos. O primeiro artigo refere-se à avaliação de perdas de matéria-prima e danos às soqueiras utilizando a colhedora CASE A8800 na safra 2011/2012. O segundo artigo refere-se avaliação de perdas de matéria-prima e danos às soqueiras utilizando a colhedora CASE A4000 na safra 2011/2012. O terceiro artigo refere-se à avaliação do índice de cone após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar utilizando as colhedoras A8800 e A4000 na safra 2011/2012. O quarto artigo refere-se à avaliação do consumo horário de combustível da colhedora CASE A4000 durante operação de colheita na safra 2011/2012. O quinto artigo refere-se à avaliação de perdas de matéria-prima e danos às soqueiras em diferentes velocidades de deslocamento (2 km h^{-1} , 3 km h^{-1} e $4,5 \text{ km h}^{-1}$), utilizando a colhedora CASE A8800 na safra 2011/2012. O sexto artigo refere-se à avaliação de perdas de matéria-prima e danos às soqueiras em

diferentes velocidades de deslocamento (3 km h⁻¹, 4 km h⁻¹ e 5 km h⁻¹), utilizando a colhedora John Deere 3520 na safra 2012/2013. De modo geral, os tipos de perdas encontrados em maiores quantidades em todas as áreas avaliadas foram pedaço solto, lascas, rebolo repicado e cana inteira. A variação da velocidade de deslocamento das colhedoras CASE A8800 e John Deere 3520 não influenciaram significativamente nas perdas visíveis de matéria-prima e somente a variação da velocidade da primeira colhedora influenciou nos danos às soqueiras. Quanto à avaliação do índice de cone após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar utilizando as colhedoras A8800 e A4000, na área onde se utilizou a colhedora A8800, a resistência do solo à penetração aumentou à medida que aumentou a profundidade do solo, estando as camadas subsuperficiais do solo mais compactadas que a camada superficial. Na área onde se utilizou a colhedora A4000 não houve diferença significativa do índice de cone nas diferentes profundidades do solo, estando todas as camadas com um mesmo nível de compactação. Ao se comparar as duas áreas, constata-se que a área onde se utilizou a colhedora A4000 se apresenta mais compactada que a outra área. Quanto à avaliação do consumo horário de combustível da colhedora CASE A4000 durante operação de colheita constatou-se que o consumo de combustível pela colhedora estava muito acima do recomendado pelo fabricante da colhedora.

Palavras-chave: *Sacharum spp.*, colheita mecanizada, perdas visíveis, danos às soqueiras, consumo de combustível e índice de cone.

ABSTRACT

MANHÃES, Carmen Maria Coimbra Manhães, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. October, 2014. **Performance evaluation of sugarcane harvesters in North Fluminense.** Adviser: Prof. Ricardo Ferreira Garcia.

This study aimed to evaluate the performance of three sugarcane harvesters (CASE IH A8800, A4000 CASE IH and John Deere 3520) in the Campos dos Goytacazes in the period of 2011/2012 and 2012/2013 sugarcane harvest season. This work is divided into six articles. The first article concerns the evaluation of raw material yield losses and sugarcane ratoon damage using the CASE A8800 harvester in 2011/2012 season. The second article refers evaluation of raw material yield losses and sugarcane ratoon damage using the CASE A4000 harvester in 2011/2012 season. The third article concerns the evaluation of the soil cone index after sugarcane mechanized harvesting using A8800 and A4000 harvesters in the 2011/2012 season. The fourth article concerns the evaluation of the hourly fuel consumption of the CASE A4000 harvester in the 2011/2012 season. The fifth article concerns the evaluation of raw material yield losses and sugarcane ratoon damage at different forward speeds (2 km h^{-1} , 3 km h^{-1} e $4,5 \text{ km h}^{-1}$), using the CASE A8800 harvester in 2011/2012 season. The sixth article

refers to the evaluation of raw material yield losses and sugarcane ratoon damage at different speeds (3 km h⁻¹, 4 km h⁻¹ and 5 km h⁻¹), using the John Deere 3520 harvester in the 2012/2013 season. In general the types of losses found in greater amounts were loose piece, chipping and grinding peaked. The speed of CASE A8800 and John Deere 3520 harvesters did not significantly influence in the raw material losses and only the variation of the speed of the first harvester influenced the ratoon damage. Regarding the evaluation of the soil cone index after mechanized harvests sugar cane harvesters using the A8800 and A4000, in the area where the A8800 harvester was used, resistance to penetration increased as increased soil depth, the layers being subsurface soil more compact than the surface layer. In the area where the A4000 harvester was used, no significant difference in the soil cone index at different soil depths was observed, with all layers with the same level of compression. When comparing the two areas, it appears that the area where the A4000 harvester was used more compressed than the other area. Regarding the evaluation of the hourly fuel consumption of the CASE A4000 harvester, it was found that the fuel consumption by harvester was far above the recommended by the harvester manufacturer.

Key-Words: *Sacharum spp.*, mechanical harvest, visible losses, ratoon damage and cone index.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é altamente mecanizada e utiliza grande quantidade de insumos em seu cultivo. As operações de preparo inicial do solo, correção da fertilidade, plantio, adubação e colheita podem ser completamente mecanizadas (Barbieri, 2007).

Na safra 2013/14, em âmbito nacional a cultura da cana-de-açúcar continuou em expansão. A área cultivada com cana-de-açúcar nesta safra foi de 8.485,00 mil hectares, distribuídas em todos os estados produtores. Com isso, o Brasil teve um acréscimo de 326,43 mil hectares em área cultivada, equivalendo a 3,8% em relação à safra 2012/13. Esse acréscimo é reflexo do aumento de área da Região Centro-Sul. Já no estado do Rio de Janeiro ocorreu o inverso da tendência nacional, a área cultivada na safra 2013/2014 foi 2% menor que na safra anterior, significando 0,8 mil hectares a menos cultivados (Conab, 2014).

A produtividade e a produção nacional da cultura da cana-de-açúcar na safra 2013/2014 também aumentaram, a primeira aumentou 5.362 kg.ha⁻¹, significando um acréscimo de 7,7%. A segunda aumentou 69.906,5 mil toneladas, expressivo acréscimo de 11,9%. Quanto à produtividade e produção, o estado do Rio de Janeiro seguiu a tendência nacional, tendo um aumento na produtividade e na produção de respectivamente 8,2% e 6% (Conab, 2014).

Na região Norte Fluminense, região mais expressiva do estado na produção de cana-de-açúcar, especialmente no município de Campos dos Goytacazes, a cultura ainda é a principal atividade agrícola, porém com produtividade média abaixo de 50 t ha⁻¹ (Garcia e Silva, 2010).

Segundo dados da Coagro, no município de Campos dos Goytacazes, na safra 2011/2012, 40% da cana-de-açúcar foi colhida de forma mecanizada e sem queima, significando 40% a menos de queimada da cultura no município em dois anos, isto mostra que o município está caminhando bem para o cumprimento da lei 5.990 de 20 de junho de 2011 do estado do Rio de Janeiro, que elimina gradativamente a queima da palha da cultura.

No entanto, o processo da colheita mecanizada apresenta ainda muitas perdas de matéria-prima causadas por fatores que precisam ser mais bem elucidados. Neves et al. (2004), relatam que as perdas de cana-de-açúcar podem ser divididas em perdas visíveis e invisíveis, em que as primeiras são aquelas que podem ser detectadas visualmente no campo após a colheita, podendo ser colmos inteiros e/ou suas frações, rebolos e tocos resultantes no corte basal, enquanto as perdas invisíveis são na forma de caldo, serragem e estilhaços que ocorrem em razão da ação dos mecanismos rotativos que cortam, picam e limpam o produto durante o processamento interno nas colhedoras.

Estas perdas quantitativas no campo, as reduções da qualidade da matéria-prima e redução da longevidade do canavial na colheita mecanizada de cana-de-açúcar têm causado preocupações relevantes (Ripoli e Ripoli, 2009).

Neste sentido, é preciso que se avaliem as perdas geradas em campo pela colheita de cana-de-açúcar crua para que se corrijam as falhas operacionais, e, para a correção das mesmas é necessário que se treinem os operadores das colhedoras, que se faça acompanhamento técnico e avaliação do talhão, avaliando também o sincronismo entre colhedora e caminhão (Benedini et al., 2013).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o desempenho das colhedoras de cana-de-açúcar CASE IH A8800, CASE IH A4000 e John Deere 3520 quanto às perdas visíveis de matéria-prima e danos às soqueiras durante as operações de colheita de cana-de-açúcar no Norte Fluminense.

2.2. Objetivos específicos

Analisar a influência da variação da velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar CASE IH A8800 e John Deere 3520 nas perdas visíveis de matéria-prima e danos às soqueiras.

Analisar o consumo horário de combustível da colhedora A4000 durante a operação de colheita mecanizada.

Analisar a compactação do solo, através do índice de cone, nas operações mecanizadas de colheita utilizando as colhedoras CASE IH A8800, CASE IH A4000.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ASPECTOS GERAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR

O ciclo da cana-de-açúcar normalmente é de cinco anos, sendo que o plantio é realizado apenas no primeiro, e nos demais anos o rebrote é cultivado e colhido anualmente até que sua produtividade demonstre ser economicamente viável sua renovação (Barbieri, 2007).

A cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas brasileiros. Atualmente, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, sendo o estado de São Paulo o maior produtor brasileiro (Unica, 2012).

A crescente demanda nacional e internacional de etanol para adição à gasolina para motores de combustão condiciona o aumento da área de produção de cana-de-açúcar no Brasil. Áreas atualmente utilizadas com pastagem estão sendo substituídas pelo cultivo da cana-de-açúcar a fim de atender as necessidades de álcool do mercado (Cerri, 2005).

Na safra 2013/14, em âmbito nacional a cultura da cana-de-açúcar continuou em expansão. A área cultivada com cana-de-açúcar nesta safra foi de 8.485,00 mil hectares, distribuídas em todos os estados produtores. Com isso, o Brasil teve um acréscimo em área de 326,43 mil hectares, equivalendo a 3,8% em relação à safra 2012/13. Esse acréscimo é reflexo do aumento de área da Região

Centro-Sul. Já no estado do Rio de Janeiro ocorreu o inverso da tendência nacional, a área cultivada na safra 2013/2014 foi 2% menor que na safra anterior, significando 0,8 mil hectares a menos cultivados (Conab, 2014).

A produtividade e a produção nacional da cultura da cana-de-açúcar na safra 2013/2014 também aumentaram, a primeira aumentou 5362 kg.ha⁻¹, significando um aumento de 7,7%. A segunda aumentou 69.906,5 mil toneladas, expressivo aumento de 11,9%. Quanto à produtividade e produção o estado do Rio de Janeiro seguiu a tendência nacional, tendo um aumento na produtividade e na produção de respectivamente 8,2% e 6% (Conab, 2014).

3.2. COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar, por ser material biológico sujeito a mudanças rápidas na qualidade como matéria-prima industrial, requer no processo de colheita que as máquinas utilizadas preservem as características qualitativas e reduzam ao mínimo possível a contaminação do produto colhido por matéria estranha vegetal – folhas e palhas, ou mineral – partículas de solo (Ripoli, 1996).

No Brasil, são utilizados três subsistemas distintos de colheita: o manual, o semimecanizado e o mecanizado. O subsistema manual é aquele onde tanto o corte como o carregamento do material colhido são realizados por mão de obra braçal. O subsistema semimecanizado, de maior utilização no país, apresenta o corte manual, o carregamento mecânico e o transporte por veículos motorizados. O subsistema mecanizado vem a ser aquele onde as operações de corte, carregamento e transporte ocorrem através de máquinas. Este subsistema apresenta duas variantes. Uma que utiliza máquinas cortadoras, que deixam sobre o terreno o produto cortado para posterior carregamento mecânico. Outra que utiliza máquinas colhedoras, que realizam, em sequência, o corte dos ponteiros, o corte basal, fraciona os colmos em rebolos, realizam uma limpeza parcial de matéria estranha – terra, ponteiros, folhas, palhas, etc. por gravidade e/ou por fluxo de ar e descarregam o material diretamente nas unidades de transporte – caminhões, carretas de transbordo, etc. (Ripoli, 1996).

Dentro do ciclo operacional gerado pela cana-de-açúcar, a etapa da colheita pode ser considerada como uma das mais importantes, pois dela depende a qualidade do produto entregue às usinas. Em média, 30% da área

colhida de cana-de-açúcar utiliza o processo mecanizado de colheita, com ou sem queima prévia para limpeza do canavial. As áreas que utilizam a colheita mecanizada estão localizadas principalmente em locais com topografia adequada e/ou apresentam problemas relacionados à escassez de mão-de-obra (Magalhães et al., 2008).

A Lei 5.990 de 20 de junho de 2011 do estado do Rio de Janeiro define que, nas lavouras maiores que 100 ha em áreas passíveis de mecanização da colheita com declive até 12%, a redução da queimada fosse de 20% até 2012; 50% até 2014; 80% até 2018 e cessem até 2020. Já para as plantações onde a colheita mecanizada não possa ser implantada os prazos são maiores: até 2016, redução de 20%, até 2018 50%, até 2022 para reduzir em 80% e 2024 para acabar definitivamente com a prática. A adequação à legislação causará reflexos significativos no aumento na área de colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua no País.

Segundo dados da Coagro, no município de Campos dos Goytacazes, na safra 2011/2012, 40% da cana-de-açúcar foi colhida de forma mecanizada, o que significou 40% a menos de queimada da cana-de-açúcar no município em dois anos, significando que a cidade está caminhando bem para o cumprimento da lei que elimina gradativamente a queima da palha da cultura.

A colheita mecânica da cana-de-açúcar apresenta vantagens ambientais e de saúde pública, no que tange à redução da poluição do ar oriunda da queima da palha, ocasionando redução de problemas de saúde advindos da fuligem gerada pela palha queimada. Outra vantagem é que a colhedora, no momento da colheita joga para dentro do caminhão, o produto cortado, devolvendo ao canavial a palha da mesma, mantendo o solo coberto, preservando a sua umidade e criando um ambiente propício para a germinação da nova safra. No entanto, a grande desvantagem da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, é a questão social, pois cada colhedora faz o trabalho de mais de 100 homens, acarretando em grande desemprego no período da safra. Segundo Costa Neto (2006), a mecanização da colheita de cana-de-açúcar é inevitável. O autor afirma ainda que programas educacionais e de qualificação profissional são essenciais, assim como políticas públicas objetivas para minimizar reflexos do êxodo rural que provavelmente ocorrerá nos próximos anos.

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua apresenta vantagens e desvantagens sobre a colheita semimecanizada. Dentre as vantagens, destacam-se: menor agressão ao meio ambiente, maior acúmulo de material orgânico sobre o solo e redução do quadro de funcionários. As desvantagens estão relacionadas principalmente com a redução na qualidade da matéria-prima, como a presença de impurezas, necessidade de mão-de-obra especializada e perdas qualitativas (Reis, 2009).

Segundo Rangel et al. (2009), a colheita mecanizada apresenta vantagens como a necessidade de poucos operários no campo, ausência de carregadora de cana-de-açúcar no campo, grande capacidade operacional – atingindo em torno de 800 t de produto colhido por dia por máquina; e como desvantagem, a necessidade de lavouras extensas e previamente sistematizadas.

A cana-de-açúcar colhida por colhedoras de cana-de-açúcar picada apresenta índices de impurezas 2,7 vezes maiores que a cortada manualmente e carregada mecanicamente (Moraes, 1992). Segundo Kroes e Harris (1996), a utilização do corte mecânico pode causar perdas do produto e de caldo e danos na base da soqueira, que reduzem consideravelmente a brotação e proporcionam o ataque de doenças e pragas, refletindo na perda de produtividade da safra subsequente.

Seja qual for o subsistema de colheita adotado, as condições de campo irão refletir, com bastante ênfase, no seu desempenho operacional.

Dentre inúmeros fatores de campo, os principais e que merecem atenção devida são: características morfo-fisiológicas das variedades; grau de acamamento do canavial; espaçamento de plantio; tipo e teor de umidade do solo; sistematização do terreno; condição dos sulcos de plantio; comprimento das fileiras de plantio; estado dos carregadores; formato e área dos talhões e declividade do terreno (Ripoli, 1996).

3.2.1. PERDAS E DANOS À SOQUEIRA NA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR

As colhedoras cortam a cana-de-açúcar em sua base pelo impacto, usando um disco rotativo com múltiplas lâminas. O rolo defletor empurra o caule para frente antes de cortá-la, para facilitar a alimentação pelos rolos alimentadores. A deflexão e o corte de base são responsáveis por danos na cana-de-açúcar

colhida e na soqueira, causando grande volume de perdas, tanto de massa como por deterioração, além de facilitar o ataque de fungos e doenças na soqueira (Mello e Harris, 2003).

As colhedoras de cana-de-açúcar cortam os colmos em sua base pelo impacto de múltiplas lâminas montadas em dois discos rotativos. No corte por impacto, a força predominante é normal ao perfil da lâmina e causa grandes danos na soqueira e no produto colhido (Mello, 2005).

As perdas quantitativas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua podem ser classificadas como perdas do tipo: toco, rebolo repicado, pedaço fixo, pedaço solto, lasca, cana ponta, cana inteira e estilhaço, sendo o somatório dessas contabilizado em perdas totais. Qualitativamente, são avaliados os danos causados às soqueiras após a colheita da cana-de-açúcar pela máquina, bem como o arranquio dessas (Reis, 2009).

Na colheita mecânica de cana crua, em que não se queima o canavial para efetuar uma pré-limpeza da cultura, os índices de perdas e de matéria estranha tendem a aumentar devido à maior massa vegetal que será processada pela colhedora. As perdas de cana-de-açúcar podem ser divididas em perdas visíveis e invisíveis, em que as primeiras são aquelas que podem ser detectadas visualmente no campo após a colheita, podendo ser colmos inteiros e/ou suas frações, rebolos e tocos resultantes no corte basal, enquanto as perdas invisíveis são na forma de caldo, serragem e estilhaços que ocorrem em razão da ação dos mecanismos rotativos que cortam, picam e limpam a cana-de-açúcar durante o processamento interno nas colhedoras (Neves et al., 2004).

Benedini et al. (2013) relataram que existem diversos fatores relacionados a perdas visíveis, dentre eles estão: variedade, preparação da área, treinamento do profissional, velocidade da colhedora e por fim a manutenção de todo equipamento.

Na colheita mecanizada da cana-de-açúcar, vê-se que existem algumas características próprias que interagem entre solo, planta e máquina, e que pode vir trazer perdas no campo, desde a qualidade da matéria-prima até redução do número de cortes do canavial (Salvi et al., 2007).

É preciso que se avaliem as perdas geradas em campo pela colheita de cana-de-açúcar crua para que se corrijam as falhas operacionais, e, para a correção das mesmas é necessário que se treinem os operadores das

colhedoras, que se faça acompanhamento técnico e avaliação do talhão, avaliando também o sincronismo entre colhedora e caminhão (Benedini et al., 2013).

Muitos trabalhos científicos já foram realizados a fim de avaliar as perdas da matéria-prima no campo e na colhedora, destacando os estudos desenvolvidos por Ripoliet al. (1996); Neves et al. (2003); Neves et al. (2004); Neves et al. (2006); Salvi (2006); Silva et al. (2008); Reis (2009); Schogor et al. (2009); Benedini e Silva (2010); Benedini et al. (2013); Segato e Daher (2011); Noronha et al. (2011).

Para minimizar perdas visíveis no processo de colheita mecanizada, é necessário que a área que vai receber a colhedora não tenha desníveis elevados, tenha padronização no espaçamento entre linhas plantadas e comprimento das áreas e controle de tombamento.

Neves et al. (2004), realizando ensaios com monitor de perdas durante a colheita, relatam que as perdas visíveis no campo foram da ordem de 5%, verificando-se a correspondência do aumento das perdas de pedaços de cana-de-açúcar com o acréscimo da rotação do extrator primário.

Garcia et al. (2006), ao estudarem o desempenho operacional da colhedora de cana-de-açúcar inteira, aliando a quantificação das perdas visíveis e invisíveis durante a colheita mecanizada de tal cultura, obtiveram números próximos a 7,7% de perdas na colheita de cana-de-açúcar queimada durante as avaliações. No estudo, considerando os mecanismos de transporte e transbordagem, esse percentual atingiu 29% de perdas.

De acordo com Neves et al. (2006), o baixo desempenho das colhedoras, expresso pelos altos índices de perdas de matéria-prima, ou a baixa eficiência de limpeza não está associado à velocidade de deslocamento da colhedora ou ao potencial de produção do canavial. Esse desempenho está relacionado ao gradiente do fluxo de ar na câmara de limpeza, que apresenta grande variação na velocidade do ar, interferindo na capacidade de limpeza da colhedora e, por consequência, nas perdas totais, visíveis e invisíveis.

Da mesma forma, Ripoli et al. (2001), avaliaram o desempenho de uma colhedora de rodado de esteira em um canavial previamente sistematizado para a colheita mecânica com quatro velocidades de deslocamento: 1,5, 3,0, 5,0 e 7,0 km h⁻¹. Os resultados mostraram, que não houve influência da velocidade de

deslocamento sobre as perdas totais de matéria-prima, índice de matéria estranha total e qualidade tecnológica da matéria-prima.

Por outro lado, Segato e Daher (2011) analisando a influência do aumento na velocidade de deslocamento da colhedora nas perdas visíveis de matéria-prima, concluíram que há significativo aumento de perda visível quando se usa maior velocidade de deslocamento da colhedora associado à maior pressão de corte de base e do exaustor, principalmente ao analisar perdas totais.

4. TRABALHOS

4.1. ARTIGO Nº 01: PERDAS QUANTITATIVAS E DANOS ÀS SOQUEIRAS NA COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR NO NORTE FLUMINENSE

Resumo: Este trabalho objetivou avaliar as perdas quantitativas de cana-de-açúcar e os danos causados às soqueiras, utilizando a colhedora Case A8800 em Campos dos Goytacazes, RJ. Os resultados foram analisados utilizando-se a estatística descritiva. A comparação das médias foi realizada com base no intervalo de confiança, construído pela estatística "t" à 5% de probabilidade, objetivando comparar os tipos de perdas. As diferenças entre os tipos de perdas foram significativas, sendo pedaço solto e lascas encontrados em maior quantidade. O grau de danos 2 foi encontrado em maior número, totalizando 42% das soqueiras avaliadas, seguido de grau 4, grau 3 e grau 1.

Palavras-Chave: Cana crua, *Saccharum* spp, Colheita mecanizada.

LOSSES QUANTITATIVE AND RATOON DAMAGE HARVESTING OF SUGAR CANE IN THE NORTH FLUMINENSE

Abstract: This study aimed to evaluate the quantitative losses of sugar cane and ratoon damage, using the harvester Case A8800 in Campos dos Goytacazes, RJ. The results were analyzed using descriptive statistics. The comparison of means was performed using the confidence interval, constructed by statistical "t" at 5% probability to compare the types of losses. The differences between the types of losses were significant, loose piece and splinters were found in greater quantity. The degree of damage 2, found in greater numbers, totaling 42% of ratoons evaluated, followed by grade 4, grade 3 and grade 1.

Keywords: Green cane, *Saccharum*spp, Mechanized harvesting.

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum*spp.) é uma das culturas mais importantes do agronegócio brasileiro, sendo o Brasil o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e líder também como o maior exportador de açúcar e de álcool advindos dessa cultura.

Com o crescimento da demanda de cana-de-açúcar e a competitividade de preço dos produtos, o setor agrícola está buscando maior eficiência e melhor tecnologia para o campo, investindo, assim, em equipamentos que proporcionam menor perda de matéria-prima, redução da contaminação de cana-de-açúcar com impurezas minerais e, conseqüentemente, maior lucratividade (MAGALHÃES et al., 2008).

A área plantada no Estado do Rio de Janeiro para a safra 2012/2013 foi de 37.180 mil ha, o que significou uma redução da ordem de 10% ao comparar com a safra passada (CONAB, 2012). Na região Norte Fluminense, região mais expressiva do Estado na produção de cana-de-açúcar, especialmente no município de Campos dos Goytacazes, a cultura ainda é a principal atividade agrícola, porém com produtividade média abaixo de 50 t ha⁻¹ (GARCIA e SILVA, 2010).

A Lei 5.990 de 20 de junho de 2011 do Estado do Rio de Janeiro visa à eliminação gradativa da queima da palha da cana. Essa lei define que, nas lavouras em áreas passíveis de mecanização da colheita com baixo declive, a redução da queimada seja de 20% até 2012; 50% até 2014; 80% até 2018 e cessem até 2020. Já para as plantações onde a colheita mecanizada não possa

ser implantada os prazos são maiores: até 2016, redução de 20%, até 2018 50%, até 2022 para reduzir em 80% e 2024 para acabar definitivamente com a prática. A adequação à legislação causará reflexos significativos no aumento na área de colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua no País.

A Coagro (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda), situada no município de Campos dos Goytacazes, na safra 2010/2011 colheu 20% da cana de forma mecanizada. Já na safra 2011/2012, esse número elevou-se a 40%, resultado de investimentos em compra de equipamentos, locação de novas máquinas, assim como contratação de profissionais de outros estados com experiência nesta atividade. Isso significa que a cidade de Campos dos Goytacazes está caminhando bem para o cumprimento da lei 5.990 de 20 de junho de 2011, do Estado do Rio de Janeiro.

No entanto, o processo da colheita mecanizada no Norte Fluminense apresenta ainda muitas perdas de matéria-prima causadas por fatores que precisam ser mais bem elucidados. Reis et al. (2010) classificam as perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua em quantitativas e qualitativas, as quantitativas podem ser classificadas como perdas do tipo: toco, rebolo repicado, pedaço fixo, pedaço solto, lasca, cana ponta, cana inteira e estilhaço, sendo o somatório dessas contabilizado em perdas totais. Qualitativamente, são avaliados os danos causados às soqueiras após a colheita da cana-de-açúcar pela máquina, bem como o arranquio dessas.

Silva e Garcia (2009) relatam que existem diversos fatores relacionados a perdas na colheita, dentre eles estão: variedade, tratos culturais, preparo do solo e da área, manutenção da colhedora, habilidade do operador, falhas na cultura, porte do canavial, entre outros.

As perdas no campo, as reduções da qualidade da matéria-prima e redução do número de brotações do canavial quando se utiliza a colheita mecanizada de cana-de-açúcar têm causado preocupações relevantes.

Nesse sentido, é preciso que se avaliem as perdas de matéria-prima geradas em campo e danos causados às soqueiras pela colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua para que se corrijam as falhas operacionais, e, para a correção delas é necessário que se treinem os operadores das colhedoras, que se faça acompanhamento técnico e avaliação do talhão, avaliando, também, o sincronismo entre colhedora e caminhão (BENEDINI et al., 2013).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as perdas quantitativas de matéria-prima e os danos causados às soqueiras, na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua utilizando a colhedora Case A8800 na região Norte Fluminense.

Materiais e Métodos

O estudo foi realizado em junho de 2012 em uma lavoura de cana-de-açúcar ainda não sistematizada para a colheita mecanizada. A área pertence a um cooperado da Coagro (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.) na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ, região Norte Fluminense: coordenadas geográficas: 21°48'12"S e 41°20'52" W.

O clima da cidade de Campos dos Goytacazes é classificado como tipo Aw segundo a classificação de Köppen, isto é, quente e úmido com estação chuvosa no verão, apresentando temperatura média de 23,2°C, sendo julho o mês mais frio (temperatura média 20,1°C) e fevereiro o mês mais quente (temperatura média 26°C). O solo da área é classificado como CAMBISSOLO Háplico Tb eutrófico típico, textura argilo-siltosa (EMBRAPA, 2006).

A cana-de-açúcar, variedade SP80-1842, foi colhida crua sem queima prévia no período diurno. Foi realizada a caracterização do canavial antes da colheita, uma vez que essa condição tem grande influência no desempenho operacional da máquina utilizada.

Utilizou-se, no estudo, a colhedora de cana picada modelo Case IH A8800, ano de fabricação 2010 (Figura 1).



Figura 1. Colhedora CASE IH A8800.

As seguintes características do canavial foram avaliadas de acordo com a metodologia de Ripoli (1996): comprimento médio e diâmetro do colmo; teor de umidade do solo; granulometria e classe textural do solo; número de cortes e grau de maturação da cultura e estimativa de produtividade.

Foram recolhidas as sobras de cana-de-açúcar deixadas no campo após a colheita, em seis linhas de soqueira de cana, com comprimento de 290 m cada, colocando a armação de amostragem nas duas linhas centrais a cada 50 m, separando 40 m de borda, a área de amostragem foi de 20 m² com cinco repetições, como representado nas Figuras 2 e 3. Com estes dados foram calculadas as perdas em t ha⁻¹ e porcentagem de perdas.

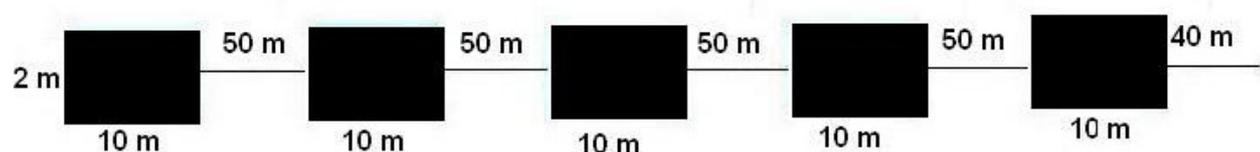


Figura 2. Modelo de amostragem do experimento para comparação de perdas quantitativas de cana-de-açúcar.



Figura 3. Armação de amostragem das perdas, com 20 m².

As perdas quantitativas de cana-de-açúcar avaliadas foram rebolo repicado, cana inteira, cana ponta, pedaço fixo, pedaço solto, lasca, estilhaço, toco e perdas totais. Essas perdas foram coletadas, separadas e medidas suas massas de acordo com a classificação proposta por Reis et al. (2010), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tipos de perdas avaliados.

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 0,2 m), necessariamente preso ao solo.
Pedaço solto	Segmento médio de cana (maior que 0,2 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.
Perdas Totais	Somatório de todas as perdas

As perdas quantitativas foram convertidas em toneladas por hectare, de acordo com a Equação 1.

$$P = \frac{m}{a} 10 \quad (1)$$

em que

- P - perdas quantitativas, t ha⁻¹;
- M - massa colhida na área, kg; e
- A - área de amostragem, m².

Para as perdas totais, foi calculado o valor em porcentagem de acordo com a Equação 2.

$$P\% = \frac{P}{P + \text{prod}} 100 \quad (2)$$

em que

- P% = perdas totais, %; e
- Prod = Produtividade do canavial, t ha⁻¹.

Os resultados foram analisados por meio da estatística descritiva, permitindo uma visualização comportamental de maneira geral, assumindo a independência entre os dados, desconsiderando a influência do local de amostragem e das posições relativas. Foram calculadas as medidas de posição, média aritmética e a mediana e as medidas de variação, amplitude, desvio-padrão

e coeficientes de variação. Objetivando comparar os tipos de perdas, determinou-se o intervalo de confiança das médias, construído pela estatística "t" á 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG. Pois no intervalo de confiança espera-se estar contida a verdadeira média da população com 95% de probabilidade. Assim, não havendo sobreposição dos ICs, houve diferença significativa entre as médias de perdas.

Para avaliar os danos causados às soqueiras, foi utilizada a metodologia visual utilizada por Reis (2009) adaptada de Kroes (1997). Foram avaliadas 50 soqueiras aleatoriamente numa área de amostragem de 1800 m². Calculou-se a porcentagem de cada dano e a moda dos dados, que representa o grau de dano encontrado em maior frequência.

Resultados e Discussões

As características do canavial avaliado e do solo da área de estudo se encontram nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

Tabela 2. Características do canavial estudado.

Características da Cultura	
Produtividade estimada da cultura (t ha ⁻¹)	46
Comprimento médio dos colmos (m)	1,96
Diâmetro médio dos colmos (mm)	20,10
Número de cortes	14° corte
Grau de maturação da cultura (%)	Brix: 19,5; pureza: 78,7

Tabela 3. Características do solo da área de estudada.

Características do Solo	
Teor de umidade do solo (0-10 cm)	41%
Teor de umidade do solo (10-20 cm)	44%
Classe Textural do solo	Argilo-siltoso

É possível verificar na Tabela 4, que as diferenças entre os tipos de perdas foram significativas, sendo pedaço solto e lascas os encontrados em maior número, somando 54% das perdas totais (Figura 4), e toco juntamente com

pedaço fixo encontrados em menor número (Tabela 4), somando 13% das perdas totais (Figura 4).

Tabela 4. Estatística descritiva dos tipos de perdas.

Perdas	Média (t ha ⁻¹)	Mediana (t ha ⁻¹)	APT	DP	CV %	IC
ReboloRepicado	0,52 B	0,58	0,19	0,08	14,5	0,09
Cana Ponta	0,54 B	0,59	0,38	0,14	25,6	0,17
PedaçoFixo	0,41 BC	0,43	0,45	0,16	38,6	0,20
PedaçoSolto	1,30 A	1,35	0,72	0,26	19,7	0,32
Lascas	1,24 A	1,16	0,72	0,26	20,9	0,32
Estilhaço	0,53 B	0,50	0,31	0,11	20,6	0,14
Toco	0,20 C	0,15	0,25	0,09	46,9	0,12
PerdasTotais	4,75	5,0	1,08	0,41	8,56	0,51

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo intervalo de confiança construído pela estatística "t" á 5% de probabilidade.

APT=amplitude, DP=desvio padrão, CV=coeficiente de variação, IC=intervalo de confiança.

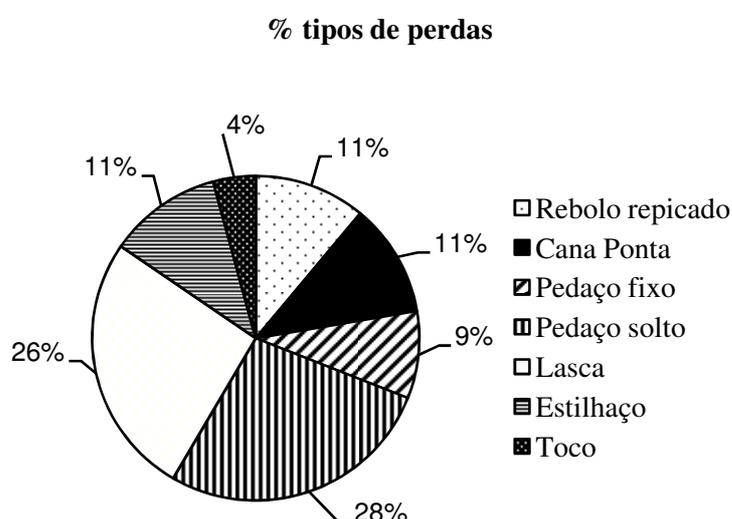


Figura 4. Porcentagem dos tipos de perdas.

O resultado encontrado para os tipos de perda pedaço solto e lascas justifica-se, segundo Neves et al. (2004), pelo fato deles indicarem, diretamente, a influência da rotação do exaustor primário quanto às perdas. A rotação do

exaustor primário utilizada neste trabalho foi de 800 rpm, valor este acima do recomendado pelos fabricantes da colhedora, o ideal seria entre 110 e 600 rpm. Foi utilizado esse valor acima do recomendado devido à alta quantidade de folhas verdes e palha no canavial no momento da colheita. Sendo assim, utilizando a rotação do exaustor dentro dos valores recomendados, o nível de impurezas na cana colhida ficaria muito além do aceitável. Porém, aumentando a rotação do exaustor primário, diminui-se a quantidade de impurezas, mas, em contrapartida, aumenta-se a quantidade de perdas dos tipos lascas e pedaços soltos. Segundo Neves et al. (2004), à medida que se aumenta a rotação do exaustor primário, os rebolos passam a ser sugados junto com a palha e a terra, sendo lançados ao campo; ao passar pelos exaustores, os rebolos são atingidos pelas pás, sendo dilacerados em lascas e pedaços soltos, contribuindo para o aumento das perdas.

Neves et al. (2004), também encontraram os tipos de perdas pedaço solto e lascas em maior quantidade assim como no presente trabalho. Da mesma forma, Noronha et al. (2011) e Silva et al. (2008) encontraram o tipo de perda pedaço solto em maior quantidade, ambos avaliando a colhedora Case A7700 que é o modelo fabricado anteriormente ao modelo avaliado neste trabalho, que possui diversos setores em comum.

As prováveis causas para os tipos de perdas toco e pedaço fixo terem sido encontrados em menor quantidade estariam relacionadas a menor ondulação do solo, pouca incidência de pedras na área e ao bom treinamento do operador do colhedora, permitindo uma altura de corte mais homogênea, próxima do ideal. Noronha, et al. (2011) relatam que as variáveis perda em toco e altura de corte estão diretamente relacionadas e por sua vez, as perdas em toco estão relacionadas com as perdas em pedaço fixo, isso é explicado pelo fato de ambos os tipos de perdas serem causadas pelos mesmos motivos.

O tipo de perda cana inteira não foi encontrado no presente trabalho, possivelmente isso está relacionado principalmente ao não acamamento da cana, pois o canavial apresentava um porte ereto, outro fator estaria relacionado com o bom estado das facas do corte de base, possivelmente essas não apresentavam grandes danos ou desgastes no momento desta colheita, permitindo o corte de todas as soqueiras, não deixando cana inteira no campo. Nesse contexto, Silva e Garcia (2009) relatam que as características morfológicas e fisiológicas das variedades interferem no corte mecânico da cana. Em princípio, as colhedoras

operam melhor em canas eretas, vigorosas e de sistema radicular profundo. As canas eretas facilitam o corte, da base e do topo, havendo, com isso, um ganho na capacidade de trabalho da máquina, pois a colheita ocorre sem maiores interrupções, acarretando menores perdas em canas não cortadas e melhor limpeza. As canas devem ser vigorosas e com sistema radicular profundo porque o corte mecânico basal resulta na ação de laminas em rotação e exigem certa resistência de sustentação dos colmos para ocorrer o cisalhamento adequado.

A média de perdas totais foi de $4,75 \text{ t ha}^{-1}$, o que significa mais de 10% de perdas totais na área avaliada (Tabela 4). De acordo com Benedini et al. (2013) perdas maiores que 4,5% são classificadas como altas. Outros autores também encontraram em seus trabalhos perdas totais classificadas como altas. Silva et al. (2008), Segato e Daher (2011), Noronha et al. (2011) e Schogor et al. (2009) encontraram respectivamente em seus trabalhos perdas totais na ordem de 4,7, 4,96, 9,3 e 12,5%.

Esse valor alto de perdas totais encontrado no presente trabalho pode ser justificado pela não sistematização do terreno para a colheita mecanizada, os talhões não são homogêneos em comprimento nem em espaçamento de plantio, além do espaçamento utilizado entre fileiras (1,2 m) não ser adequado para a colheita mecanizada. Segundo Benedini e Conde (2008), o espaçamento ideal é de 1,5 m entre fileiras, porque possibilita uma colheita sem injúrias às soqueiras e conseqüentemente maior longevidade ao canavial.

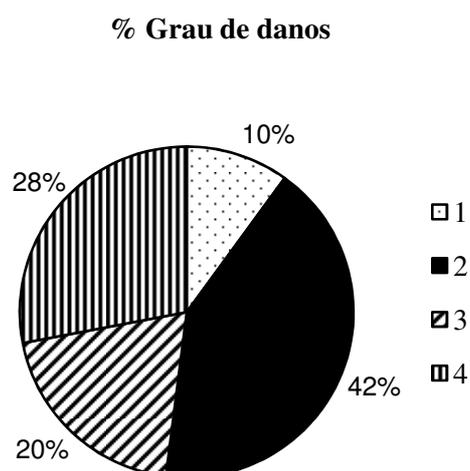
Para se obter bons resultados na colheita, é importante um plantio com preparo de solo adequado e principalmente uma adequada sistematização do terreno para a colheita mecanizada. Uma colheita com nível de perdas aceitáveis inicia-se no plantio e preparação do terreno para a colheita mecanizada. Reforçando essas afirmativas, Benedini e Conde (2008), relatam que o sucesso da colheita deve-se a vários fatores de campo, entre eles: nivelamento do solo, formato e comprimento dos talhões, produtividade e homogeneidade do canavial, características das cultivares, qualidade da operação e treinamento de operadores.

Calculando-se a moda, percebe-se que essa medida de tendência central é representada pelo grau 2 (danos periféricos), pois a quantidade observada deste grau de dano foi a maior entre os 4 graus, seguido dos graus 4 (fragmentado), 3 (rachadura) e 1 (sem danos) como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Quantidade encontrada de cada grau de dano às soqueiras.

Grau de danos	Quantidade encontrada
1 – Sem danos	5
2 – Danos periféricos	21
3 - Rachadura	10
4 - Fragmentado	14

Na figura 5 pode-se observar que o grau de danos 2, o grau encontrado em maior número, totaliza 42% das soqueiras avaliadas, seguido pelo grau 4, 3 e 1 com respectivamente 28, 20 e 10% das soqueiras. Da mesma forma, Noronha et al. (2011) encontraram o grau 1 (sem danos) em menor quantidade e o grau de danos 2 em maior quantidade, totalizando, respectivamente, 27 e 39% das soqueiras avaliadas por esses autores.

**Figura 5.** Porcentagem dos graus de danos.

Os danos ocorridos nas soqueiras podem acarretar maior incidência de fungos e de doenças na soqueira, pois a fragmentação desta causa ferimento que se torna porta de entrada para insetos e fungos. Os danos também influenciam a capacidade de rebrota da soqueira, quanto maior o dano maior será a probabilidade de incidência de pragas e doenças e menor será a capacidade de rebrota da soqueira.

Conclusões

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, observou-se diferença significativa entre os tipos de perdas, sendo pedaço solto e lascas encontrados em maior número, representando 54% das perdas totais, que foi de 4,75 t ha⁻¹, significando mais de 10% de perdas totais.

Os graus 2 (danos periféricos) e o grau 1 (sem danos) foram os encontrados proporcionalmente em maior e em menor quantidade, totalizando respectivamente 42 e 10% das soqueiras avaliadas.

As condições de campo devem ser sistematizadas e adequadas à colheita mecanizada da cana visando redução de perdas e melhores condições de rebrota.

Seriam necessários trabalhos futuros para elucidar outras questões relacionadas às perdas e determinar qual o tipo de prejuízo a cultura da cana pode ter com cada grau de dano na soqueira.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida à primeira autora.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo auxílio financeiro nos projetos desta equipe de trabalho.

Referências

BENEDINI, M. S.; BROD, F. P. R.; PERTICARRARI, J. G. Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada. 2013. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/20144470/1118993118/name/Perdas+de+cana+e+impurezas+vegetais+e+minerais+-+CTC.pdf>>. Acesso em 15 Jul. 2013.

BENEDINI, M. S.; CONDE, A. C. Espaçamento ideal de plantio para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Revista Coplacana, 2008.p. 26-28.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar. Segundo levantamento, safra 2012/2013. 2012. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_05_09_11_59_boletim_cana_portugues - agosto 2012 2o lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_05_09_11_59_boletim_cana_portugues_-_agosto_2012_2o_lev.pdf)>. Acesso em 16 Nov. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos.2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GARCIA, R. F.; SILVA, L. S. Avaliação do corte manual e mecanizado de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ. Engenharia na Agricultura, Viçosa - MG, v.18, n.3, 2010. p. 234-240.

KROES, S. The cuttingofsugarcane. 1997. 356 f. (Tese de Doutorado). Universityof Southern Queensland, Toowoomba.

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

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, 2004. p. 764-70.

NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P.; CÁSSIA, M. T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. Bragantia, Campinas, v.70, n.4, 2011. p. 931-938.

REIS, G. N. Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base. 2009. 89 f. (Tese de Doutorado). UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

REIS, G. N.; CALAFANGE, A.; BARRETO, A. K. G.; SILVA, R. P.; TOLEDO, A. Onde se perde. Cultivar Máquinas, Pelotas, v. 10, n. 97, p. 34-36, 2010.

RIPOLI, T. C. C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L. G (Org.). Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, cap.13, 1996. p. 635-73.

SCHOGOR, A. L. B.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B.; MURARO, J. O. SARTURI; MATOS, B. C. Perdas das frações de cana-de-açúcar submetida a diversos métodos de colheita. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, 2009. p. 1443-1450.

SEGATO, S. V.; DAHER, F. Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua sob velocidades de deslocamento da colhedora. Nucleus, v.8, 2011. p. 315-326.

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, 2008. p. 292-304.

SILVA, F. I. C.; GARCIA, A. Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: Histórico e análise. Nucleus, v.6, n.1, 2009. p. 233-248.

4.2. ARTIGO Nº 02: Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar utilizando a colhedora Case A4000

Resumo

A cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas brasileiros. A área plantada no estado do Rio de Janeiro para a safra 2011/2012 foi de 41,31 mil ha. O processo da colheita mecanizada da cultura apresenta ainda muitas perdas visíveis de matéria-prima causadas por diversos fatores. O presente trabalho objetivou avaliar as perdas visíveis de cana-de-açúcar, utilizando a colhedora Case A4000 no município de Campos dos Goytacazes, RJ. Os materiais deixados no campo pela colhedora foram coletados em seis linhas de soqueira de cana, com comprimento de 350 m, colocando a armação de amostragem a cada 50 m, a área de amostragem foi de 20 m² com oito repetições. Foram calculadas as perdas em t ha⁻¹ e % de perdas. A comparação das médias foi realizada através do Intervalo de confiança, construído pela estatística "t" à 5% de probabilidade objetivando comparar os tipos de perdas. A produtividade estimada da área foi de 54 t ha⁻¹. As diferenças entre os tipos de perdas foram significativas, rebolo repicado e lascas foram os encontrados em maior quantidade.

Palavras-chaves: *Saccharum* spp, cana crua, Colheita mecanizada

Abstract

The sugar cane is a major Brazilian agricultural products. The area cultivated in the state of Rio de Janeiro for the 2011/2012 season was 41.31 thousand ha. The process of mechanized harvesting of the crop still has many visible losses of raw materials caused by several factors. This study aimed to evaluate the visible losses of sugar cane and ratoon damage, using the harvester Case A4000 in the city of Campos dos Goytacazes, RJ. The materials left on the field by the harvester, were collected in 6 rows of ratoon cane, with a length of 350 m, putting the frame sampling every 50 m, the sampling area was 20 m² with 8 repetitions. It was calculated the losses in t ha⁻¹ and % losses. The comparison of means was performed using the confidence interval, constructed by statistical "t" at 5% probability to compare the types of losses. The estimated productivity of the area was 54 t ha⁻¹. The differences between the types of losses were significant, grindstone peaked and splinters were found in greater quantity.

Key Words: *Saccharum spp.*, green cane, mechanized harvesting

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Na região Norte Fluminense, esta cultura é o principal produto agrícola, sendo Campos dos Goytacazes o maior município produtor.

A cana-de-açúcar é matéria-prima para a produção do açúcar, que é base da alimentação humana e uma importante *commoditie* agrícola, sendo uma das principais culturas mais cultivadas no mundo, por isso é amplamente estudada e um dos principais assuntos discutidos, são sobre os impactos ambientais causados pelo seu cultivo (Mundim et al., 2009).

Dentro do ciclo operacional gerado pela cana-de-açúcar, a etapa da colheita pode ser considerada como uma das mais importantes, pois dela depende a qualidade do produto entregue às usinas (Magalhães et al., 2008). Apesar de colheita mecanizada da cana-de-açúcar existir desde a década de 1970, somente a partir dos anos 90 e mais efetivamente no novo século se tornou parte do sistema mecanizado das usinas devido a necessidade de redução de custos e adequação às exigências sócio ambientais existentes nos dias de hoje (Mundim et al., 2009).

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar está cada vez mais presente nos sistemas de produção no Brasil. No sistema de colheita mecanizada sem queima, as folhas, bainhas, ponteiros, além de quantidade variável de pedaços de colmo são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal (mulch) denominado palha ou palhada (Silva e Garcia, 2009).

Em Campos dos Goytacazes na colheita de cana-de-açúcar da safra 2011/2012, 25% da colheita foi realizada de forma mecanizada sem queima do canavial, o objetivo dos produtores é dobrar este percentual em 2013 (G1, 2013). As áreas que utilizam a colheita mecanizada estão localizadas principalmente em locais com topografia adequada e/ou apresentam problemas relacionados à escassez de mão-de-obra (Magalhães et al., 2008).

No entanto, a colheita mecanizada de cana-de-açúcar apresenta ainda muitas perdas. Principalmente no processo com cana crua, em que não se queima o canavial para efetuar uma pré-limpeza nas canas. Isto ocorre devido a maior massa vegetal que será processada pela colhedora, aumentando os índices de perdas e impurezas (Silva e Garcia, 2009).

Estas perdas podem ser divididas em visíveis e invisíveis. Segundo Ripoli e Ripoli (2009), as perdas são denominadas visíveis quando podem ser detectadas visualmente e representam a massa industrializável, isto é, conteúdo em açúcar que fica no campo após a passagem da máquina e constitui-se principalmente de canas inteiras, rebolos e tocos resultantes da altura do corte basal. Estas perdas podem ser facilmente determinadas por coleta manual.

As perdas no processo da colheita mecanizada podem ser quantificadas pela demarcação de uma área no terreno, logo após a colheita recolhendo-se os colmos, inteiros ou frações, rebolos e frações de rebolos e tocos resultantes da regulagem deficiente da altura do corte de base. Após a coleta, o material deve ser pesado e relacionado com a área demarcada, obtendo-se assim as determinações das perdas por área (Silva e Garcia, 2009).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as perdas quantitativas e os danos visualizados nas soqueiras, na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua utilizando a colhedora Case A4000 na região Norte Fluminense.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada em julho de 2012 em uma lavoura de cana-de-açúcar sistematizada para a colheita mecanizada. A área pertence a um cooperado da Coagro (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.) no município de Campos dos Goytacazes, RJ, região Norte Fluminense: coordenadas geográficas: 21 °47'50" S e 41 °20'02" W. Nesta área foi selecionada uma área de amostragem de 1.800 m² para realização da colheita mecanizada e medições das variáveis físicas do solo. O solo da área é classificado como CAMBISSOLO Háptico Tb eutrófico típico, textura argilosa (Embrapa, 2006).

O clima da cidade de Campos dos Goytacazes é classificado como tipo Aw segundo a classificação de Köppen, isto é, quente e úmido com estação chuvosa no verão, apresentando temperatura média de 23,2°C, sendo julho o mês mais frio (temperatura média 20,1°C) e fevereiro o mês mais quente (temperatura média 26°C).

Utilizou-se no estudo, a colhedora de cana picada modelo Case IH A4000, ano de fabricação 2009 (Figura 1).



Figura 1. Colhedora CASE IH A4000.

A cana-de-açúcar, variedade RB867515 em seu 3° corte, foi colhida crua sem queima prévia, no período diurno. Foi realizada a caracterização do canavial antes da colheita, uma vez que esta condição tem grande influência no desempenho operacional da máquina utilizada. Esta caracterização foi realizada

de acordo com a metodologia de Ripoli (1996): comprimento médio e diâmetro do colmo; teor de umidade do solo; granulometria e classe textural do solo; idade e grau de maturação da cultura e estimativa de produtividade.

Para avaliação das perdas visíveis foram recolhidas as sobras de cana-de-açúcar deixadas no campo após a colheita de seis linhas de soqueira de cana, com comprimento de 350 m cada, colocando a armação de amostragem nas duas linhas centrais a cada 50 m, separando 40 m de borda, com oito repetições. Cada repetição de amostragem foi delimitada com 2 m de largura e 10 m de comprimento, totalizando 20 m². Com estes dados foram calculadas as perdas em t ha⁻¹ e porcentagem de perdas.

As perdas visíveis de cana-de-açúcar avaliadas foram rebolo repicado, cana inteira, cana ponta, pedaço fixo, pedaço solto, lasca, estilhaço, toco e perdas totais. Estas perdas foram coletadas, separadas e medidas suas massas de acordo com a classificação proposta por Reis et al. (2010), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tipos de perdas avaliados.

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 0,2 m), necessariamente preso ao solo.
Pedaço solto	Segmento médio de cana (maior que 0,2 m), necessariamente solto ao solo.
Lasca	Fração segmentada do rebolo.
Estilhaço	Fragments 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.
Perdas Totais	Somatório de todas as perdas

As perdas visíveis foram convertidas em toneladas por hectare, de acordo com a Equação 1.

$$P = \frac{m}{a} 10 \quad (1)$$

em que

- P - perdas visíveis, t ha⁻¹;
- M - massa colhida na área, kg; e
- A - área de amostragem, m².

Para as perdas totais, foi calculado o valor em porcentagem de acordo com a Equação 2.

$$P\% = \frac{P}{P + \text{prod}} 100 \quad (2)$$

em que

- P% - = perdas totais, %; e
- Prod - = Produtividade do canavial, t ha⁻¹.

Os resultados foram analisados por meio da estatística descritiva, permitindo uma visualização comportamental de maneira geral, assumindo a independência entre os dados, desconsiderando a influência do local de amostragem e das posições relativas. Foram calculadas as medidas de posição, média aritmética e a mediana e as medidas de variação, amplitude, desvio-padrão e coeficientes de variação. Objetivando comparar os tipos de perdas determinou-se o intervalo de confiança das médias, construído pela estatística "t" à 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG. Pois no intervalo de confiança espera-se estar contida a verdadeira média da população com 95% de probabilidade. Assim, não havendo sobreposição dos ICs, houve diferença significativa entre as médias de perdas.

Para avaliar os danos causados às soqueiras, foi utilizada a metodologia visual utilizada por Reis (2009) adaptada de Kroes (1997), conforme Figura 2. Foram avaliadas 50 soqueiras aleatoriamente numa área de amostragem de 1.800 m². Calculou-se a porcentagem de cada dano e a moda dos dados, que representa o grau de dano encontrado em maior quantidade.

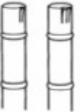
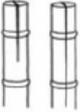
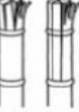
CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS	GRAU	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
<i>SEM DANOS</i>	1		
<i>DANOS PERIFÉRICOS</i>	2		
<i>RACHADURA</i>	3		
<i>FRAGMENTADO</i>	4		

Figura 2. Metodologia para a classificação dos danos as soqueiras utilizada por REIS (2009) adaptada de KROES (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características do canal avaliado e do solo da área de estudo se encontram nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

Tabela 2. Características do canal estudado

Características da Cultura	
Produtividade estimada da cultura ($t\ ha^{-1}$)	54
Comprimento médio dos colmos (m)	1,5
Diâmetro médio dos colmos (mm)	20,3
Grau de maturação da cultura (%)	Brix: 18,9; pureza: 77,3

Tabela 3. Características do solo da área de estudada

Características do Solo	
Teor de umidade do solo (0-10 cm)	31%
Teor de umidade do solo (10-20 cm)	34%
Classe Textural do solo	Argilosa

Perdas visíveis de matéria-prima

As diferenças entre os tipos de perdas estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Estatística descritiva dos tipos de perdas.

Perdas	Média (t ha ⁻¹)	% dos tipos de perdas	Mediana (t ha ⁻¹)	APT	DP	CV %	IC
Rebolo	0,835 a	45,14	0,81	1,21	0,37	44,3	0,30
Repicado							
Cana Ponta	0,270 b	14,59	0,15	0,80	0,28	105,5	0,24
Pedaço Solto	0,298 b	16,04	0,21	0,95	0,29	100,7	0,21
Lascas	0,355 b	19,19	0,35	0,45	0,15	42,3	0,13
Estilhaço	0,045 b	2,43	0,045	0,08	0,02	52,9	0,02
Toco	0,052 b	2,79	0,02	0,24	0,08	155,2	0,07
Perdas Totais	1,850	100,00	1,97	1,25	0,45	24,5	0,38

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo intervalo de confiança construído pela estatística "t" à 5% de probabilidade.

APT=amplitude, DP=desvio padrão, CV=coeficiente de variação, IC=intervalo de confiança.

O tipo de perda rebolo repicado diferiu das demais, sendo encontrado em maior número, somando 45% das perdas totais. Os tipos de perda cana inteira e pedaço fixo não foram encontrados no presente trabalho. Em termos de porcentagem de perdas totais em segundo lugar encontra-se o tipo de perdas Lascas com quase 20% das perdas totais (Tabela 4).

As perdas em rebolos repicados podem ocorrer devido ao erro humano (Noronha et al., 2011). O tipo de perda rebolo repicado está relacionado diretamente com a falta de sincronismo entre colhedora e caminhão transbordo, pois o rebolo repicado é a fração do colmo com o corte característico, é o que deveria obrigatoriamente estar no transbordo, mas foi perdido sendo lançado no chão. Isto significa que são necessários maiores treinamentos dos operadores da colhedora e do caminhão para minimizar a falta de sincronismo, minimizando perdas do tipo rebolo repicado.

Silva et al. (2013), objetivando quantificar as perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar na região de Lambari D´Oeste – MT, utilizando a colhedora John Deere modelo 3520, também encontraram rebolo repicado em maior quantidade. Por outro lado, Noronha et al. (2011) encontraram o tipo de perda rebolo repicado em menor quantidade, o contrário do encontrado neste trabalho.

O corte da cana nos picadores em frações menores que as desejadas, aliados à velocidade dos ventiladores de exaustão dilaceram os fragmentos do colmo (Noronha, et al., 2011). O tipo de perda lascas, que basicamente são toletes que foram succionados pelo fluxo de ar, sendo assim dilacerados pelo choque com as pás do extrator são diretamente influenciados pela rotação do extrator primário. À medida que se aumenta a rotação do extrator, os toletes são succionados junto com a palha e a terra. Ao passarem pelo exaustor são dilacerados em lascas (Benedini et al., 2013). Neves et al. (2004), avaliando o nível de perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar utilizando a colhedora Cameco CHT 2500 em São Paulo, encontraram o tipo de perdas lascas em maior quantidade.

A média de perdas totais foi de 1,85 t/ha, o que significa 3,4% de perdas totais na área avaliada (Tabela 4).

De acordo com Benedini et al. (2013), valores de perdas entre 2,5 e 4,5% são classificadas como nível médio de perdas. Alguns autores encontraram em seus trabalhos perdas totais classificadas como altas, tais como, Silva et al. (2008), Segato e Daher (2011), Noronha et al. (2011) e Schogor et al. (2009) que encontraram respectivamente em seus trabalhos perdas totais na ordem de 4,7, 4,96, 9,3 e 12,5%.

Apesar do valor de perdas encontrado ser classificado como médio, o ideal seriam valores abaixo de 2,5% que são valores classificados como baixos. Porém, a colheita mecanizada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes está mais comum há menos de cinco anos, então, estes valores médios podem ser considerados muito bons para a região. Este valor médio de perdas encontrado no presente trabalho pode ser justificado pela sistematização do terreno para a colheita mecanizada, os talhões são homogêneos em espaçamento de plantio, o terreno possui pouco ou nenhum desnível dentro de um mesmo talhão, além do espaçamento de plantio ser adequado para a colheita mecanizada (1,5 m). Para se obter bons resultados na colheita é importante uma adequada sistematização do terreno para a colheita mecanizada. Uma colheita com nível de perdas aceitáveis inicia-se no plantio e preparação do terreno para a colheita mecanizada.

Grau de danos às soqueiras

Calculando-se a moda, percebe-se que essa medida de tendência central é representada pelo grau 2 (danos periféricos), pois a quantidade observada deste grau de dano foi a maior entre os 4 graus, seguido dos graus 3 (rachadura), 4 (fragmentado) e 1 (sem danos) como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Quantidade encontrada de cada grau de dano às soqueiras

Grau de danos	Quantidade encontrada
1 – Sem danos	4
2 – Danos periféricos	20
3 – Rachadura	11
4 – Fragmentado	6

Na figura 3 pode-se observar que o grau de danos 2, o grau encontrado em maior número, totaliza 49% das soqueiras avaliadas, seguido pelo grau 3, 4, e 1 com respectivamente 27, 14 e 10% das soqueiras. Da mesma forma, Manhães et al. (2013) encontraram o grau 1 (sem danos) em menor quantidade e o grau de danos 2 em maior quantidade, totalizando, respectivamente, 10 e 42% das soqueiras avaliadas por esses autores utilizando a colhedora Case A8800 em Campos dos Goytacazes-RJ.

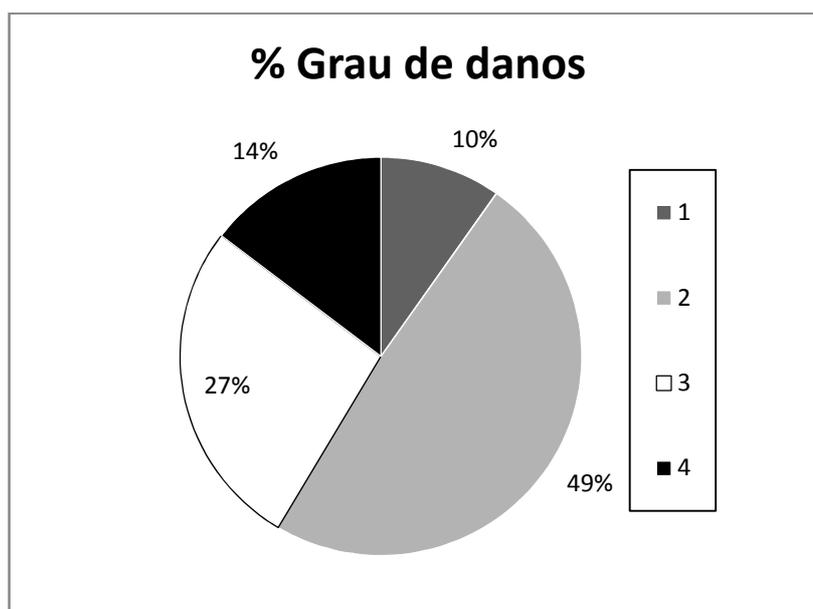


Figura 3 - Porcentagem dos graus de danos.

Isto significa que o tipo de dano encontrado em maior quantidade foi o de danos periféricos e sem danos foi o grau encontrado em menor quantidade em apenas 10 % das soqueiras. Os danos causados às soqueiras influenciam a sua capacidade de rebrota, quanto maior o dano maior será a probabilidade de incidência de pragas e doenças e menor será a capacidade de rebrota da soqueira. Estes danos às soqueiras também podem acarretar maior incidência de fungos e de doenças na soqueira, pois a fragmentação da soqueira causa um ferimento que se torna porta de entrada para insetos e fungos.

CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, observou-se que o tipo de perda rebolo repicado foi encontrado em maior número, representando 45 % das perdas totais, que foi de 1,85 t ha⁻¹, significando 3,4% de perdas totais.

Houve diferença significativa entre os graus de danos às soqueiras, sendo o grau 2 (danos periféricos) encontrado em maior quantidade, totalizando 49%. Já o grau 1 (sem danos) foi o encontrado em menor quantidade totalizando 10%.

São necessários trabalhos futuros para elucidar outras questões relacionadas às perdas de matéria-prima e danos às soqueiras na cultura da cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor.

A FAPERJ pelo apoio financeiro para execução do trabalho.

REFERÊNCIAS

BENEDINI, M.S.; BROD, F.P.R.; PERTICARRARI, J.G. Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/20144470/1118993118/name/Perdas+de+cana+e+impurezas+vegetais+e+minerais+-+CTC.pdf>>. Acesso em 15jul. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

G1. Colheita de cana-de-açúcar começa com atraso em Campos, RJ. Disponível em: <g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2013/05/colheita-de-cana-de-acucar-comeca-com-atraso-em-campos-rj.html>. Acesso em 12 Jun. 2013.

KROES, S. The cutting of sugarcane. 1997. 356 f. (Tese de Doutorado). University of Southern Queensland, Toowoomba.

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

MANHÃES, C. M. C.; GARCIA, R. F.; CORREA JÚNIOR, D.; FRANCELINO, F. M. A.; VASCONCELOS JÚNIOR, J. F. S.; FRANCELINO, H. O. Perdas quantitativas e danos às soqueiras na colheita de cana-de-açúcar no Norte Fluminense. Vértices, Campos dos Goytacazes, v. 15, n. 3, p. 63-74, 2013.

MUNDIM, D. A.; PELISSARI, H. N. T.; PEREIRA, F. J. S. Panorama da colheita mecanizada de cana-de-açúcar E seu impacto no manejo da cultura. Nucleus, edição especial, p. 79-94, 2009.

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. 764-70, 2004.

NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P.; CÁSSIA, M. T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. Bragantia, Campinas, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.

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

REIS, G. N. Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base. 2009. 89 f. (Tese de Doutorado). UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

REIS, G. N.; CALAFANGE, A.; BARRETO, A. K. G.; SILVA, R. P.; TOLEDO, A. Onde se perde. Cultivar Máquinas, Pelotas, v. 10, n. 97, p. 34-36, 2010.

RIPOLI, T. C. C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G (Org.). Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, 1996. cap.13, p.635-73.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009. 333 p.

SCHOGOR, A.L.B.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; MURARO, J.O. SARTURI; MATOS, B.C. Perdas das frações de cana-de-açúcar submetida a diversos métodos de colheita. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.1443-1450, 2009.

SEGATO, S.V.; DAHER, F. Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua sob velocidades de deslocamento da colhedora. Nucleus, v. 8, p. 315-326, 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, 2008.

SILVA, F. I. C.; GARCIA, A. Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: Histórico e análise. Nucleus, v.6, n.1, abr. p. 233-247, 2009.

SILVA, R. C.; FIGUEIREDO, Z. N.; CALDEIRA, D. S. A. Quantificação das perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar In: Congresso de Iniciação Científica, 5ª. (JC), 2013, Cáceres/MT. Anais... Cáceres/MT: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG, 2013. Vol. 8 (2013).

4.3. ARTIGO Nº 03: Avaliação de perdas visíveis e danos às soqueiras na colheita mecanizada de cana-de-açúcar em diferentes velocidades de deslocamento

RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar as perdas quantitativas de cana-de-açúcar e os danos causados às soqueiras, utilizando a colhedora Case IH A8800 em diferentes velocidades de deslocamento, no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. Foram utilizadas três velocidades como tratamento (2 km h^{-1} , 3 km h^{-1} e $4,5 \text{ km h}^{-1}$), cada tratamento foi composto de 6 linhas de soqueira de cana colhida, com comprimento de 290 m cada. Para avaliar as perdas quantitativas em t ha^{-1} e porcentagem de perdas, foram recolhidas em cada tratamento, as sobras de cana-de-açúcar deixadas no campo após a colheita, colocando a armação de amostragem a cada 50 m, separando 40 m de borda, cada área de amostragem foi de 20 m^2 com cinco repetições. Para avaliar os danos causados as soqueiras foi utilizada uma metodologia visual que classifica os danos em graus de 1 a 4. Não houve diferença significativa de perdas ao se comparar as diferentes velocidades. Portanto é mais vantajoso e econômico utilizar a velocidade de $4,5 \text{ km h}^{-1}$, colhendo mais em menos tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Colheita, mecanização, velocidade de deslocamento, cana-de-açúcar.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the quantitative losses of sugar cane and ratoon damage, using the harvester Case IH A8800 at different forward speeds in the municipality of Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. Three speeds such treatment (2 km h^{-1} , 3 km h^{-1} and 4.5 km h^{-1}) were used in each treatment was represented by six rows of ratoon cane harvested, with length of 290 m each. To evaluate the quantitative losses in t ha^{-1} and percentage of losses, were collected for each treatment, the remains of sugar cane left in the field after harvest, putting the frame sampling each 50 m, by separating 40 m edge, each sampling area was 20 m^2 with 5 repetitions. To evaluate the damage caused to ratoon was used a visual methodology that classifies the damage in grades 1 to 4. There was no significant difference in losses when comparing the different speeds. Therefore it is more advantageous and economical to use the speed of 4.5 km h^{-1} , reaping more in less time.

KEY-WORDS: Harvest, Mechanization, Displacement speed, sugar cane.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) está entre as culturas mais importantes do agronegócio brasileiro (Rosa et al., 2009), tendo participação significativa não só na economia brasileira mas também na mundial e seus subprodutos são utilizados na produção de combustível, geração de energia elétrica, matéria-prima para a indústria química e alimentação e suplementação de animais (Santos, 2011).

Na produção da cana, uma das principais operações é a colheita. Até pouco tempo, o setor sucroalcooleiro dependia exclusivamente da mão-de-obra humana para realizar o corte da cana-de-açúcar (Rosa et al, 2009). A colheita deve atender a demanda requerida pela Usina, com qualidade e a um baixo custo. Porém, o desempenho operacional e econômico da colheita é influenciado por inúmeras variáveis inter-relacionadas sistematicamente (Santos, 2011).

Na safra 2013/14, a cultura da cana-de-açúcar continua em expansão de área cultivada no país. Porém no estado do Rio de Janeiro, vem ocorrendo o inverso, a área plantada vem sofrendo redução contínua desde a safra 2010/2011, sendo a área cultivada nessa safra de 51,330 mil hectares e a área

para a safra 2013/2014 de 35,870 mil hectares, significando uma redução de 30,1% em 3 safras (Conab, 2013).

A Coagro (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda), situada no município de Campos dos Goytacazes, na safra 2011/2012 colheu 25% da cana de forma mecanizada, resultado de investimentos em compra de equipamentos, locação de novas máquinas, assim como contratação de profissionais de outros estados com experiência nesta atividade. Desta forma, o município de Campos dos Goytacazes está cumprindo a lei 5.990 de 20 de junho de 2011 do Estado do Rio de Janeiro que visa eliminação gradativa da queima da palha da cana (Manhães et al., 2013).

Na região Norte Fluminense, que é a região mais expressiva do estado na produção de cana-de-açúcar, especialmente no município de Campos dos Goytacazes, a cultura ainda é a principal atividade agrícola, porém com produtividade abaixo de 50 t ha⁻¹ (Garcia e Silva, 2010). No entanto, o processo da colheita mecanizada na região apresenta ainda muitas perdas de matéria-prima causadas por fatores que precisam ser melhor esclarecidos (Manhães et al., 2013). Reis et al. (2010) classificam as perdas quantitativas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar como perdas do tipo: toco, reboło repicado, pedaço fixo, pedaço solto, lasca, cana ponta, cana inteira e estilhaço, sendo o somatório dessas contabilizado em perdas totais.

Estudos realizados observaram que na colheita manual as perdas dificilmente ultrapassam 5%. Quando empregado às máquinas, esse percentual pode atingir 15%, em alguns casos apresentam perdas superiores, fato que se reflete diretamente na produtividade (Mello, 2005).

Benedini et al. (2013) relataram que existem diversos fatores relacionados a perdas visíveis na colheita mecanizada, dentre eles estão: velocidade da colhedora, variedade, preparação da área, treinamento do profissional, e por fim a manutenção de todo equipamento.

A velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar é influenciada diretamente pelas condições da cultura e do terreno, assim a máquina com uma velocidade elevada, sua capacidade operacional será maior. Levando a um aumento de perdas, por conter maior massa a ser processada pela colhedora, assim a velocidade deve ser ajustada em função das características do talhão, porte do canavial e produtividade do canavial (Ripoli e Ripoli, 2009).

Neste sentido, é preciso que se avaliem as perdas geradas em campo pela colheita de cana-de-açúcar crua para que se corrijam as falhas operacionais.

O presente artigo teve como objetivo avaliar as perdas visíveis de matéria-prima e os danos causados às soqueiras na colheita mecanizada de cana-de-açúcar utilizando três diferentes velocidades de deslocamento da colhedora CASE A8800.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Campos dos Goytacazes - RJ, em uma área sistematizada para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, a área pertencente a um cooperado da Coagro (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.). Coordenadas geográficas: 21°37'16" S e 41°15'48" W. O solo da área é classificado como LATOSSOLO Vermelho-Amarelo, textura média (Embrapa, 2013).

O clima da cidade de Campos dos Goytacazes é classificado como tipo Aw segundo a classificação de Köppen, isto é, quente e úmido com estação chuvosa no verão, apresentando temperatura média de 23,2°C, sendo julho o mês mais frio (temperatura média 20,1°C) e fevereiro o mês mais quente (temperatura média 26°C).

A máquina utilizada no presente trabalho foi a colhedora de cana picada Case IH A8800.

O experimento foi composto por três tratamentos com velocidades de 2,0, 3,0 e 4,5 km h⁻¹. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições.

O levantamento das perdas visíveis foi realizado em uma área demarcada após a colheita onde foram recolhidas as sobras de cana-de-açúcar deixadas no campo em cada tratamento.

A área experimental de cada tratamento foi composta por seis linhas de soqueira de cana colhida com comprimento de 290 m cada. Nestas seis linhas referentes a cada velocidade de deslocamento, foram recolhidas as sobras de cana-de-açúcar deixadas no campo colocando a armação de amostragem nas duas linhas centrais a cada 50 m, separando 40 m de borda, a área de amostragem foi delimitada com 2 m de largura e 10 m de comprimento, totalizando 20 m² com cinco repetições, como representado na Figura 1. Com os

dados das massas de cada tipo de perda das cinco repetições foram calculadas as perdas em $t\ ha^{-1}$ e porcentagem de perdas por tratamento.

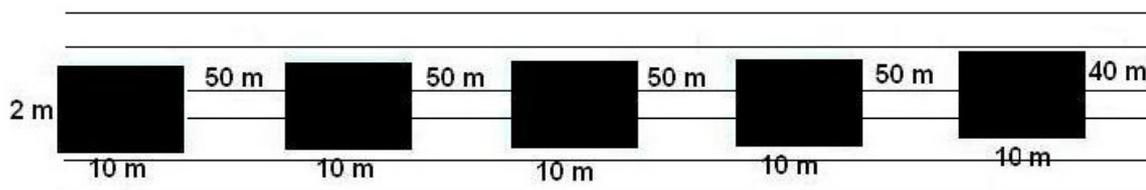


Figura 1. Modelo de amostragem do experimento para comparação de perdas visíveis de cana-de-açúcar nas linhas centrais de cada tratamento.

As perdas visíveis de cana-de-açúcar e de palha foram coletadas, separadas e pesadas de acordo com a classificação proposta por Reis et al. (2010), apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tipos de perdas avaliados.

Rebolo	Fração do colmo com o corte característico do facão picador ou do repicado
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 0,2 m), necessariamente preso ao solo.
Pedaço solto	Segmento médio de cana (maior que 0,2 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.
Perdas Totais	Somatório de todas as perdas

Fonte: Reis et al. (2010)

As perdas quantitativas foram convertidas em toneladas por hectare, de acordo com a Equação 1.

$$P = \frac{m}{a} 10 \quad (1)$$

em que

- P - perdas quantitativas, t ha⁻¹;
- M - massa colhida na área, kg; e
- A - área de amostragem, m².

Para as perdas totais, foi calculado o valor em porcentagem de acordo com a Equação 2.

$$P\% = \frac{P}{P + \text{prod}} 100 \quad (2)$$

em que

- P% - = perdas totais, %; e
- Prod - = Produtividade do canavial, t ha⁻¹.

Para avaliar os danos causados as soqueiras foi utilizada a metodologia visual utilizada por Reis (2009) adaptada de Kroes (1997), que quantifica os danos em graus, apresentada na Figura 2. Foram avaliadas 50 soqueiras aleatoriamente em cada tratamento.

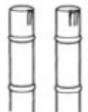
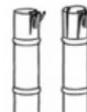
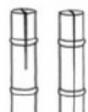
CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS	GRAU	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
SEM DANOS	1		
DANOS PERIFÉRICOS	2		
RACHADURA	3		
FRAGMENTADO	4		

Figura 2. Metodologia para a classificação dos danos às soqueiras utilizada por Reis (2009), adaptada de Kroes (1997).

Os resultados das massas de cada tipo de perda e os dados de danos às soqueiras foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, objetivando comparar as perdas visíveis entre as diferentes velocidades.

Todos os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa Saeg (2007) versão 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características do canavial avaliado encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Características do canavial avaliado.

Características da cultura	
Produtividade estimada da cultura ($t\ ha^{-1}$)	89,1
Comprimento médio dos colmos (m)	2,37
Diâmetro médio dos colmos (mm)	28,6

A produtividade estimada da cultura foi bem maior do que a média da região, cuja produtividade média é abaixo de $50\ t\ ha^{-1}$ (Garcia e Silva, 2010). Este resultado pode estar relacionado ao fato de ser o primeiro corte da cana após a renovação do canavial e a sistematização do terreno para colheita mecanizada com espaçamento correto de 1,5 m entre linhas.

Perdas visíveis de matéria-prima

Muitos trabalhos científicos já foram realizados a fim de avaliar as perdas da matéria-prima no campo e na colhedora, destacando os estudos desenvolvidos por Ripoliet al. (1999), Ripoli et al. (2001), Carvalho (2009), Rosa et al. (2009), Segato e Daher (2011), Silva et al. (2013) que avaliaram as perdas em função da velocidade de deslocamento.

Para minimizar perdas visíveis no processo de colheita mecanizada, é necessário que a área que vai receber a colhedora não tenha desníveis elevados, tenha padronização no espaçamento entre linhas plantadas e comprimento das áreas e controle de tombamento.

As diferenças entre os tipos de perdas comparando as diferentes velocidades não foram significativas (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação das médias dos tipos de perdas entre as diferentes velocidades e suas devidas porcentagens de perdas.

Tipos de perdas	Velocidade 1:	Velocidade 2:	Velocidade 3:
	2 km h ⁻¹	3 km h ⁻¹	4,5 km h ⁻¹
Rebolo repicado	0,49 Aab	0,42 Aa	0,29 Aa
Cana Ponta	0,00 Ab	1,05 Aa	0,43 Aa
Pedaço fixo	0,20 Ab	2,01 Aa	0,73 Aa
Pedaço solto	1,61 Aa	2,56 Aa	1,17 Aa
Lasca	0,56 Aab	1,34 Aa	0,52 Aa
Estilhaço	0,20 Ab	0,57 Aa	0,23 Aa
Toco	0,00 Ab	0,16 Aa	0,31 Aa
Cana inteira	0,46 Aab	0,43 Aa	0,99 Aa
Perdas Totais	3,52 A	8,54 A	4,67 A
% de perdas totais	4,0%	9,6 %	5,2%

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula) não diferem entre si significativamente dentro da mesma linha. Valores seguidos da mesma letra (minúscula) não diferem entre si significativamente dentro da mesma coluna pelo teste de Tukey, 5%.

Os dados encontrados no presente trabalho corroboram com os encontrados por diversos autores como Carvalho (2009) avaliando o efeito de quatro velocidades de deslocamento da colhedora (3,0; 4,5; 6,0 e 8,0 km h⁻¹) sobre as perdas de cana-de-açúcar no campo em cana crua no Mato Grosso do Sul, observaram que os índices de perdas não foram influenciados pelo aumento da velocidade de deslocamento da colhedora.

Da mesma forma, Ripoli et al. (2001), avaliaram o desempenho de uma colhedora de rodado de esteira em um canal préviamente sistematizado para a colheita mecânica com quatro velocidades de deslocamento: 1,5, 3,0, 5,0 e 7,0 km h⁻¹. Os resultados mostraram, que não houve influência da velocidade de deslocamento sobre as perdas totais de matéria-prima.

Rosa et al. (2009) e Ripoli et al. (1999), também não encontraram diferença significativa nas perdas ao variar a velocidade de deslocamento da colhedora.

Por outro lado, Segato e Daher, (2011) analisando a influência do aumento na velocidade de deslocamento da colhedora nas perdas visíveis de matéria-prima, concluíram que há significativo aumento de perda visível quando se usa maior velocidade de deslocamento da colhedora associado à maior pressão de

corte de base e do exaustor, principalmente ao analisar perdas totais. Os dados destes autores corroboram com os encontrados por Silva et al. (2013) que avaliaram duas velocidades de deslocamento: 3,2 e 3,6 km h⁻¹, encontrando maiores valores de perdas na maior velocidade.

Ripoli e Ripoli (2009) afirmam que as colhedoras podem trabalhar com maiores velocidades, oferecendo maior quantidade de matéria-prima e de melhor qualidade com menores perdas visíveis no campo.

Estes resultados mostram que a influência ou não da velocidade de deslocamento da colhedora sobre as quantidades de perdas visíveis não seguem uma regra geral, depende sempre das condições locais do experimento, da colhedora avaliada, do operador, do sincronismo entre a colhedora e o transbordo e das velocidades aplicadas. Não podendo inferir que para uma mesma colhedora em diferentes condições o comportamento será igual.

As diferenças entre os tipos de perdas dentro do tratamento 1 foram significativas, sendo pedaço solto encontrado em maior quantidade (Tabela 3). Este tipo de perda totaliza 45% das perdas totais (Figura 3). A média de perdas totais foi de 3,52 t/ha, o que significa 4,0% de perdas totais na velocidade avaliada.

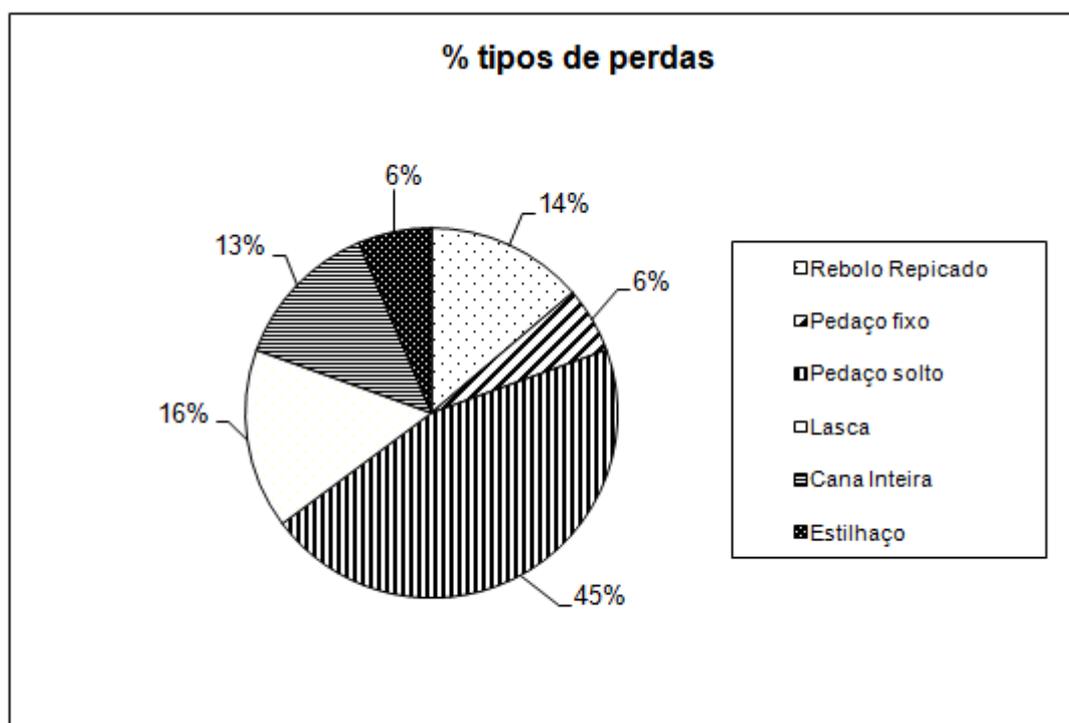


Figura 3. Porcentagem dos tipos de perdas no tratamento 1.

As diferenças entre os tipos de perdas dentro do tratamento 2 não foram significativas, sendo numericamente pedaço solto o encontrado em maior número (Tabela 3). Este tipo de perda totaliza 30% das perdas totais (Figura 4). A média de perdas totais foi de 8,54 t/ha, o que significa 9,6% de perdas totais na velocidade avaliada.

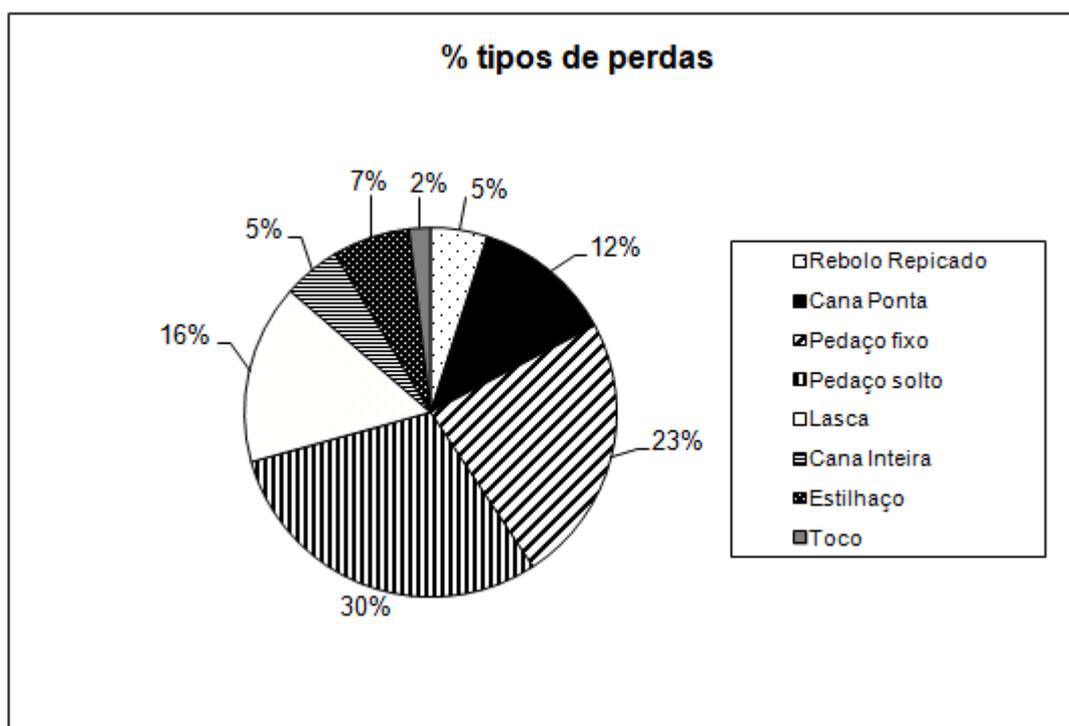


Figura 4. Porcentagem dos tipos de perdas no tratamento 2.

As diferenças entre os tipos de perdas não foram significativas dentro do tratamento 3 (Tabela 3), sendo numericamente pedaço solto o encontrado em maior número. Este tipo de perda totaliza 25% das perdas totais (Figura 5). A média de perdas totais foi de 4,67 t/ha, o que significa 5,2% de perdas totais na velocidade avaliada.

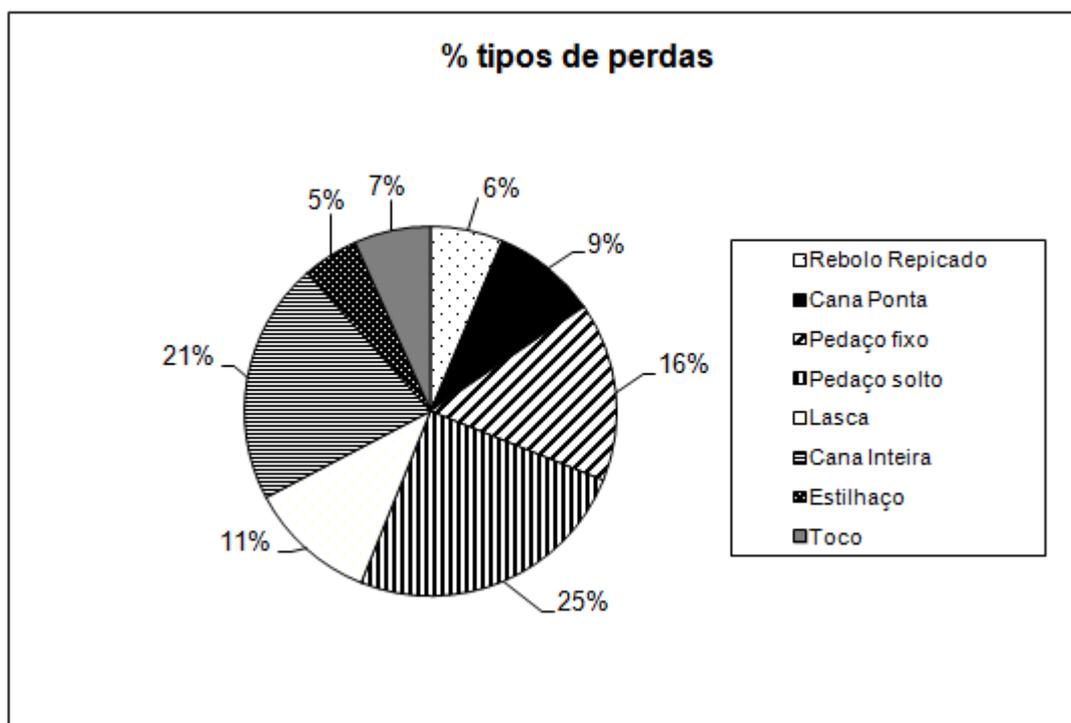


Figura 5. Porcentagem dos tipos de perdas no tratamento 3.

O resultado encontrado para o tipo de perda pedaço solto em maior quantidade justifica-se, segundo Neves et al. (2004), pelo fato dos mesmos indicarem diretamente a influência da rotação do exaustor primário quanto às perdas. A rotação do exaustor primário utilizada neste trabalho foi de 750 rpm, valor este acima do recomendado pelos fabricantes da colhedora, o ideal seria entre 110 e 600 rpm. Foi utilizado este valor acima do recomendado devido à alta quantidade de folhas verdes e palha no canavial no momento da colheita. Sendo assim, utilizando a rotação do exaustor dentro dos valores recomendados, o nível de impurezas na cana colhida ficaria muito além do aceitável. Porém, aumentando a rotação do exaustor primário diminui-se a quantidade de impurezas, mas em contrapartida aumenta-se a quantidade de perdas dos tipos lascas e pedaços soltos. Segundo Neves et al. (2004), à medida que se aumenta a rotação do exaustor primário, os rebolos passam a ser sugados junto com a palha e a terra, sendo lançados ao campo; ao passar pelos exaustores, os rebolos são atingidos pelas pás, sendo dilacerados em lascas e pedaços soltos, contribuindo para o aumento das perdas.

Neves et al. (2004), também encontraram os tipos de perdas pedaço solto em maior quantidade assim como no presente trabalho. Da mesma forma, Noronha et al. (2011) e Silva et al. (2008) encontraram o tipo de perda pedaço

solto em maior quantidade, ambos avaliando a colhedora Case A7700 que é o modelo fabricado anteriormente ao modelo avaliado neste trabalho, que possui diversos setores em comum.

De acordo com Benedini et al. (2013), perdas maiores que 4,5% são classificadas como altas. As porcentagens de perdas no presente trabalho nos tratamentos 2 e 3 são consideradas altas e no tratamento 1 considerada média. Outros autores também encontraram em seus trabalhos perdas totais classificadas como altas. Silva et al. (2008), Segato e Daher (2011), Noronha et al. (2011) e Schogor et al. (2009) encontraram respectivamente em seus trabalhos perdas totais na ordem de 4,7, 4,96, 9,3 e 12,5%.

Grau de danos às soqueiras

Os danos ocorridos nas soqueiras podem acarretar maior incidência de fungos e de doenças na soqueira, pois a fragmentação desta causa um ferimento que se torna porta de entrada para insetos e fungos. Os danos também influenciam a capacidade de rebrota da soqueira, quanto maior o dano maior será a probabilidade de incidência de pragas e doenças e menor será a capacidade de rebrota da soqueira.

Ao observar a Tabela 4, pode-se perceber que as diferenças estatísticas entre os graus de danos foram significativas apenas para o grau 1 (sem danos), sendo este grau encontrado em maior quantidade na maior velocidade utilizada ($4,5 \text{ km h}^{-1}$), os outros graus não apresentaram diferença significativa entre as diferentes velocidades. Este resultado mostra que a maior velocidade de deslocamento ocasionou maiores valores do grau de danos desejável, que é o grau 1 (sem danos), significando que a maior velocidade seria indicada para evitar maiores danos as soqueiras nas condições de campo do presente estudo.

Tabela 4. Comparação dos graus de danos às soqueiras entre as diferentes velocidades.

Grau de danos	Velocidade 1:	Velocidade 2:	Velocidade 3:
	2 km h ⁻¹	3 km h ⁻¹	4,5 km h ⁻¹
1 – Sem danos	6 AB	3 B	8 A
2 – Danos periféricos	16 A	19 A	17 A
3 - Rachadura	15 A	17 A	15 A
4 - Fragmentado	13 A	11 A	10 A

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si significativamente dentro da mesma linha (Tukey, 5%).

No tratamento 1, o grau 2 (danos periféricos) foi encontrado em maior número, totalizando 38% das soqueiras avaliadas, seguido de grau 4, grau 3 e grau 1 (Tabela 4). Isto significa que o tipo de dano encontrado em maior quantidade foi o de danos periféricos e sem danos foi o grau encontrado em menor quantidade em apenas 6% das soqueiras (Figura 6).

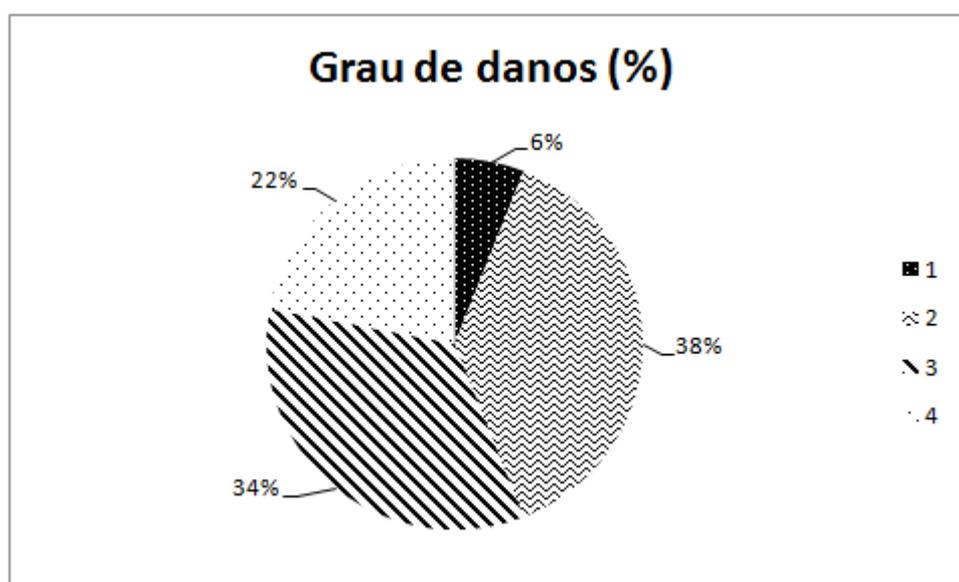


Figura 6. Porcentagens dos graus de danos no tratamento 1.

No tratamento 2, o grau 2 foi encontrado em maior número, totalizando 34% das soqueiras avaliadas, seguido de grau 4, grau 3 e grau 1 (Tabela 4, Figura 7). Isto significa que o tipo de dano encontrado em maior quantidade foi o de danos periféricos e sem danos foi o grau encontrado em menor quantidade em apenas 16% das soqueiras.

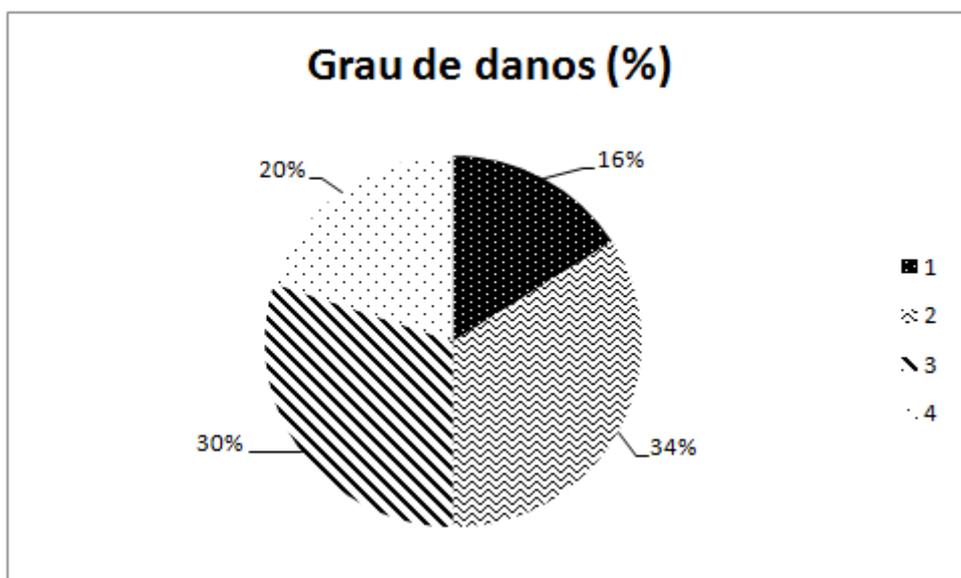


Figura 7. Porcentagens dos graus de danos no tratamento 2.

No tratamento 3, o grau 2 foi encontrado em maior número, totalizando 32 % das soqueiras avaliadas, seguido de grau 3, grau 4 e grau 1 (Tabela 4, Figura 8). Isto significa que o tipo de dano encontrado em maior quantidade foi o de danos periféricos e sem danos foi o grau encontrado em menor quantidade em apenas 12 % das soqueiras.

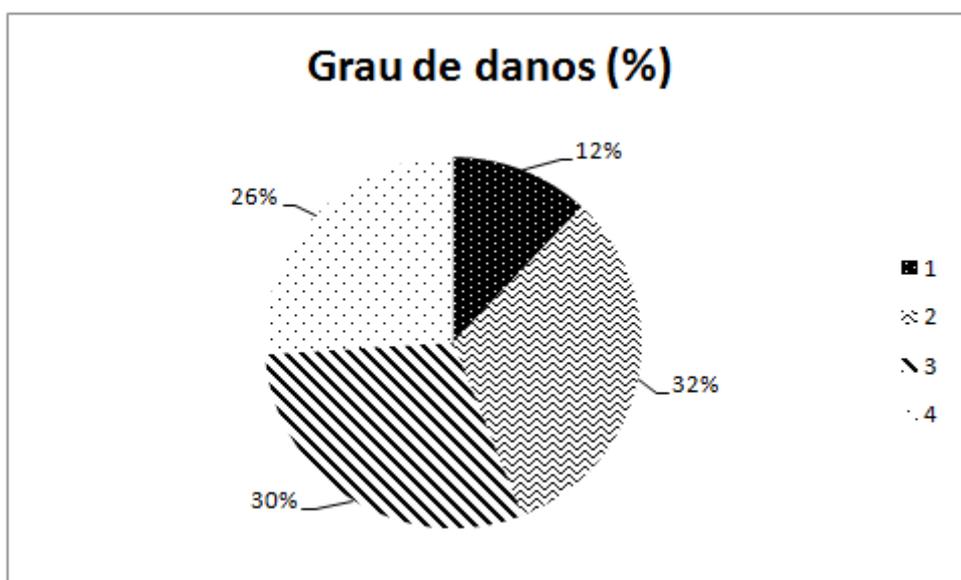


Figura 8. Porcentagens dos graus de danos no tratamento 3.

CONCLUSÃO

Nas condições em que este experimento foi conduzido, a velocidade de deslocamento da colhedora não influenciou significativamente nas perdas visíveis da colheita, porém influenciou nos danos às soqueiras.

O grau 1 de danos as soqueiras (sem danos) foi influenciado pelas diferentes velocidades, sendo encontrado em maior quantidade na maior velocidade aplicada, de 4,5 km h⁻¹.

Desta maneira, fica elucidado que independente da velocidade de deslocamento aplicada na colhedora CASE A8800 não teremos perdas com diferenças significativas, assim é mais vantajoso aplicar nesta colhedora a velocidade de 4,5 km h⁻¹, colhendo mais em menos tempo quando comparado com as outras velocidades estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEDINI, M.S.; BROD, F.P.R.; PERTICARRARI, J.G. (2013) Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada. Boletim. 2013. 7p. Disponível em: <http://xa.Yimg.com/kq/groups/20144470/1118993118/name/Perdas+de+cana+e%20impurezas+vegetais+e+minerais+-+CTC.pdf>. Acesso em: 30 novembro de 2013.

CARVALHO, L. S. (2009) Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua na Região da Grande Dourados – MS. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados.

CONAB. (2013) Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar, segundo levantamento, safra 2013/2014. Brasília, 2013. 19 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (2013) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro, 353p.

GARCIA, R. F.; SILVA, L. S. (2010). Avaliação do corte manual e mecanizado de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ. Engenharia na agricultura, viçosa - MG, V.18 N.3, p. 234-240.

KROES, S. (1997). The cutting of sugarcane. Toowoomba: University of Southern Queensland. 356p. (Tese de Doutorado).

MANHÃES, C. M. C. M.; GARCIA, R. F.; CORREA JÚNIOR, D.; FRANCELINO, F. M. A.; VASCONCELOS JÚNIOR, J. F. S.; FRANCELINO, H. O. (2013) Aproveitamento máximo. Cultivar Máquinas, Pelotas, v. 12, n. 133, p. 6-8.

MELLO, R. C. (2005) Influência do formato e velocidade da lâmina nas forças de corte para cana-de-açúcar. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 27, n. 4, p. 661-665.

NEVES, J. L. M.; MAGALHÃES, P. S. G.; OTA, W. M. (2004) Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p. 764-70.

NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P.; CÁSSIA, M. T. (2011) Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. Bragantia, Campinas, v.70, n.4, p. 931-938.

REIS, G. N. (2009) Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base. 89f. (Tese de doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal.

REIS, G. N.; CALAFANGE, A.; BARRETO, A. K. G.; SILVA, R. P.; TOLEDO, A. (2010) Onde se perde. Cultivar Máquinas, Pelotas, v. 10, n. 97, p. 34-36.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; de LEÓN, M.J.; PIEDADE, S.M.S. (1999) Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua em função da velocidade de avanço. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v19, n.2, p.199-207.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; MOLINA JUNIOR, W. F.; RIPOLI, M.L.C. (2001) Operation and economic performance of a green cane chopped harvester in Brazil. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2001, Sacramento. Proceedings... St. Joseph: ASAE.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009. 333 p.

ROSA, E. J.; JOSÉ, J. V.; SALVESTRO, A. C.; GAVA, R. (2009) Perdas visíveis de cana-de-açúcar em colheita mecanizada. In: VI Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 2, Maringá. Anais. Maringá – Paraná: EIPCC.

SAEG (2007) Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa.

SANTOS, N. B. (2011) Identificação dos fatores críticos da colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Piracicaba, SP. Dissertação de mestrado.

SCHOGOR, A. L. B.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B.; MURARO, J. O. SARTURI; MATOS, B. C. (2009) Perdas das frações de cana-de-açúcar submetida a diversos métodos de colheita. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p. 1443-1450.

SEGATO, S.V.; DAHER, F. (2011) Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua sob velocidades de deslocamento da colhedora. *Nucleus*, v.8, p. 315-326.

SILVA, R. P.; CORRÊA, C. F.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. (2008) Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.2, p. 292-304.

SILVA, R. C.; FIGUEIREDO, Z. N.; CALDEIRA, D. S. A. (2013) Quantificação das perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar In: Congresso de Iniciação Científica, 5ª. (JC), 2013, Cáceres/MT. Anais... Cáceres/MT: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG. Vol. 8.

4.4. ARTIGO Nº 04: Avaliação de perdas visíveis e danos às soqueiras na colheita mecanizada de cana-de-açúcar utilizando a colhedora John Deere 3520

RESUMO

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense aumentou consideravelmente nos últimos anos, devido principalmente a necessidade de adequações a legislações estaduais. Porém este tipo de colheita tem causado problemas com perdas de matéria-prima e danos na soqueira, necessitando que se avaliem estes problemas gerados no campo para que se corrijam as falhas operacionais. Este estudo objetivou avaliar perdas visíveis de cana-de-açúcar e os danos causados às soqueiras, utilizando a colhedora John Deere 3520 em três diferentes velocidades de deslocamento (3,0; 4,0 e 5,0 km h⁻¹), em DIC com cinco repetições em Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. Cada tratamento foi composto por seis linhas de soqueira de cana colhida, com comprimento de 290 m cada. Nestas seis linhas, foram recolhidas as sobras de cana-de-açúcar deixadas no campo colocando a armação de amostragem nas duas linhas centrais a cada 50 m, separando 40 m de borda. A área de amostragem foi delimitada com 2 m de largura e 10 m de comprimento, totalizando 20 m². Para calcular os danos causados às soqueiras foi utilizada a metodologia visual utilizada por Reis (2009), que classifica os danos por grau, variando de 1 a 4. Foram avaliadas para cada velocidade de deslocamento 50 soqueiras aleatoriamente numa área de

amostragem de 1.800 m². Os dados foram submetidos à ANOVA e teste Tukey a 5%, objetivando comparar o efeito das diferentes velocidades sobre as perdas e os danos. Não houve diferença significativa de perdas nem quanto aos danos ao se comparar as diferentes velocidades. Portanto é mais vantajoso utilizar a velocidade de 5,0 km h⁻¹, colhendo mais em menos tempo e causando o mesmo nível de dano.

Palavras-chave: velocidade de deslocamento, John Deere 3520, *Saccharum* spp.

Evaluation of visible losses and ratoon damage in mechanized harvesting of sugarcane using the John Deere 3520 harvester

ABSTRACT

The Mechanized harvesting of sugarcane in the North Fluminense increased considerably in recent years, mainly due to the need for adjustments to state laws. But this type of harvesting has caused problems with raw material losses and damage to the ratoon, requiring that assess these problems generated in the field in order to correct operational failures. This study aimed to evaluate visible losses of sugarcane and the damage to the ratoon, using the John Deere 3520 harvester in three different displacement speeds (3.0, 4.0 and 5.0 km h⁻¹), in DIC with five replicates in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil. Each treatment consisted of six lines of ratoon cane harvested, with a length of 290 m each. These six lines were collected leftover sugar cane left in the field by placing the sampling frame in the two central lines every 50 m, 40 m separating edge. The sampling area was surrounded by 10 m wide and 2 m long, totaling 20 m². To calculate the damage to the ratoon used visual methodology by Reis (2009), which classifies the damage degree, ranging from 1 to 4 were evaluated for each travel speed 50 brass knuckles randomly sampling an area of 1800 m² was used. Data were submitted to ANOVA and Tukey test at 5%, to compare the effect of different speeds on losses and damages. There was no significant difference in loss or damage as when comparing the different speeds. Therefore it is more advantageous to use the speed of 5.0 km h⁻¹, picking more in less time and causing the same level of damage.

KEY-WORDS: Displacement speed, John Deere 3520, *Saccharum spp.*

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das principais culturas produzidas no Brasil.

Na safra 2013/14, em âmbito nacional a cultura da cana-de-açúcar continuou em expansão. A área cultivada com cana-de-açúcar nesta safra foi de 8.485,00 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores. Com isso, o Brasil teve um acréscimo na área de cerca de 326,43 mil hectares, equivalendo a 3,8% em relação à safra 2012/13. Esse acréscimo é reflexo do aumento de área da Região Centro-Sul. Já no estado do Rio de Janeiro ocorreu o inverso da tendência nacional, a área cultivada na safra 2013/2014 foi 2% menor que na safra anterior, significando 0,8 mil hectares a menos cultivados (Conab, 2014).

A colheita mecanizada desta cultura na região Norte Fluminense aumentou consideravelmente nos últimos anos, devido principalmente a necessidade de adequações a legislações estaduais. Porém este tipo de colheita tem acarretado grandes perdas, e também pode causar danos na soqueira, que reduzem consideravelmente a brotação e proporcionam o ataque de doenças e pragas, refletindo na perda de produtividade da safra subsequente. Sendo necessário avaliar as perdas e os danos causados as soqueiras para que os minimizem corrigindo as falhas operacionais.

As usinas de produção de açúcar e etanol vêm buscando cada vez mais inovar a mecanização nos canaviais, mas com a preocupação de controlar custos, não perder a qualidade e diminuir cada vez mais as perdas visíveis de cana-de-açúcar no campo. Por estes motivos as avaliações de perdas pelas colhedoras de cana-de-açúcar vêm sendo de fundamental importância para o gerenciamento da operação pelas usinas, para que se possa atuar no processo e efetuar as correções necessárias para reduzir sua incidência, quando os valores determinados forem muito elevados (Ripoli e Ripoli, 2009).

A velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar é influenciada diretamente pelas condições da cultura e do terreno, assim a máquina com uma velocidade elevada, sua capacidade operacional será maior. Levando a um aumento de perdas, por conter maior massa a ser processada pela

colhedora, assim a velocidade deve ser ajustada em função das características do talhão, porte do canavial e produtividade do canavial (Ripoli e Ripoli, 2009).

O presente artigo teve como objetivo avaliar as perdas visíveis de matéria-prima e os danos causados às soqueiras, utilizando a colhedora John Deere 3520 em três diferentes velocidades de deslocamento (3,0; 4,0 e 5,0 km h⁻¹), em DIC com cinco repetições em Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Campos dos Goytacazes - RJ, em uma área sistematizada para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, a área pertence a Usina Paraíso. Coordenadas geográficas: 21 °45'22" S e 41 °17'25" W.

A colhedora utilizada no presente trabalho foi a colhedora de cana picada John Deere 3520 (Figura 1).



Figura 1. Colhedora John Deere 3520.

O experimento foi composto por três tratamentos com velocidades de 3,0; 4,0 e 5,0 km h⁻¹. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições.

O levantamento das perdas visíveis foi realizado em uma área demarcada após a colheita onde foram recolhidas as sobras de cana-de-açúcar deixadas no campo em cada tratamento.

A área experimental de cada tratamento foi composta por seis linhas de soqueira de cana colhida com comprimento de 290 m cada. Nestas seis linhas referentes a cada velocidade de deslocamento, foram recolhidas as sobras de cana-de-açúcar deixadas no campo colocando a armação de amostragem nas duas linhas centrais a cada 50 m, separando 40 m de borda. A área de amostragem foi delimitada com 2 m de largura e 10 m de comprimento, totalizando 20 m² utilizou-se cinco repetições, como representado na Figura 2. Com os dados das massas de cada tipo de perda das cinco repetições foram calculadas as perdas em t ha⁻¹ e porcentagem de perdas por tratamento.

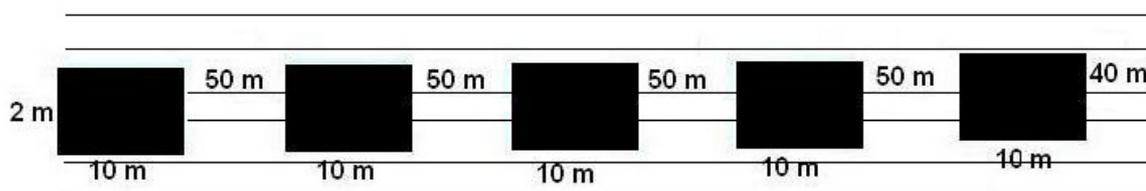


Figura 2. Modelo de amostragem do experimento para comparação de perdas visíveis de cana-de-açúcar nas linhas centrais de cada tratamento.

As perdas visíveis de cana-de-açúcar foram coletadas, separadas e pesadas de acordo com a classificação proposta por Reis et al. (2010), apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tipos de perdas avaliados.

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 0,2 m), necessariamente preso ao solo.
Pedaço solto	Segmento médio de cana (maior que 0,2 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.
Perdas Totais	Somatório de todas as perdas

Fonte: Reis et al. (2010)

As perdas quantitativas foram convertidas em toneladas por hectare, de acordo com a Equação 1.

$$P = \frac{m}{a} 10$$

em que

- P - perdas quantitativas, t ha⁻¹;
M - massa colhida na área, kg; e
A - área de amostragem, m².

Para as perdas totais, foi calculado o valor em porcentagem de acordo com a Equação 2.

$$P\% = \frac{P}{P + \text{prod}} 100 \quad (2)$$

em que

P% - = perdas totais, %; e

Prod - = Produtividade do canavial, t ha⁻¹.

Para avaliar os danos causados às soqueiras foi utilizada a metodologia visual utilizada por Reis (2009) adaptada de Kroes (1997), que quantifica os danos em graus, apresentada na Figura 3. Foram avaliadas 50 soqueiras aleatoriamente em cada tratamento.

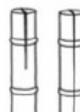
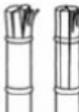
CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS	GRAU	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
<i>SEM DANOS</i>	1		
<i>DANOS PERIFÉRICOS</i>	2		
<i>RACHADURA</i>	3		
<i>FRAGMENTADO</i>	4		

Figura 3. Metodologia para a classificação dos danos às soqueiras utilizada por Reis (2009), adaptada de Kroes (1997).

Os resultados das massas de cada tipo de perda e os dados de danos às soqueiras foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, objetivando comparar as perdas visíveis entre as diferentes velocidades.

Todos os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa Saeg (2007) versão 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características do canavial avaliado encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Características do canavial avaliado.

Características da cultura	
Produtividade estimada da cultura (t ha ⁻¹)	74,7
Comprimento médio dos colmos (m)	2,4
Diâmetro médio dos colmos (mm)	33,0

A produtividade estimada da cultura foi bem maior do que a média da região, cuja produtividade média é abaixo de 50 t ha⁻¹ (Garcia e Silva, 2010). Este resultado pode estar relacionado ao fato de ser o primeiro corte da cana após a renovação do canavial e a sistematização do terreno para colheita mecanizada com espaçamento correto de 1,5 m entre linhas. Corroborando com a estimativa de produtividade encontrada por Manhães et al. (2014) que foi de 89 t ha⁻¹ ao avaliarem a produtividade em área sistematizada para colheita mecanizada também com primeiro corte da cana na região Norte Fluminense.

Perdas visíveis de matéria-prima

A avaliação das perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar tem sido realizada por muitos pesquisadores, destacando os estudos desenvolvidos por Ripoliet al. (1999), Ripoli et al. (2001), Carvalho (2009), Rosa et al. (2009), Segato e Daher (2011), Silva et al. (2013), Ramos et al. (2014) e Manhães et al. (2014) que avaliaram as perdas em função da velocidade de deslocamento.

Para minimizar perdas visíveis no processo de colheita mecanizada, é necessário que a área que vai receber a colhedora não tenha desníveis elevados, tenha padronização no espaçamento entre linhas plantadas e comprimento das áreas e controle de tombamento (Manhães et al., 2014).

As diferenças entre os tipos de perdas comparando as diferentes velocidades não foram significativas (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação das médias dos tipos de perdas entre as diferentes velocidades e suas respectivas porcentagens de perdas totais.

Tipos de perdas	Velocidade 1:	Velocidade 2:	Velocidade 3:
	3 km h ⁻¹	4 km h ⁻¹	5 km h ⁻¹
Rebolo repicado	2,18Aab	1,21Aa	0,18Aa
Pedaço fixo	0,06Ab	1,13Aa	0,57Aa
Pedaço solto	0,93Ab	0,96Aa	0,55Aa
Lasca	3,4Aa	1,82Aa	1,71Aa
Estilhaço	1,27Aab	0,65Aa	0,61Aa
Toco	0,0Ab	0,10Aa	0,05Aa
Cana inteira	4,24Aa	1,31Aa	2,36Aa
Perdas Totais	12,08A	7,19A	6,02A
% de perdas totais	16,2%	9,6%	8,1%

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula) não diferem entre si significativamente dentro da mesma linha. Valores seguidos da mesma letra (minúscula) não diferem entre si significativamente dentro da mesma coluna pelo teste de Tukey, 5%.

Os dados do presente trabalho corroboram com os encontrados por diversos autores como Manhães et al. (2014) que avaliaram a influência de três velocidades de deslocamento (2,0; 3,0 e 4,5 km h⁻¹) da Colhedora CASE IH A8800 no Norte Fluminense, constatando que não houve diferença significativa entre as perdas nas diferentes velocidades.

Rosa et al. (2009) também avaliaram o efeito de duas velocidades de deslocamento (6,5 e 8,0 km h⁻¹) da colhedora CASE IH A7000 sobre as perdas de cana-de-açúcar no campo em cana crua no Paraná, observando que as perdas não foram influenciadas pelo aumento da velocidade de deslocamento da colhedora.

Carvalho (2009) e Ripoli et al. (2001) também não encontraram diferença significativa nas perdas ao variar a velocidade de deslocamento da colhedora.

Por outro lado, Silva et al. (2013) que também avaliaram duas velocidades de deslocamento: 3,2 e 3,6 km h⁻¹, da colhedora John Deere 3520 no estado do Mato Grosso encontraram maiores valores de perdas na maior velocidade.

Estes resultados mostram que a influência ou não da velocidade de deslocamento da colhedora sobre as quantidades de perdas visíveis não seguem

uma regra geral, depende sempre das condições locais do experimento, da colhedora avaliada, do operador, do sincronismo entre a colhedora e o transbordo e das velocidades aplicadas. Não podendo inferir que para uma mesma colhedora em diferentes condições o comportamento será igual (Manhães et al., 2014).

Os dados de Silva et al. (2013) corroboram com os encontrados por Ramos et al. (2014) que analisando o efeito do aumento da velocidade de deslocamento (4,0 e 5,5 km h⁻¹) da colhedora CASE IH A8800 no estado de São Paulo, observaram que o aumento da velocidade provocou aumento das perdas de matéria-prima.

Da mesma forma Segato e Daher, (2011) analisando a influência do aumento na velocidade de deslocamento (6,5 e 8,0 km h⁻¹) nas perdas visíveis de matéria-prima no estado de São Paulo, utilizando a colhedora John Deere 3510, modelo anterior ao modelo avaliado no presente trabalho, concluíram que há significativo aumento de perda visível quando se usa maior velocidade de deslocamento da colhedora associado à maior pressão de corte de base e do exaustor, principalmente ao analisar perdas totais.

As diferenças entre os tipos de perdas dentro do tratamento 1 foram significativas, sendo cana inteira e lascas encontrados em maior quantidade (Tabela 3). Estes tipos de perda totalizaram 63% das perdas totais (Figura 4). A média de perdas totais foi de 12,1 t/ha, o que significa 16,1% de perdas totais na velocidade avaliada.

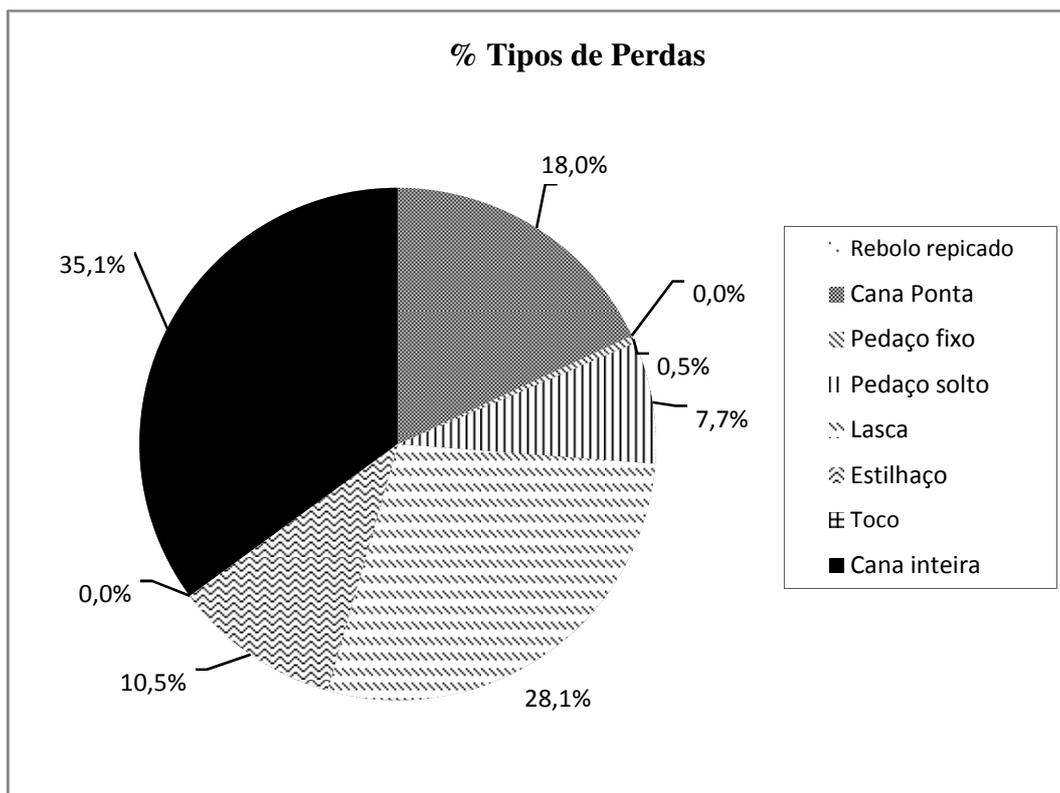


Figura 4. Porcentagem dos tipos de perdas no tratamento 1.

As diferenças entre os tipos de perdas dentro do tratamento 2 não foram significativas, sendo numericamente lascas o tipo de perda encontrado em maior número (Tabela 3). Este tipo de perda totaliza 25,3% das perdas totais (Figura 5). A média de perdas totais foi 7,2 t/ha, o que significa 9,6% de perdas totais na velocidade avaliada.

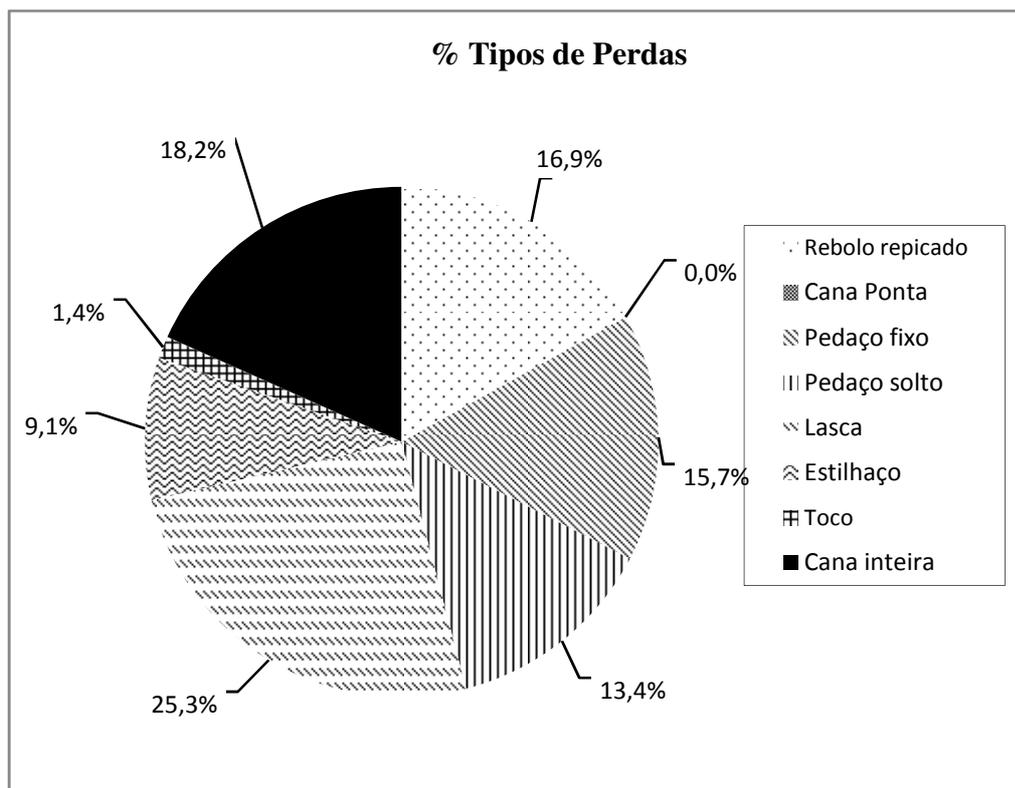


Figura 5. Porcentagem dos tipos de perdas no tratamento 2.

As diferenças entre os tipos de perdas também não foram significativas dentro do tratamento 3 (Tabela 3), sendo numericamente cana inteira encontrado em maior número. Este tipo de perda totaliza 39,1% das perdas totais (Figura 6). A média de perdas totais foi de 6 t/ha, o que significa 8,1% de perdas totais na velocidade avaliada.

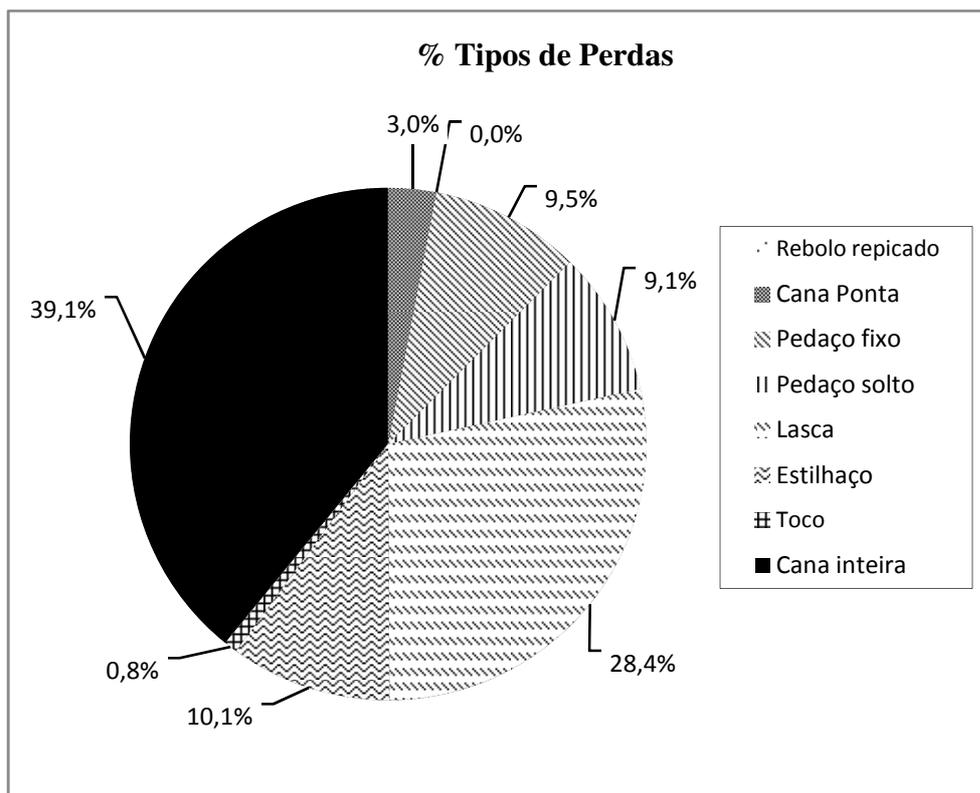


Figura 6. Porcentagem dos tipos de perdas no tratamento 3.

O resultado encontrado para os tipos de perdas lascas e cana inteira em maior quantidade justifica-se, segundo Neves et al. (2004), o tipo de perda lascas indicam diretamente a influência da rotação do exaustor primário quanto às perdas. À medida que se aumenta a rotação do exaustor primário, os rebolos passam a ser sugados junto com a palha e a terra, sendo lançados ao campo; ao passar pelos exaustores, os rebolos são atingidos pelas pás, sendo dilacerados em lascas e pedaços soltos, contribuindo para o aumento das perdas.

O tipo de perda cana inteira encontrado em grande quantidade no presente trabalho, provavelmente está relacionado ao acamamento do canavial, pois o canavial não se apresentava uniforme quanto ao seu porte, apresentando alguns colmos acamados. Segundo Silva et al., (2008), esta baixa uniformidade encontrada pode ser fator preponderante para o aumento das perdas durante a colheita, uma vez que pode dificultar a ação do corte de base da colhedora quando da presença de colmos acamados. Silva e Garcia (2009) relatam que as colhedoras operam melhor em canas eretas, vigorosas e de sistema radicular profundo. As canas eretas facilitam o corte, da base e do topo, havendo, com isso, um ganho na capacidade de trabalho da máquina, pois a colheita ocorre sem

maiores interrupções, acarretando menores perdas em canas não cortadas e melhor limpeza.

Este fato pode estar relacionado também a falta de treinamento do operador e a falta de eficiência do pirulito da colhedora. Outro fator estaria relacionado com o mau estado das facas do corte de base da colhedora, provavelmente essas apresentavam danos ou desgastes no momento desta colheita, não permitindo o corte de todas as soqueiras, deixando bastante cana inteira no campo. Outro fator também muito importante está relacionado ao desnível encontrado no terreno, alguns pontos na área amostrada apresentavam grandes desníveis, encontrando-se muita cana inteira principalmente nestes espaços, pois com alto desnível no terreno a colhedora acaba pisoteando a soqueira e a deitando ao chão sem conseguir cortá-la.

Neves et al. (2004), também encontraram os tipos de perdas lascas juntamente com pedaço solto em maior quantidade.

De acordo com Beneditiet al. (2013) perdas totais maiores que 4,5% são classificadas como altas. Seguindo este critério as perdas encontradas no presente trabalho em todos os tratamentos são classificadas como altas, pois variaram de 8,1 a 16,2% (Tabela 3).

Outros autores também encontraram em seus trabalhos perdas totais classificadas como altas. Silva et al. (2008), Schogor et al. (2009), Segato e Daher (2011), Noronha et al. (2011) e Manhães et al. (2013) encontraram respectivamente em seus trabalhos perdas totais na ordem de 4,7; 12,5; 5,0; 9,3 e 11%.

Grau de danos às soqueiras

Os danos ocorridos nas soqueiras podem acarretar maior incidência de fungos e de doenças na soqueira, pois a fragmentação desta causa um ferimento que se torna porta de entrada para insetos e fungos. Os danos também influenciam a capacidade de rebrota da soqueira, quanto maior o dano maior será a probabilidade de incidência de pragas e doenças e menor será a capacidade de rebrota da soqueira (Manhães et al., 2014).

Ao observar a tabela 4, podemos perceber que as diferenças estatísticas entre as velocidades não foram significativas. Sugerindo que utilizar a maior velocidade seria indicado para evitar maiores danos às soqueiras nas condições de campo do presente estudo.

Por outro lado, Manhães et al. (2014), avaliando os danos causados às soqueiras em três diferentes velocidades de deslocamento (2,0; 3,0 e 4,5 km h⁻¹) da colhedora CASE IH A8800 encontraram diferença significativa entre as velocidades apenas para o grau 1 (sem danos), sendo encontrados mais graus de danos 1 na maior velocidade utilizada, concluindo que utilizar a maior velocidade (4,5 km h⁻¹) seria mais indicado pois causa menos danos às soqueiras.

Tabela 4. Comparação dos graus de danos às soqueiras entre as diferentes velocidades.

Grau de danos	Velocidade:	Velocidade:	Velocidade:
	3 km h ⁻¹	4 km h ⁻¹	5 km h ⁻¹
1 – Sem danos	22A	15A	16A
2 – Danos periféricos	14A	21A	20A
3 - Rachadura	12A	7A	8A
4 - Fragmentado	2A	7A	6A

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si significativamente dentro da mesma linha (Tukey, 5%).

No tratamento 1, o grau 1 foi encontrado em maior número, totalizando 44% das soqueiras avaliadas, seguido de grau 2, grau 3 e grau 4 (Tabela 4). Isto significa que o tipo de dano encontrado em maior quantidade na menor velocidade utilizada foi o sem danos e fragmentado foi o grau encontrado em menor quantidade em apenas 4% das soqueiras (Figura 7).

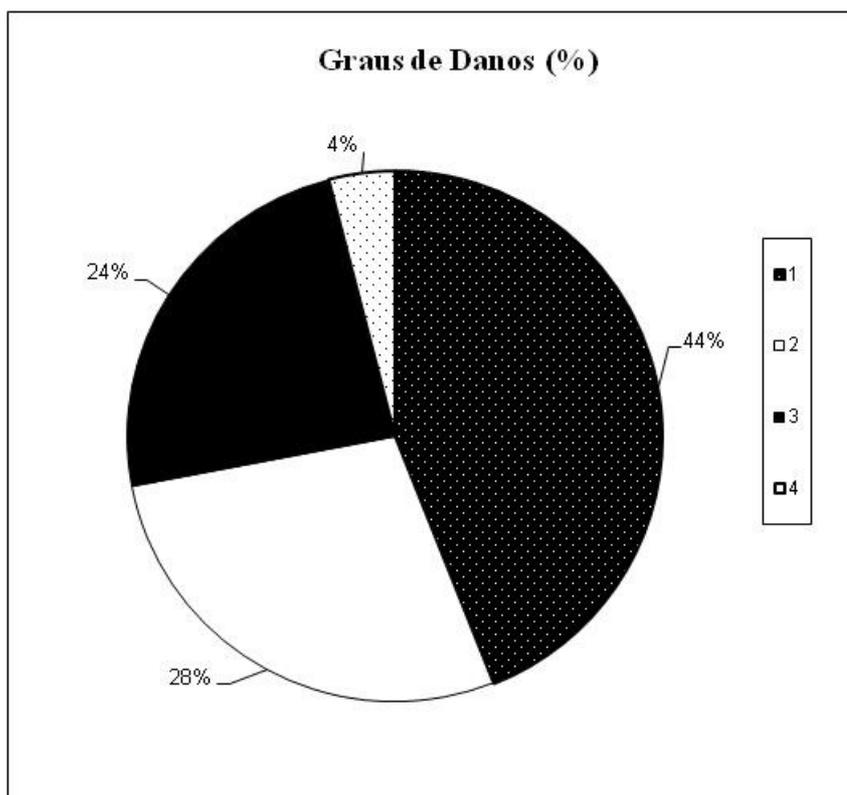


Figura 7. Porcentagens dos graus de danos no tratamento 1.

No tratamento 2, o grau 2 foi encontrado em maior número, totalizando 42 % das soqueiras avaliadas, seguido de grau 1, grau 3 e grau 4 (Tabela 4, Figura 8). Isto significa que o tipo de dano encontrado em maior quantidade foi o de danos periféricos e danos classificados como rachadura e fragmentado foram os graus encontrados em menor quantidade, estes dois totalizando 28 % das soqueiras.

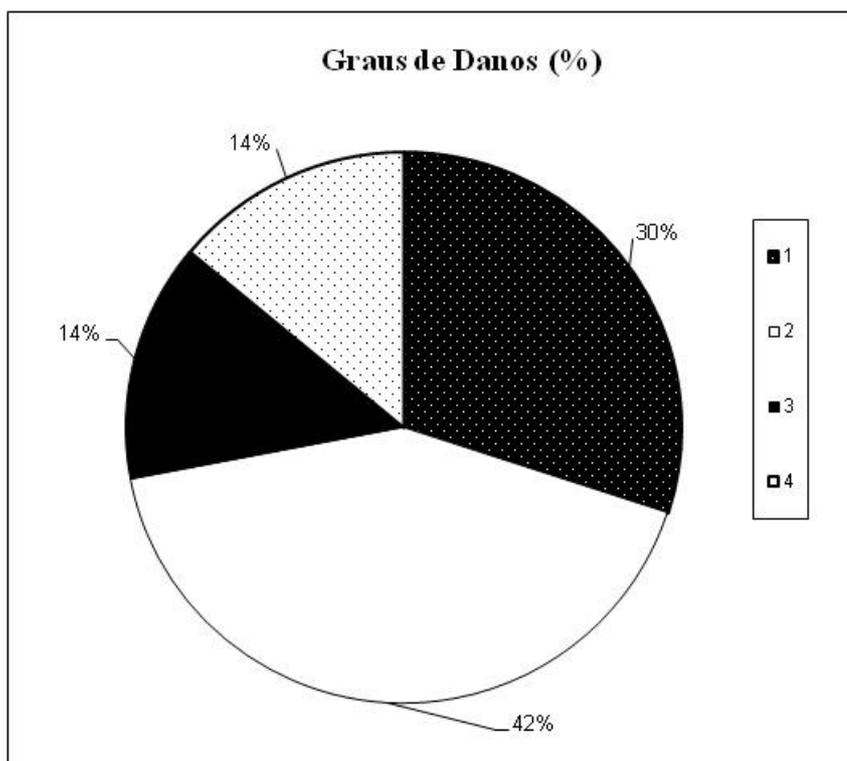


Figura 8. Porcentagens dos graus de danos no tratamento 2.

No tratamento 3, o grau 2 foi encontrado em maior número, totalizando 40 % das soqueiras avaliadas, seguido de grau 1, grau 3 e grau 4 (Tabela 4, Figura 9). Isto significa que o tipo de dano encontrado em maior quantidade foi o de danos periféricos e danos classificados como fragmentado foi o grau encontrado em menor quantidade, totalizando 12 % das soqueiras.

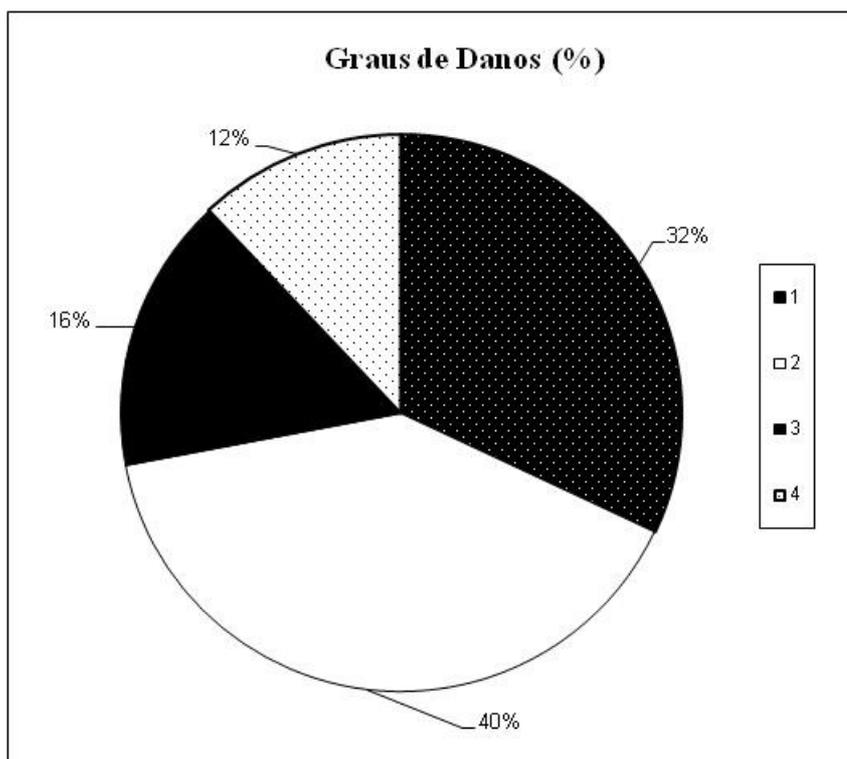


Figura 9. Porcentagens dos graus de danos no tratamento 3.

CONCLUSÃO

Nas condições em que este experimento foi conduzido, a velocidade de deslocamento da colhedora não influenciou significativamente nas perdas visíveis da colheita, nem nos danos às soqueiras.

Desta maneira, fica elucidado que independente da velocidade de deslocamento aplicada na colhedora John Deere 3520 não ocorrerá perdas com diferenças significativas, assim é mais vantajoso aplicar nesta colhedora a velocidade de 5 km h⁻¹, colhendo mais em menos tempo quando comparado com as outras velocidades estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEDINI, M.S.; BROD, F.P.R.; PERTICARRARI, J.G. (2013) Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada. Boletim. 2013. 7p.

Disponível em:

<http://xa.Yimg.com/kq/groups/20144470/1118993118/name/Perdas+de+cana+e%20impurezas+vegetais+e+minerais+-+CTC.pdf>. Acesso em: 30 novembro de 2013.

CARVALHO, L. S. (2009) Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua na Região da Grande Dourados – MS. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados.

CONAB. (2014) Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar, Quarto levantamento, safra 2013/2014. Brasília, 2014. 19 p.

GARCIA, R. F.; SILVA, L. S. (2010). Avaliação do corte manual e mecanizado de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ. Engenharia na agricultura, viçosa - MG, V.18 N.3, p. 234-240.

KROES, S. (1997). The cutting of sugarcane. Toowoomba: University of Southern Queensland. 356p. (Tese de Doutorado).

MANHÃES, C.M.C., GARCIA, R.F., CORREA JÚNIOR, D., FRANCELINO, F.M.A., VASCONCELOS JÚNIOR, J.F.S. FRANCELINO, H.O. (2013) Perdas quantitativas e danos às soqueiras na colheita de cana-de-açúcar no Norte Fluminense. Vértices, Campos dos Goytacazes, 15, 63-74.

MANHÃES, C.M.C., GARCIA, R.F., CORREA JÚNIOR, D., FRANCELINO, F.M.A., FRANCELINO, H.O., SANTOS, C. M. F. G. (2014) Evaluation of visible losses and damage to the ratoon cane in the mechanized harvesting of sugarcane for different displacement speeds. American Journal of Plant Sciences, 5, 2956-2964.

NEVES, J. L. M.; MAGALHÃES, P. S. G.; OTA, W. M. (2004) Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p. 764-70.

NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P.; CÁSSIA, M. T. (2011) Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. Bragantia, Campinas, v.70, n.4, p. 931-938.

RAMOS, C. R. G., LANÇAS, K. P., LYRA, G. A., SANDI, J., MILLANI, T. M. (2014) Qualidade da colheita mecanizada da cana-de-açúcar em diferentes velocidades de deslocamento. In: XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, 2014, Campo Grande/MS. Anais. Campo Grande/MS.

REIS, G. N. (2009) Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base. 89f. (Tese de doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal.

REIS, G. N.; CALAFANGE, A.; BARRETO, A. K. G.; SILVA, R. P.; TOLEDO, A. (2010) Onde se perde. Cultivar Máquinas, Pelotas, v. 10, n. 97, p. 34-36.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; de LEÓN, M.J.; PIEDADE, S.M.S. (1999) Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua em função da velocidade de avanço. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v19, n.2, p.199-207.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; MOLINA JUNIOR, W. F.; RIPOLI, M.L.C. (2001) Operation and economic performance of a green cane chopped harvester in Brazil. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2001, Sacramento. Proceedings... St. Joseph: ASAE.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009. 333 p.

ROSA, E. J.; JOSÉ, J. V.; SALVESTRO, A. C.; GAVA, R. (2009) Perdas visíveis de cana-de-açúcar em colheita mecanizada. In: VI Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 2, Maringá. Anais. Maringá – Paraná: EIPCC.

SAEG (2007) Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa.

SCHOGOR, A. L. B.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B.; MURARO, J. O. SARTURI; MATOS, B. C. (2009) Perdas das frações de cana-de-açúcar submetida a diversos métodos de colheita. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p. 1443-1450.

SEGATO, S.V.; DAHER, F. (2011) Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua sob velocidades de deslocamento da colhedora. *Nucleus*, v.8, p. 315-326.

SILVA, R. P.; CORRÊA, C. F.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. (2008) Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.2, p. 292-304.

SILVA, F. I. C.; GARCIA, A. (2009) Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: Histórico e análise. *Nucleus*, v.6, n.1, abr. p. 233-247.

SILVA, R. C.; FIGUEIREDO, Z. N.; CALDEIRA, D. S. A. (2013) Quantificação das perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar In: Congresso de Iniciação Científica, 5ª. (JC), 2013, Cáceres/MT. Anais... Cáceres/MT: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG. Vol. 8.

4.5. ARTIGO Nº 05: Consumo operacional de combustível de uma colhedora de cana-de-açúcar

Resumo: A crescente demanda nacional e internacional de etanol para adição à gasolina para motores de combustão condiciona o aumento da área de produção de cana-de-açúcar no Brasil. Trabalhos realizados têm mostrado que a utilização de colhedoras de maiores capacidades operacionais tem proporcionado menores consumos de combustíveis por área colhida e, conseqüentemente menores custos operacionais. Este trabalho teve como objetivo a obtenção do consumo horário e efetivo de combustível da colhedora CASE IH A4000 durante operação de colheita mecanizada de cana crua. O estudo foi realizado em uma lavoura de cana-de-açúcar sistematizada para a colheita mecanizada em área pertencente a um cooperado da Coagro (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.) no município de Campos dos Goytacazes, RJ. A variedade de cana-de-açúcar avaliada foi a RB867515 em seu terceiro corte. O sistema de aquisição automática de dados foi constituído de um sensor de fluxo volumétrico para determinação do fluxo de combustível, além de um coletor de dados (Datalogger) e de um sistema de posicionamento global (GPS). Para determinar o consumo horário de combustível, foram utilizados os dados obtidos pelo sensor de fluxo de combustível. O consumo horário de combustível foi 33,9 L.h⁻¹. O consumo efetivo foi estimado em 1,84 L. ton⁻¹. O consumo horário de combustível

e o consumo efetivo da colhedora CASE IH A4000 foram maiores que o dobro do estipulado pelos fabricantes da máquina, significando que o consumo está muito além do desejável.

Palavras-Chave: consumo de combustível, colhedora CASE IH A4000, cana-de-açúcar

Abstract:

The growing national and international demand for ethanol for addition to gasoline combustion engines affects the increase in the area of production of sugar cane in Brazil. Work carried out has shown that the use of harvesters greater operational capabilities has provided lower fuel consumption per harvested area and lower operating costs consequently. This study aimed to obtain the hourly and effective fuel consumption of harvester CASE IH A4000 during operation of mechanized harvesting of sugarcane. The study was conducted in a crop of sugarcane systematized for mechanized harvesting in the area belonging to a supplier of COAGRO (Cooperativa Agroindustrial the State of Rio de Janeiro Ltda.) In the municipality of Campos dos Goytacazes, RJ. The variety of sugarcane was assessed RB7515 in his third cut. The automatic data acquisition consisted of a volumetric flow sensor for determining the flow of fuel, and a data logger (Logger) and a global positioning system (GPS). To determine the hourly fuel consumption, the data obtained by the fuel flow sensor was used. The hourly fuel consumption was 33.9 L h⁻¹. The actual consumption was estimated at 1.84 L ton⁻¹. The hourly fuel consumption and the effective harvester CASE IH A4000 consumption were greater than twice the allotted by the manufacturers of the machine, meaning that consumption is beyond desirable.

Keywords: Fuel consumption, harvester CASE IH A4000, Sugarcane

INTRODUÇÃO

A crescente demanda nacional e internacional de álcool para adição à gasolina para motores de combustão condiciona o aumento da área de produção de cana-de-açúcar no Brasil. Áreas atualmente utilizadas com pastagem estão sendo substituídas pelo cultivo da cana-de-açúcar a fim de atender as

necessidades de álcool do mercado (Cerri, 2005). Desta forma, a cana-de-açúcar configura-se como um dos principais produtos agrícolas brasileiros. Sendo o Brasil atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo.

A produtividade média brasileira de cana-de-açúcar na safra 2013/2014 foi de 79.737 kg/ha, 13,2% maior que na safra 2012/13, que foi de 70.432 kg/ha. A área ocupada atualmente no Brasil com essa cultura é de 8.811,43 mil hectares, superior em 3,6 % à da safra anterior. A produção total de cana-de-açúcar moída na safra 2013/14 foi de 658,8 milhões de toneladas, com aumento de 11,9% em relação à safra 2012/13, que foi de 588,9 milhões de toneladas, significando um aumento de 69,9 milhões de toneladas maior que na safra anterior (Conab, 2014).

A área plantada no estado do Rio de Janeiro para a safra 2013/2014 foi de 39,06 mil ha, o que significou uma redução na área plantada da ordem de 2% ao comparar com a safra passada, apesar da produtividade por área ter tido aumento de 8,20% e a produção ter aumentado 6%, ao se comparar as duas safras (Conab, 2014).

A colheita da cana-de-açúcar destaca-se pelos altos custos envolvidos e pelas dificuldades operacionais, seja ela conduzida de forma manual ou mecanizada. O processo encontra-se em fase de substituição do corte manual para o mecanizado, porém este apresenta certos inconvenientes, tais como: perdas de cana no campo, redução da qualidade da matéria-prima e a redução da longevidade do canavial (Schimdt Junior, 2011). Em Campos dos Goytacazes – RJ, este processo de substituição tem acontecido de forma mais lenta quando comparado a outros municípios dos estados de São Paulo e Paraná, porém tem atendido à legislação estadual, Lei 5.990 de 20 de junho de 2011. Segundo dados da Coagro 40 % da cana foi colhida de forma mecanizada no município na safra 2012/2013.

Dentro deste processo de colheita mecanizada, obrigatório pela legislação estadual, se faz necessário avaliarmos alguns fatores envolvidos no processo, tais como perdas de matéria-prima, danos às soqueiras e consumo de combustível pela colhedora, visto que são de grande importância, pois além de outros motivos influenciam significativamente nos custos do processo de colheita, principalmente no que tange ao consumo de combustível pela colhedora.

Nesse sentido, Lopes (2000) destaca a importância de avaliar o consumo de combustível por área nos ensaios de máquinas agrícolas, pois é a informação mais relevante para determinação dos custos operacionais.

Alguns trabalhos têm demonstrado que a utilização de colhedoras de maiores capacidades operacionais tem proporcionado menores consumos de combustíveis por área colhida e, conseqüentemente menores custos operacionais.

Seki (2007) avaliou o desempenho operacional e energético na colheita de milho de grãos úmidos (33% de teor de água) e secos (15,4% de teor de água). Na colheita de grãos úmidos, a colhedora apresentou velocidade de 3,27 km h⁻¹, capacidade operacional efetiva de 1,12 há h⁻¹, consumo horário de combustível de 15,31 L h⁻¹ e consumo de combustível por área de 13,59 L ha⁻¹. Na colheita de grãos secos, a colhedora apresentou velocidade de 3,63 km h⁻¹, capacidade operacional efetiva de 1,25 ha h⁻¹, consumo horário de combustível de 12,64 L h⁻¹ e consumo de combustível por área de 10,14 L ha⁻¹, ou seja, a capacidade de campo efetiva da colheita de grão seco foi 10% superior.

O presente trabalho teve como objetivo a obtenção do consumo horário e efetivo de combustível da colhedora CASE IH A4000 durante operação de colheita mecanizada de cana crua no município de Campos dos Goytacazes - RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma lavoura de cana-de-açúcar sistematizada para a colheita mecanizada em área pertencente a um cooperado da Coagro (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.) no município de Campos dos Goytacazes, RJ. A variedade de cana-de-açúcar avaliada foi a RB867515 em seu terceiro corte.

A Figura 1 mostra a área de estudo, onde foi realizada a colheita mecanizada da cana de açúcar e a medição do consumo de combustível, representada por imagem obtida a partir do Google Earth, o qual demarca em laranja o trajeto da colhedora obtido através do GPS modelo Garmin 60Csx.

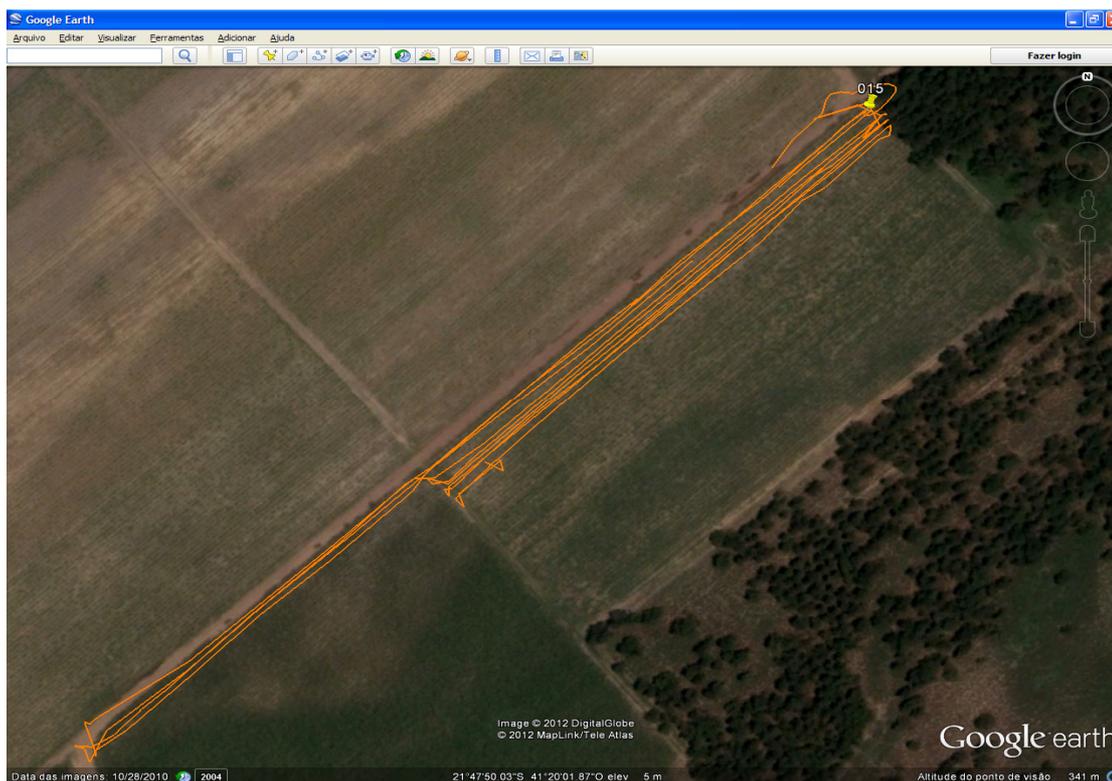


Figura 1. Imagem da área onde foi realizada a colheita da cana-de-açúcar retirada do Google earth.

Características técnicas da colhedora avaliada

A colhedora utilizada no trabalho para aquisição dos dados do consumo de combustível foi a Case IH, modelo A4000, motor marca Cummins, serie 6B, motor com potencia de 174hp (Figura 2). Seu tanque de combustível é de 210 litros.



Figura 2. Vista lateral da colhedora Case A4000.

Sistema de aquisição automática de dados

O sistema de aquisição automática de dados foi constituído de um sensor de fluxo volumétrico para determinação do fluxo de combustível, além de um coletor de dados (Placa microcontroladora) e de um sistema de posicionamento global (GPS).

Sensor de Fluxo volumétrico

Para a determinação do fluxo de combustível, foi utilizado o sensor de fluxo modelo FLOWMATE Oval M-III LSF45L0-M2, com sensor magnético, unidade de leitura de pulso de 10 mL pulso⁻¹, fluxo máximo de 500 L h⁻¹, alimentação de 12 a 24 V de corrente contínua (VCC), consumo máximo da 10 mA e pulso de saída do tipo 0/1 = máximo 0,5 VCC / 6,2 a 7,6 VCC, com resistência mínima de 10 k Ω (Figura 3).



Figura 3. Sensor volumétrico para determinação de fluxo de combustível.

Calibração do Sensor de Fluxo volumétrico

O sensor foi conectado numa placa de terminais modelo Protoboard 840, e utilizando-se fios jumpers, e cabo USB AB, realizou-se a ligação do sensor, placa Arduino e computador (Figura 4).

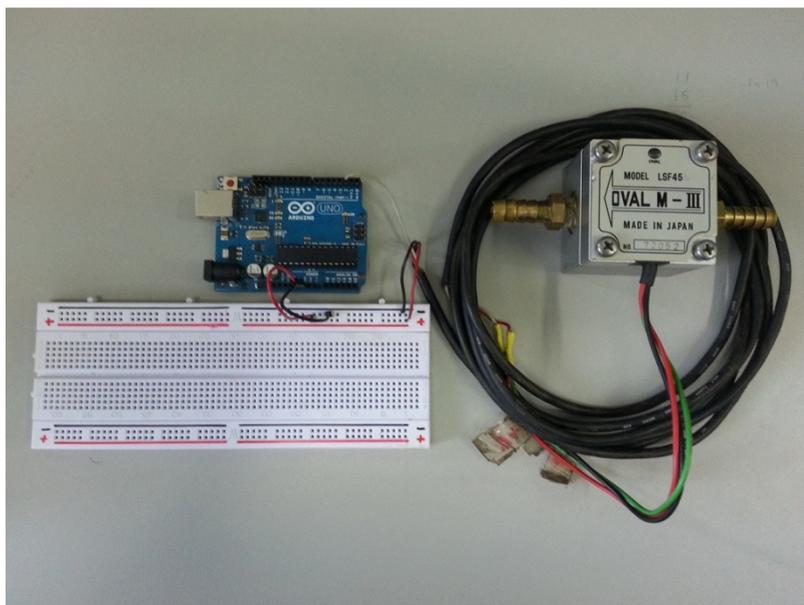


Figura 4. Conexão do sensor e placa Arduino.

O sistema de aquisição de dados, depois de implementado, foi testado com a finalidade de verificar a precisão dos dados provenientes do sensor e calibrá-lo.

O sensor foi avaliado utilizando-se a medição de volumes previamente determinados de água, de 250, 500, 1.000 e 2.000 mL, à temperatura de 20°C. Utilizou-se, para a determinação do volume, uma proveta de medição com graduação, com capacidade de 250 mL, ± 2 mL.

Os dados provenientes do sensor foram coletados através da porta serial USB do PC, sendo apresentados em tela do programa Arduino.

O sensor de fluxo foi conectado ao sistema de aquisição de dados implementado, e avaliado em laboratório. Os valores determinados pela proveta e os valores determinados pelo sensor de fluxo (Figura 5) apresentaram ajustamento estimado pela equação linear $y=0,0043+0,9927x$, com coeficiente de determinação $r^2 = 0,9999$, sendo o modelo estatisticamente significativo ao nível de 1% de probabilidade. O diagrama de dispersão apresenta uma correlação positiva das variáveis.

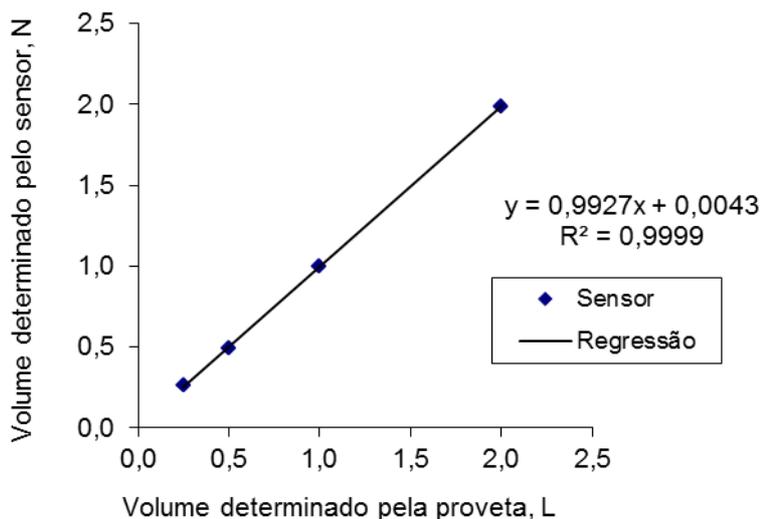


Figura 5. Comparação dos dados obtidos na calibração do sensor de fluxo.

Instalação do Sensor de Fluxo volumétrico na colhedora

O medidor de fluxo de combustível foi instalado entre o primeiro e segundo filtro de combustível, antes da bomba injetora. O retorno dos bicos injetores teve seu fluxo alterado instalando-se um conector tipo “t” antes do medidor. O sensor de fluxo volumétrico foi instalado de acordo com Vale et al. (2008), que avaliou um desempenho de conjunto trator e roçadora em operação de roçagem.



Figura 6. Sensor de fluxo de combustível montado na colhedora A4000.

Sistema coletor de dados

Para coletar os dados do consumo de combustível da colhedora utilizou-se um Datalogger da marca Campbell Scientific, modelo CR1000, que serve para monitorar, transduzir e armazenar os sinais gerados pelos medidores de fluxo e medidor de velocidade. O coletor de dados tem a capacidade de armazenar até 4.000.000 de dados. Para sua alimentação, é necessário uma voltagem mínima de 12 volts e máxima de 24 volts.

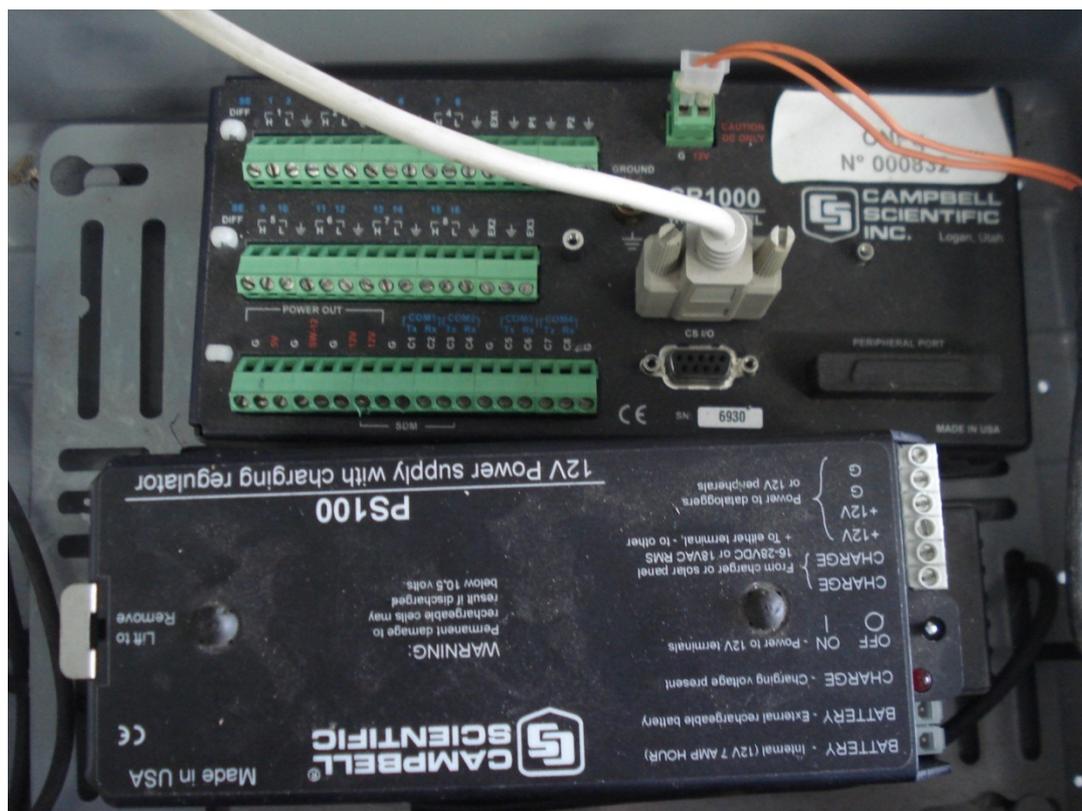


Figura 7. Datalogger Campbell Scientific, modelo CR1000.

A Tabela 1 mostra as entradas e saídas das conexões do sensor de fluxo volumétrico e o datalogger.

Tabela 1. Descrição da conexão entre o sensor de fluxo e o datalogger

FLOWMATE Oval M-III modelo LSF45L	Portas do datalogger	Função
Verde: SIG	P2	Sinal de saída
Vermelho: SUP (+VDC)	12v	Alimentação
Preto: COM (0v)	Terra	

Para descarregar os dados obtidos pelos sensores de fluxo de combustível, coletados pelo sistema de aquisição, utilizaram-se o programa

computacional D-LoggerNet após a realização dos testes de campo com a colhedora de cana de açúcar.

Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Para a marcação dos pontos, mapeamento da área e determinação da posição da colhedora, utilizou-se um aparelho de GPS modelo Garmin60Csx.

O programa computacional GPS TrackMaker foi utilizado como interface para transferir para o computador os dados adquiridos pelo aparelho GPS.

Determinação do consumo de combustível

Para determinar o consumo horário de combustível, foi utilizado os dados obtidos pelo sensor de fluxo de combustível. Os pulsos coletados pelo sensor de fluxo foram convertidos em volume, considerando a relação de 10 mL pulso⁻¹.

O cálculo do consumo horário foi realizado de acordo com a equação 1.

$$Ch = \frac{V}{t} \times 3,6 \quad (\text{eq .1})$$

em que:

- Ch = consumo horário, L h⁻¹;
- V = Volume consumido, mL;
- T = tempo de percurso na parcela, s; e
- 3,6 = fator de conversão.

O cálculo do consumo de combustível por área foi realizado de acordo com a equação 2.

$$CCa = Td \times Ch \quad (\text{eq .2})$$

em que:

- CCa = consumo de combustível por área, L ha⁻¹;
- Td = Tempo efetivo demandado, h.ha⁻¹;
- Ch = Consumo horário de combustível, L h⁻¹

O consumo de combustível por tonelada colhida foi calculado através da equação 3.

$$C_t = \frac{CCa}{P} \quad (\text{eq .3})$$

em que:

C_t = consumo de combustível por tonelada de cana colhida, $L \cdot \text{ton}^{-1}$;

CCa = consumo de combustível por área, $L \text{ ha}^{-1}$;

P = Produtividade do canavial, $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os dados de consumo da colhedora A4000.

Tabela 2. Consumo observado pela colhedora de cana de açúcar.

Consumo horário de combustível ($L \text{ h}^{-1}$)	33,9
Consumo efetivo ($L \text{ ton}^{-1}$)	1,84
Consumo de combustível em 20h de trabalho (L)	678
Estimativa de produtividade ($t \text{ ha}^{-1}$)	54

O resultado gerado pelo sistema de aquisição automática de dados mostrou que o consumo horário de combustível foi de $33,9 L \text{ h}^{-1}$ (Tabela 2). De acordo com Istoé Dinheiro Rural (2009), que relata informações sobre a colhedora no momento da divulgação do seu lançamento, o consumo horário ideal da colhedora A4000 é de $16,8 L \text{ h}^{-1}$, o consumo encontrado neste trabalho foi maior que o dobro do estipulado pelos fabricantes da máquina no momento do seu lançamento.

Lyra (2012) relata a necessidade de se avaliar o consumo de combustível das colhedoras de forma mais intensa, visto que o mesmo está além dos valores estimados para essa operação. Este autor relata que este alto consumo é decorrente da falta de treinamento adequado dos operadores, que trabalham com a máquina em potência máxima a maior parte do tempo, mesmo quando não é necessário. Santos (2012) relata que o consumo horário de combustível das

colhedoras de cana-de-açúcar varia também de acordo com a rotação do motor e velocidade de deslocamento. Sendo que quanto maior a velocidade de deslocamento menor o consumo horário de combustível.

Segundo Lyra (2012) uma colhedora gasta em média 60 litros de óleo diesel para colher um hectare de cana-de-açúcar, considerando o atual preço do óleo diesel em torno de 2,35 reais por litro (ANP, 2014), esta colhedora gastará em torno de R\$ 141,00 por hectare colhido, colhendo em média 10 ha por dia o gasto diário com combustível é superior a R\$ 1.400,00.

Segundo informações da Coagro, no dia que foi feita esta avaliação a colhedora trabalhou durante 20 horas. Considerando que o consumo de combustível tenha se mantido o mesmo durante todo o dia de trabalho, o consumo total durante as 20 horas de trabalho foi de 678 litros de combustível, significando mais de três tanques de combustível gastos em apenas um dia de trabalho, visto que o tanque de combustível da colhedora tem capacidade de 210 litros. Estes 678 litros de diesel significaram um gasto de R\$1.593,30 em apenas um dia de colheita.

O consumo efetivo, que se refere ao volume de combustível gasto por tonelada de cana colhida foi estimado em $1,84 \text{ L t}^{-1}$ (Tabela 2). De acordo com Dinheiro Rural (2009), o consumo efetivo da colhedora A4000 é de $0,84 \text{ L t}^{-1}$. O valor encontrado no presente trabalho foi muito superior ao valor tido como ideal pela empresa fabricante da máquina.

A estimativa de produtividade de cana foi de 54 toneladas de cana por hectare.

CONCLUSÕES

O consumo horário de combustível e o consumo efetivo da colhedora CASE IH A4000 foram maiores que o dobro do estipulado pelos fabricantes da máquina, significando que o consumo está muito além do recomendado, e que provavelmente a máquina estava desregulada no momento da colheita, causando grande prejuízo a cooperativa que a estava operando.

REFERÊNCIAS

ANP – AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO (2014) Levantamento de preços. Disponível em: <www.anp.gov.br/preco/>. Acesso em: 03 de out 2014.

CERRI, D. G. P. (2005) Agricultura de precisão em cana-de-açúcar: instrumentação de uma colhedora, mapeamento da produtividade e de atributos do solo. 173f. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Campinas-Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas.

CONAB -COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2014) Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar, Quarto levantamento, safra 2013/2014. Brasília, abr. 2014. 19 p.

ISTOÉ DINHEIRO RURAL (2009) Reforço no campo. 2009. Disponível em: <http://www.terra.com.br/revistadinheirorural/edicoes/60/artigo152939-1.htm>
Acesso em: 30/07/2012.

LOPES, A. (2000) Desempenho de um trator agrícola em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento em um solo argiloso. 2000. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LYRA, G. A. (2012) Consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em função da velocidade e rotação de motor. 2012. 53p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012.

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

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

SEKI, A. S. (2007) Demanda energética no processo de ensilagem de milho. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

4.6. ARTIGO Nº 06: Índice de cone após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar no Norte Fluminense

Resumo

Este trabalho objetivou avaliar o índice de cone, nas profundidades de 0 a 0,3 m após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar crua, utilizando as colhedoras Case A8800 e Case A4000 na região Norte Fluminense. Os resultados foram analisados por meio da estatística descritiva, análise de variância e teste Tukey a 5% de probabilidade. O índice de cone mostrou que a área 2 está mais compactada que a 1. Na área 1, as camadas subsuperficiais do solo estão mais compactadas que a camada superficial. Na área 2, as diferentes profundidades estão igualmente compactadas, recomendando-se uma subsolagem nas duas áreas.

Palavras-chave: Compactação, Cambissolo, *Saccharum* spp.

Cone index after mechanized harvesting of sugarcane in the North Fluminense

Abstract

This study aimed to evaluate the cone index, in depths of 0 to 0.3 m after mechanized harvesting of green sugarcane using the harvester Case A8800 and Case A4000 in the North Region. The results were analyzed using descriptive statistics, analyzed of variance and Tukey test at 5% probability. The cone index shows that the area 2 is more compact than to 1. In area 1 the subsoil layers are more compressed than the surface layer. In area 2 different depths are also compressed, recommending one subsoiling in two areas.

Key Words: Compaction, Cambissolo, *Saccharum spp.*

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das principais culturas produzidas no Brasil. Nosso país é o maior produtor mundial desta cultura e maior exportador de açúcar e álcool advindos dela.

O município de Campos dos Goytacazes, localizado na região Norte do estado do Rio de Janeiro, tem a cultura da cana como sua principal atividade agrícola. Segundo dados da CONAB (2012), a área plantada no Estado do Rio de Janeiro para a safra 2012/2013 foi de 45,110 mil ha, o que significou um aumento de 9,2 % ao comparar com a safra passada, porém as estimativas de produtividade e produção caíram 19,20 e 11,80%, respectivamente ,ao se comparar com a safra 2011/2012. A estimativa de produção para a safra 2012/2013 foi de 1.948,1 mil toneladas, sendo que 52% desta seria destinada à produção de álcool e 48% à produção de açúcar.

A COAGRO (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.), situada no município de Campos dos Goytacazes, vem investindo na compra de colhedoras de cana-de-açúcar desde 2010. Na safra 2011/2012, 25% da cana foi colhida de forma mecanizada. Isto foi alcançado, investindo na compra de equipamentos, locação de novas máquinas, assim como contratando profissionais de outros estados com experiência nesta atividade.

Porém, o sistema de colheita mecanizada da cana-de-açúcar pode provocar compactação do solo devido à maior intensidade de tráfego com máquinas, que altera negativamente a qualidade física do solo para o crescimento e desenvolvimento radicular da cultura da cana-de-açúcar (CAVALIERI et al., 2011).

Segundo Roque et al. (2011), a modernização da agricultura, com o aumento do peso do maquinário e implementos agrícolas, bem como da intensidade de uso do solo, principalmente em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar, é a principal causa da compactação do solo, trazendo prejuízos para a produtividade das culturas e contribuindo com processos erosivos.

Atualmente, com o incremento das áreas agrícolas, há maior preocupação com os problemas relacionados à compactação do solo resultante das operações mecanizadas (Silva e Cabeda, 2006). Observando-se aumento de áreas agrícolas com problemas de compactação, em grande parte atribuída a operações mecanizadas, realizadas sem se considerar a umidade do solo (SAFFI-HDADI et al., 2009).

Segundo Keller e Lamandé (2010), a compactação resulta em problemas ambientais, agronômicos e econômicos como inundação, erosão, lixiviação de agrotóxicos, emissão de gases de efeito estufa e perda de rendimento das culturas agrícolas. Portanto, para que as condições físicas do solo inadequadas, como valores altos de resistência do solo à penetração não sejam um fator limitante ao desenvolvimento e produtividade da cultura, é essencial o monitoramento dessas áreas para o manejo desses solos (MAGALHÃES et al., 2013.).

Neste contexto, a resistência do solo à penetração tem sido frequentemente utilizada como indicador da compactação do solo em sistemas de manejo, por ser um atributo diretamente relacionado ao crescimento das plantas e de fácil e rápida determinação (MERCANTE et al., 2003).

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RP) em campo, normalmente, é realizada pelo índice de cone (IC), que consiste da resistência à penetração de uma ponta cônica padronizada e expressa como a força por unidade de área na base do cone até uma determinada profundidade. Entretanto, este índice apresenta grandes variações em função de propriedades do solo, principalmente, teor de água e densidade (PORTZ et al., 2013).

Neste contexto, o índice de cone é um dos atributos físicos do solo que influenciam diretamente no desenvolvimento radicular e da parte aérea das plantas, representando se há ou não condições para o desenvolvimento radicular (FURLANI et al., 2003). Desta forma, sua quantificação representa importante indicativo da dinâmica de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (MERCANTE et al., 2003).

Pesquisas têm mostrado a relação entre compactação e qualidade física do solo, relatando que a compactação aumenta a densidade, a resistência mecânica à penetração e diminui seu volume de poros (SILVA et al., 2009). Segundo Orlando et al. (2000), os maiores valores de resistência do solo à penetração também estão relacionados a menores teores de água no solo, tendendo a um decréscimo linear com o aumento do teor de água.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da resistência do solo à penetração, através do índice de cone, nas profundidades de 0 a 0,3 m, a fim de identificar regiões com diferentes níveis de compactação após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar crua em duas áreas, utilizando as colhedoras Case A8800 e Case A4000 na região Norte Fluminense.

Material e Métodos

A presente pesquisa foi realizada nos meses de junho e julho de 2012. Duas lavouras de cana-de-açúcar foram avaliadas. As áreas pertencem a cooperados da COAGRO (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.) na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ, região Norte Fluminense.

O clima da cidade de Campos dos Goytacazes é classificado como tipo Aw segundo a classificação de Köppen, isto é, quente e úmido, com estação chuvosa no verão, apresentando temperatura média de 23,2°C, sendo julho, o mês mais frio (temperatura média 20,1°C) e fevereiro, o mês mais quente (temperatura média 26°C).

A primeira lavoura, denominada área 1, cujas coordenadas geográficas são 21°48'12"S e 41°20'52"W, ainda não teve sua área sistematizada para a colheita mecanizada. Nesta lavoura, a cana-de-açúcar, variedade SP80-1842 em seu 14º corte, foi colhida crua sem queima prévia utilizando a colhedora Case IH A8800.

A outra lavoura avaliada, foi denominada área 2, cujas coordenadas geográficas são 21°47'50"S e 41°20'02" W, já teve sua área sistematizada para a colheita mecanizada. Nesta lavoura a cana-de-açúcar, variedade RB867515 em seu 3° corte, foi colhida crua sem queima prévia utilizando a colhedora Case IH A4000.

Em ambas as áreas foram selecionadas uma área de amostragem de 1800 m² para realização da colheita mecanizada e medições das variáveis físicas do solo.

O solo das duas áreas é classificado como CAMBISSOLO Háplico Tb eutrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

A resistência do solo à penetração (RSP) nas duas áreas foi mensurada por meio de um equipamento denominado penetrômetro, que quantifica a carga de penetração no solo de um cone sólido em relação a sua área basal, apresentando valores denominados Índice de Cone (IC). Para tal mensuração, foi utilizado um penetrômetro analógico marca Dickey-John equipado com ponteira de 1/2 polegada.

Sendo realizadas na área de amostragem de 1.800 m², respectivamente, para área 1 e área 2, 36 e 31 medições a cada 0,10 m de profundidade, medindo até o limite vertical de 0,3 m.

Para avaliação da umidade gravimétrica, densidade aparente do solo e densidade de partículas foram realizadas coletas de solo a cada 0,1 m de profundidade até 0,3 m em cinco pontos aleatórios de cada área estudada de 1.800 m², totalizando cinco repetições para cada profundidade e um total de 15 amostras.

A umidade gravimétrica (Ug), a densidade aparente do solo (Ds) e a densidade de partícula (Dp) foram determinadas de acordo com metodologia da Embrapa (1997). A porosidade total foi calculada a partir dos dados obtidos das densidades aparentes do solo e das partículas, empregando-se a seguinte expressão adaptada de Santos et al. (2012):

$$Pt = [1 - (Ds/Dp)] * 100$$

Onde

PT = porosidade total

Ds = densidade aparente do solo

Dp = densidade de partícula

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, segundo metodologia da Embrapa (1997).

Análise estatística

Os resultados foram analisados no programa SAEG, por meio da estatística descritiva e submetidos à análise de variância e teste Tukey a 5% de probabilidade, objetivando comparar as médias das variáveis analisadas nas três profundidades estudadas em cada área e comparar as duas áreas.

Resultados e Discussões

Conforme mostrado na Tabela 1, a classe textural do solo foi classificada como argilosa em todas as profundidades estudadas.

Tabela 1. Composição granulométrica e classe textural do solo.

Prof. (m)	Área 1				Área 2			
	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Classe Textural	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Classe Textural
0,0 – 0,1	65	358	577	Argiloso	63	361	576	Argiloso
0,1 – 0,2	61	355	584	Argiloso	59	357	584	Argiloso
0,2 – 0,3	59	354	587	Argiloso	58	353	589	Argiloso

Na Tabela 2, podemos observar a análise estatística descritiva dos dados de resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 a 0,3 m. Nesta Tabela, podemos perceber que à medida que aumenta a profundidade do solo, aumenta também todos os valores de resistência do solo, a penetração desde a média até valores mínimos e máximos, principalmente, na área 1.

Em relação aos valores da média e mediana, observa-se, na Tabela 2, que, em todas as profundidades da área 1, a razão média/mediana está acima de 1, tendo ocorrido o contrário na área 2.

Tabela 2. Estatística descritiva do Índice de cone em MPa nas duas áreas.

Variáveis	Área 1			Área 2		
	Profundidades (m)					
	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3
N	36	36	36	31	31	31
Média	1,10	1,44	1,60	1,88	1,95	1,99
Mediana	1,03	1,38	1,52	2,07	2,07	2,07
Mínimo	0,69	1,03	1,38	1,24	1,38	1,24
Máximo	1,72	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07
Amplitude	1,03	1,03	0,69	0,83	0,69	0,83
C V (%)	19,80	15,70	14,80	15,26	10,65	8,83

CV= Coeficiente de variação, N=número total de pontos amostrados

Na Tabela 3, podemos observar que, na área 1, a resistência do solo à penetração aumentou à medida que aumentou a profundidade do solo, estando as camadas subsuperficiais do solo mais compactadas que a camada superficial. O contrário ocorreu com a porosidade total do solo, apresentando menor porosidade total nas maiores profundidades, isto se deve ao fato deste solo apresentar maior compactação nas camadas subsuperficiais.

Na área 2, de acordo com a Tabela 3, pode-se observar que não houve diferença significativa do índice de cone nas diferentes profundidades do solo, estando todas as camadas com um mesmo nível de compactação. Por outro lado, o resultado de porosidade total do solo, nos mostra que o solo apresenta menor porosidade total nas maiores profundidades, podendo este menor número de poros em profundidade ser um indício claro de início de compactação nas camadas subsuperficiais.

Tabela 3. Comparação das médias das variáveis ao longo do perfil do solo.

Variáveis	Área 1			Área 2		
	Profundidades (m)					
	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3
IC (MPa)	1,10 Cb	1,44 Bb	1,60 Aa	1,88 Aa	1,95 Aa	1,99 Aa
Dp (Kg.dm ⁻³)	2,20 Aa	2,24 Aa	2,28 Aa	2,30 Aa	2,35 Aa	2,37 Aa
Ds (Kg.dm ⁻³)	1,32 Aa	1,29 Aa	1,28 Aa	1,31 Aa	1,26 Aa	1,24 Aa
Ug (%)	40,60 Ba	43,60 Aa	44,20 Aa	31,50 Ba	34,10 Aa	34,90 Aa
Pt (%)	58,81 Aa	56,64 Ba	55,14 Ca	55,96 Aa	52,62 Ba	51,32 Ca

IC= Índice de Cone; Dp= densidade de partícula; Ds= densidade aparente do solo; Ug= Umidade gravimétrica; Pt= Porosidade total.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha (comparando profundidades em cada área) e minúsculas na linha (comparando as áreas em cada profundidade), não diferem entre si, significativamente, pelo teste de Tukey a 5%.

Ao se comparar as duas áreas, constata-se diferença significativa para índice de cone (Tabela 3), sendo que a área 2 apresenta maiores valores, mostrando que esta área se apresenta mais compactada que a outra, necessitando de manejo adequado do solo para reverter esta situação, pois, também, se apresenta igualmente compactada em todas as profundidades analisadas. Para as demais variáveis, não houve diferença significativa entre as áreas.

Ecco et al. (2012) encontraram resultados semelhantes ao da área 1 do presente trabalho ao avaliar a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração num Latossolo Vermelho argiloso, cultivado com cana-de-açúcar com colheita mecanizada. Estes autores concluíram que o solo analisado mostrou uma tendência de aumento da resistência em profundidade, pois a concentração de valores passou de 3,39 a 4,42 MPa, na camada de 0 – 0,20 m, para 4,45 à 5,6 MPa na camada de 0,20 – 0,40 m. Os autores salientam que este resultado, provavelmente, tenha ocorrido em consequência do sistema de colheita mecanizado que exerce uma pressão no solo, provocando a compactação, principalmente, nas camadas subsuperficiais.

Vázquez et al. (2009) avaliando a resistência do solo à penetração em solos de Buenos Aires também encontraram valores de resistência do solo à penetração maiores nas camadas subsuperficiais. Da mesma forma, Magalhães et al. (2009), avaliando a intensidade da compactação de um Latossolo cultivado

com cana-de-açúcar, no Mato Grosso, encontraram valores de resistência do solo à penetração maiores nas camadas subsuperficiais, encontrando na camada de 0,2-0,3 m o valor máximo (4,83 MPa) entre todas as profundidades avaliadas de 0 a 0,7 m.

Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (Merotto e Mundstock, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (ECCO et al., 2012). O Usda (1993) considera o limite de 2,0 MPa como forte restrição ao crescimento radicular para muitas culturas anuais. Sendo um critério para restrição física ao crescimento radicular. No presente trabalho, não foram encontrados valores médios acima de 2,0 MPa nas profundidades avaliadas em nenhuma das duas áreas estudadas. Os valores médios das três profundidades se enquadram na classificação do USDA como solos com resistência intermediária moderada (Tabela 3), porém ao analisarmos os valores de máximos na Tabela 2, fica claro que, nas camadas subsuperficiais do solo nas duas áreas, existem alguns pontos com resistência do solo à penetração maiores que 2,0 MPa, sendo considerados de forte restrição ao sistema radicular.

As densidades de partícula e densidade aparente não diferiram nas profundidades avaliadas. Michelin (2005) define alguns níveis de densidade aparente do solo estabelecidos como críticos para indicar a ocorrência de compactação, levando em consideração a faixa do teor de argila. Neste caso, para teores de 0-200, 200-300, 300-400, 400-500 e 500-600 g kg⁻¹ a densidade crítica deverá ser de 1,60, 1,55, 1,50, 1,45 e 1,40 kg dm⁻³, respectivamente. No presente trabalho, os teores de argila variaram de 500-600 g kg⁻¹ em todas as profundidades avaliadas nas duas áreas (Tabela 1), o que mostra que pelo critério de Michelin (2005) os solos estudados não apresentam valores críticos de compactação indicados pela densidade.

Nas duas áreas, as camadas subsuperficiais apresentaram maiores valores de umidade do que a camada superficial. A umidade do solo nas três profundidades nas duas áreas está fora do limite de umidade ideal para colheita mecanizada, pois Segundo Severiano et al. (2010), a colheita mecanizada da cana-de-açúcar em Cambissolos Háplicos pode ser realizada quando o mesmo se encontrar com conteúdos de água de até 21%. Sendo encontrado quase o dobro na primeira camada avaliada (0 - 0,1 m) e mais que o dobro nas demais camadas

(0,1 - 0,3 m) na área 1. Isto é preocupante, pois a maioria das áreas agrícolas com problemas de compactação no Brasil se deve em grande parte às operações mecanizadas realizadas sem considerar a umidade ideal do solo (VIEIRA e KLEIN 2007). Segundo Secco et al. (2004), as operações agrícolas, quando realizadas fora da condição de umidade do solo ideal, provocam aumento da sua área compactada, o que pode reduzir a infiltração e, conseqüentemente, a disponibilidade de água para as plantas, comprometendo a produtividade da cultura.

Segundo Freddi et al. (2006), o índice de cone é inversamente influenciado pela umidade do solo. A umidade do solo, na área 1, no momento da colheita, mostrou-se acima dos valores do intervalo considerado ideal para mensuração do índice de cone (20 a 35 %), em solos de textura média a argilosa (ORLANDO et al., 2000), o que, possivelmente, pode explicar a ocorrência de valores não considerados críticos de resistência à penetração. A alta umidade do solo pode ter mascarado os reais valores de resistência do solo à penetração. Já na área 2, os valores de umidade estavam dentro dos ideais para mensuração do índice de cone.

Conclusões

Nas condições em que o trabalho foi realizado, conclui-se que, na área 1, as camadas subsuperficiais do solo estão mais compactadas e menos porosas que a camada superficial, isto pode ser decorrente da má utilização de maquinários na área. Na área 2, todas as camadas do solo estão igualmente compactadas, recomendando-se nas duas áreas uma subsolagem para solucionar o problema de compactação do solo.

As duas áreas apresentam diferença significativa entre os índices de cone, estando a área 2 mais compactada que a área 1 nas três profundidades estudadas.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor.

A FAPERJ pelo apoio financeiro para execução do trabalho.

Referências

CAVALIERI, K.M.V.; CARVALHO, L.A.; SILVA, et al. Qualidade física de três solos sob colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35:1541-1549, 2011.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar. Terceiro levantamento, safra 2012/2013. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_43_bole tim_cana_portugues_12_2012.pdf>. 23 Fev. 2013.

ECCO, M.; CARVALHO, L. A.; FERRARI, L. P. Variabilidade espacial da resistência do solo a penetração em área cultivada com cana-de-açúcar nasafra 2008/2009. Agrarian, v.5, n.17, p.263-269, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JUNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sobpreparo convencional. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2006.

FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R. et al. Resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. *Engenharia Agrícola*, v.23, n.3, p.579-587, 2003.

KELLER, T.; LAMANDÉ, M. Challenges in the development of analytical soil compaction models. *Soil and Tillage Research*, v.111, p.54-64, 2010.

MAGALHÃES, W.A; CREMON, N; MAPELI, N.C. et al. Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolosob Bioma Pantanal. *Agrarian*, v.2, n.6, 2009.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; Diogo, L. O.; Ribon, A. A. et al. Resistência do solo à penetração de um Neossolo Quartzarênico cultivado com cana de açúcar sobre a influência da adubação orgânica e mineral. Disponível em <http://www.fundagres.org.br/biossolido/icbro/cbro/Artigos/AGROECOLOGIA/Resistencia%20do%20solo%20a%20penetra%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20neossolo%20quartzarenico%20cultivado%20com%20cana%20de%20a%C3%A7ucar%20sobre%20a%20influencia%20da%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20organica%20e%20mineral.pdf> Acesso em 29 mar. 2013.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M.A.; SOUZA, E.G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1149-1159, 2003.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:197-202, 1999.

MICHELON, C. J. Qualidade física dos solos irrigados do Rio Grande do Sul e do Brasil Central. Santa Maria: UFSM, 2005. 92p. Dissertação Mestrado.

ORLANDO, R. C.; VIEIRA, L. B.; MARCIANO, C. Análise da variabilidade do índice de cone para diferentes níveis de teor de água do solo. Engenharia na Agricultura, v.8, p.182-185, 2000.

PORTZ, G.; SCHOENKNECHT, E.; ALBUQUERQUE, M. et al. Ajuste dos valores obtidos por Resistência a Penetração (índice de cone), em função da Umidade e Densidade do Solo em condições de campo. Disponível em:
<http://www.falker.com.br/artigos/Ajuste_RP_umidade_GustavoPortz.pdf>

Acesso em 12 mai. 2013.

ROQUE, A. A. O.; SOUZA, Z. M.; ARAÚJO, F. S.; SILVA, G. R. V. Atributos físicos do solo e intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob controle de tráfego agrícola. Ciência Rural, Santa Maria, v.41, n.9, p.1536-1542, set, 2011.

SAFFIH-HDADI, K.; DÉFOSSEZ, P.; RICHARD, G.; et al. A method for predicting soil susceptibility to the compaction of surface layers as a function of water content and bulk density. Soil and Tillage Research, v.105, p.96-103, 2009.

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; COSTA, H. S. et al. Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM). Ambiência, v.8 n.2 p. 319 – 331, 2012

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; DA ROS, C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:797-804, 2004.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S. et al. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: II - Quantificação das restrições às funções edáficas do solo em decorrência da compactação prejudicial. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.3, p.414-423, 2010.

SILVA, R.B. da; LANÇAS, K.P.; MIRANDA, E.E.V.; SILVA, F.A.M.; BAIIO, F.H.R. Estimation and evaluation of dynamic properties as indicators of changes on soil structure in sugarcane fields of Sao Paulo State – Brazil. *SoilandTillageResearch*, v.103, p.265-270, 2009.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.921-930, 2006.

USDA, Soil survey manual. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993.437p. (Handbook, 18).

VÁZQUEZ, M.; TERMINIELLO, A.; DUHOUR, A. et al. Efecto del encalado sobre propiedades físicas de un suelo de la pradera pampeana. Asociación con propiedades químicas. *Ciencia Del Suelo (Argentina)* 27(1): 67-76, 2009.

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1271-1280, 2007.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A cultura da cana-de-açúcar é de grande importância para o nosso país. Sendo o Brasil grande representante do setor sucroalcooleiro mundial. Na região Norte Fluminense a cultura também tem grande representatividade, porém faltam investimentos básicos como renovação do canavial, sua sistematização para a colheita mecanizada, irrigação, adubação e controle de plantas daninhas entre outros.

Este trabalho objetivou avaliar o desempenho de três colhedoras de cana-de-açúcar (CASE IH A8800, CASE IH A4000 e John Deere 3520) no município de Campos dos Goytacazes nas operações de colheita nas safras 2011/2012 e 2012/2013. Sendo o trabalho dividido em seis capítulos. O desempenho das colhedoras foi avaliado através do estudo das perdas visíveis, danos às soqueiras na colheita mecanizada, consumo de combustível e resistência do solo a penetração. As colhedoras CASE IH A8800 e John Deere 3520 foram avaliadas em diferentes velocidades de deslocamento.

Após todas as avaliações realizadas nas duas safras pode-se concluir que:

- Avaliando a colhedora Case A8800 tanto ao variar a velocidade de deslocamento e sem esta variação, o tipo de perda predominante foi

pedaço solto e lascas. A porcentagem de perdas totais dessa colhedora é considerada alta, ou seja, maior que 4,5%.

- Com a colhedora Case A4000 o tipo de perda predominante foi rebolo repicado. A porcentagem de perdas totais dessa colhedora é considerada média, ou seja, valor entre 2,5 e 4,5%.
- O tipo de perda predominante ao avaliar a colhedora John Deere foi cana inteira e lascas. A porcentagem de perdas totais dessa colhedora é considerada alta ou seja, maior que 4,5%.
- De modo geral o grau de danos encontrado em maior quantidade ao avaliar as três diferentes colhedoras foi o grau 2 – danos periféricos.
- A variação da velocidade de deslocamento das colhedoras Case A8800 e John Deere 3520 não influenciaram significativamente nas perdas visíveis de matéria-prima e somente a variação da velocidade da primeira colhedora influenciou nos danos às soqueiras. Sendo mais vantajoso utilizar a maior velocidade de deslocamento, pois será possível colher mais em menos tempo de trabalho.
- Quanto à avaliação da resistência do solo a penetração após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar utilizando as colhedoras A8800 e A4000, na área onde se utilizou a colhedora A8800, a resistência do solo à penetração aumentou à medida que aumentou a profundidade do solo, estando as camadas subsuperficiais do solo mais compactadas que a camada superficial. Na área onde se utilizou a colhedora A4000 não houve diferença significativa do índice de cone nas diferentes profundidades do solo, estando todas as camadas com um mesmo nível de compactação. Ao se comparar as duas áreas, constata-se que a área onde se utilizou a colhedora A4000 se apresenta mais compactada que a outra área. Este fato pode estar relacionado ao tipo de rodado da máquina que é de pneu, que causa uma compactação maior no solo. Já o rodado da outra colhedora é de esteira.
- Quanto à avaliação do consumo horário de combustível da colhedora CASE A4000 durante uma operação de colheita constatou-se que o consumo de combustível pela colhedora estava muito acima do recomendado pelo fabricante da colhedora. Causando grande prejuízo para a cooperativa proprietária da máquina.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP – AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO (2014) Levantamento de preços. Disponível em: <www.anp.gov.br/preco/>. Acesso em: 03 de out 2014.

BARBIERI, D. M. (2007). Formas do relevo e variabilidade espacial de atributos químicos e mineralógicos de um argissolo cultivado com cana-de-açúcar. 95 f. (Dissertação de mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal.

BENEDINI, M. S.; BROD, F. P. R.; PERTICARRARI, J. G. (2013) Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada. 2013. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/20144470/1118993118/name/Perdas+de+cana+e+impurezas+vegetais+e+minerais+-+CTC.pdf>>. Acesso em 15 Jul. 2013.

BENEDINI, M. S.; CONDE, A. C. (2008) Espaçamento ideal de plantio para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Revista Coplacana, p. 26-28.

BENEDINI, M.S.; SILVA, A.L. (2010) Perdas de cana na colheita mecanizada. Canavieiros: a força que movimentou o setor. Sertãozinho, v.5, n.48, p.28-31.

CARVALHO, L. S. (2009) Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua na Região da Grande Dourados – MS. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados.

CAVALIERI, K.M.V.; CARVALHO, L.A.; SILVA, et al. (2011) Qualidade física de três solos sob colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35:1541-1549.

CERRI, D. G. P. (2005) Agricultura de precisão em cana-de-açúcar: instrumentação de uma colhedora, mapeamento da produtividade e de atributos do solo. 173f. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Campinas-Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. (2011) Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar, terceiro levantamento, safra 2011/2012. Brasília, 2011. 20 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. (2012) Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar. Segundo levantamento, safra 2012/2013. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_05_09_11_5_9_boletim_cana_portugues_-_agosto_2012_2o_lev.pdf. Acesso em 16 Nov. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. (2013) Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar, segundo levantamento, safra 2013/2014. Brasília, 2013. 19 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. (2013) Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar. Terceiro levantamento, safra 2012/2013. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_4_3_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf>. 23 Fev. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. (2014) Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar, Quarto levantamento, safra 2013/2014. Brasília, 2014. 19 p.

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

DINHEIRO RURAL (2009) Reforço no campo. 2009. Disponível em:
<http://www.terra.com.br/revistadinheirorural/edicoes/60/artigo152939-1.htm>
Acesso em: 30/07/2012.

ECCO, M.; CARVALHO, L. A.; FERRARI, L. P. Variabilidade espacial da resistência do solo a penetração em área cultivada com cana-de-açúcar nasafra 2008/2009. Agrarian, v.5, n.17, p.263-269, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA - Solos. (2003) Levantamento detalhado dos solos da Fazenda Angra - PESAGRO Rio: estação experimental de Campos / Enio Fraga da Silva... [et al.] – Rio de Janeiro. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 38), 93 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (2006) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (2013) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro, 353p.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JUNIOR, V.; CARVALHO, G. J. (2006) Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 113-121.

FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R. et al. (2003) Resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. *Engenharia Agrícola*, v.23, n.3, p.579-587.

G1. (2013) Colheita de cana-de-açúcar começa com atraso em Campos, RJ. Disponível em: <g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2013/05/colheita-de-cana-de-acucar-comeca-com-atraso-em-campos-rj.html>. Acesso em 12 Jun. 2013.

GARCIA, A. P.; ALBIERO, D.; CAPPELLI, N. L.; MACIEL, A. J. S.; UMEZU, C. K. (2006) Avaliação das perdas na colheita de cana-de-açúcar e demanda de potência de uma colhedora de cana inteira. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 35, 2006, João Pessoa. *Anais...* Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola.

GARCIA, R. F.; SILVA, L. S. (2010) Avaliação do corte manual e mecanizado de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ. *Engenharia na agricultura, viçosa - MG*, V.18 N.3, p. 234-240.

KELLER, T.; LAMANDÉ, M. (2010) Challenges in the development of analytical soil compaction models. *Soiland Tillage Research*, v.111, p.54-64.

KNOB, M. J. (2006) Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades. 130f. (DISSERTAÇÃO DE MESTRADO). Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS.

KROES, S. (1997). The cutting of sugarcane. Toowoomba: University of Southern Queensland. 356p. (Tese de Doutorado).

KROES, S.; HARRIS, H.D. (1996) Knockdown causes major damage to cane during harvesting. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONFERENCE, 18. Mackay. *Proceedings...* Brisbane: Watson Ferguson, 1996. p.137-44.

LOPES, A. (2000) Desempenho de um trator agrícola em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento em um solo argiloso. 2000. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LYRA, G. A. (2012) Consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em função da velocidade e rotação de motor. 2012. 53p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; DIOGO, L. O.; RIBON, A. A. et al. (2013) Resistência do solo à penetração de um Neossolo Quartzarênico cultivado com cana de açúcar sobre a influência da adubação orgânica e mineral. Disponível em: <<http://www.fundagres.org.br/biossolido/icbro/cbro/Artigos/AGROECOLOGIA/Resistencia%20do%20solo%20a%20penetra%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20neossolo%20quartzarenico%20cultivado%20com%20cana%20de%20a%C3%A7ucar%20sobre%20a%20influencia%20da%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20organica%20e%20mineral.pdf>> Acesso em 29 mar. 2013.

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

MAGALHÃES, W.A; CREMON, N; MAPELI, N.C. et al. (2009) Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. *Agrarian*, v.2, n.6.

MANHÃES, C. M. C. M.; GARCIA, R. F.; CORREA JÚNIOR, D.; FRANCELINO, F. M. A.; VASCONCELOS JÚNIOR, J. F. S.; FRANCELINO, H. O. (2013) Aproveitamento máximo. *Cultivar Máquinas, Pelotas*, v. 12, n. 133, p. 6-8.

MANHÃES, C.M.C., GARCIA, R.F., CORREA JÚNIOR, D., FRANCELINO, F.M.A., VASCONCELOS JÚNIOR, J.F.S. FRANCELINO, H.O. (2013) Perdas quantitativas e danos às soqueiras na colheita de cana-de-açúcar no Norte Fluminense. *Vértices, Campos dos Goytacazes*, 15, 63-74.

MANHÃES, C.M.C., GARCIA, R.F., CORREA JÚNIOR, D., FRANCELINO, F.M.A., FRANCELINO, H.O., SANTOS, C. M. F. G. (2014) Evaluation of visible losses and damage to the ratoon cane in the mechanized harvesting of sugarcane for different displacement speeds. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2956-2964.

MELLO, R. C. (2005) Influência do formato e velocidade da lâmina nas forças de corte para cana-de-açúcar. *Acta Scientiarum Agronomy, Maringá*, v. 27, n. 4, p. 661-665.

MELLO, R.C.; HARRIS, H. (2003) Desempenho de cortadores de base para colhedoras de cana-de-açúcar com lâminas serrilhadas e inclinadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v. 7, n. 2, p. 355-358.

MENEGOTTI, L. A. A.; MOLIN, J. P. (2004). A cana e a agricultura de Precisão. *Idea News*, N.43, p.18-23.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M.A.; SOUZA, E.G. (2003) Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1149-1159.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. (1999) Wheat root growth as affected by soil strength. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23; 197-202.

MICHELON, C. J. (2005) Qualidade física dos solos irrigados do Rio Grande do Sul e do Brasil Central. Santa Maria: UFSM, 92p. Dissertação Mestrado.

MORAES, E.E. (1992) Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e impurezas vegetais na colheita mecanizada. 124 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas.

MUNDIM, D. A.; PELISSARI, H. N. T.; PEREIRA, F. J. S. Panorama da colheita mecanizada de cana-de-açúcar E seu impacto no manejo da cultura. Nucleus, edição especial, p. 79-94, 2009.

NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; MORAES, E.E.; ARAÚJO, F. (2003) Avaliação de perdas invisíveis de cana-de-açúcar nos sistemas da colhedora de cana picada. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p.539-46.

NEVES, J. L. M.; MAGALHÃES, P. S. G.; OTA, W. M. (2004) Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p. 764-70.

NEVES, J. L. M.; MAGALHÃES, P. S. G.; MORAES, E. E.; ARAÚJO, F. V. M. (2006) Avaliação de perdas invisíveis na colheita mecanizada em dois fluxos de massa de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola. , v.26, p.787 - 794.

NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIODEROLI, C. A.; SANTOS, E. P.; CÁSSIA, M. T. (2011) Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. Bragantia, Campinas, v.70, n.4, p. 931-938.

ORLANDO, R. C.; VIEIRA, L. B.; MARCIANO, C. (2000) Análise da variabilidade do índice de cone para diferentes níveis de teor de água do solo. Engenharia na Agricultura, v.8, p.182-185.

PORTZ, G.; SCHOENKNECHT, E.; ALBUQUERQUE, M. et al. (2013) Ajuste dos valores obtidos por Resistência a Penetração (índice de cone), em função da Umidade e Densidade do Solo em condições de campo. Disponível em: <http://www.falker.com.br/artigos/Ajuste_RP_umidade_GustavoPortz.pdf> Acesso em 12 mai. 2013.

RAMOS, C. R. G., LANÇAS, K. P., LYRA, G. A., SANDI, J., MILLANI, T. M. (2014) Qualidade da colheita mecanizada da cana-de-açúcar em diferentes velocidades de deslocamento. In: XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, 2014, Campo Grande/MS. Anais. Campo Grande/MS.

RANGEL, J. J. A.; FRANCISCO, L. E. S.; NOGUEIRA, V. P.; VIANNA, D. S.; MEZA, E. B. M. (2009) Modelo de Simulação para o Sistema de Corte, Carregamento e Transporte de Cana-de-açúcar um estudo de caso no estado do Rio de Janeiro. Vértices (Campos dos Goytacazes), v.11.

REIS, G. N. (2009) Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base. 89f. (Tese de doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal.

REIS, G. N.; CALAFANGE, A.; BARRETO, A. K. G.; SILVA, R. P.; TOLEDO, A. (2010) Onde se perde. Cultivar Máquinas, Pelotas, v. 10, n. 97, p. 34-36.

RIPOLI, T. C. C. (1996) Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G (Org.). Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, 1996. cap.13, p.635-73.

RIPOLI, T.C.; FURLANI NETO, V.L.; NOVA, J. (1996) Colheita Mecânica: perdas de matéria-prima em canaviais com e sem queima prévia. STAB, Piracicaba, v.14, n.10, p.19-24.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; de LEÓN, M.J.; PIEDADE, S.M.S. (1999) Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua em função da velocidade de avanço. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v19, n.2, p.199-207.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; MOLINA JUNIOR, W. F.; RIPOLI, M.L.C. (2001) Operation and economic performance of a green cane chopped harvester in Brazil. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2001, Sacramento. Proceedings... St. Joseph: ASAE.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009. 333 p.

ROQUE, A. A. O.; SOUZA, Z. M.; ARAÚJO, F. S.; SILVA, G. R. V. Atributos físicos do solo e intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob controle de tráfego agrícola. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.41, n.9, p.1536-1542, set, 2011.

ROSA, E. J.; JOSÉ, J. V.; SALVESTRO, A. C.; GAVA, R. (2009) Perdas visíveis de cana-de-açúcar em colheita mecanizada. In: VI Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 2, Maringá. Anais. Maringá – Paraná: EIPCC.

SAEG (2007) Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa.

SAFFIH-HDADI, K.; DÉFOSSEZ, P.; RICHARD, G.; et al. (2009) A method for predicting soil susceptibility to the compaction of surface layers as a function of water content and bulk density. *Soil and Tillage Research*, v.105, p.96-103.

SALVI, J.V. (2006) Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar. 89f. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba.

SALVI, J.V.; MATOS, M.A.; MILAN, M. (2007) Avaliação do desempenho de dispositivo de cortes de base de colhedora de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.1, p.201-209.

SANTOS, N. B. (2011) Identificação dos fatores críticos da colheita mecanizada da cana-de-açúcar. Piracicaba, SP. Dissertação de mestrado.

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

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; COSTA, H. S. et al.(2012) Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM). *Ambiência*, v.8 n.2 p. 319 – 331.

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

SCHOGOR, A. L. B.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B.; MURARO, J. O. SARTURI; MATOS, B. C. (2009) Perdas das frações de cana-de-açúcar submetida a diversos métodos de colheita. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p. 1443-1450.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; DA ROS, C.O. (2004) Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:797-804, 2004.

SEGATO, S.V.; DAHER, F. (2011) Perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua sob velocidades de deslocamento da colhedora. *Nucleus*, v.8, p. 315-326.

SEKI, A. S. (2007) Demanda energética no processo de ensilagem de milho. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S. et al. (2010) Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: II - Quantificação das restrições às funções edáficas do solo em decorrência da compactação prejudicial. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.3, p.414-423.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. (2006) Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.921-930.

SILVA, R. P.; CORRÊA, C. F.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. (2008) Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.2, p. 292-304.

SILVA, F. I. C.; GARCIA, A. (2009) Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: Histórico e análise. Nucleus, v.6, n.1, abr. p. 233-247.

SILVA, R.B. da; LANÇAS, K.P.; MIRANDA, E.E.V.; SILVA, F.A.M.; BAIÓ, F.H.R. (2009) Estimation and evaluation of dynamic properties as indicators of changes on soil structure in sugarcane fields of Sao Paulo State – Brazil. Soil and Tillage Research, v.103, p.265-270.

SILVA, R. C.; FIGUEIREDO, Z. N.; CALDEIRA, D. S. A. (2013) Quantificação das perdas visíveis na colheita mecanizada de cana-de-açúcar In: Congresso de Iniciação Científica, 5ª. (JC), 2013, Cáceres/MT. Anais... Cáceres/MT: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG. Vol. 8.

UNICA (UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO). (2012) Disponível em: <http://www.unica.com.br/noticias/>. Acesso em 12 de janeiro de 2012.

USDA (1993) Soil survey manual. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993.437p. (Handbook, 18).

VÁZQUEZ, M.; TERMINIELLO, A.; DUHOUR, A. et al. (2009) Efecto del encalado sobre propiedades físicas de um suelo de La pradera pampeana. Asociación con propiedades químicas. Ciencia Del Suelo (Argentina) 27(1): 67-76.

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. (2007) Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1271-1280.