

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**DESEMPENHO OPERACIONAL E DANOS NA SOQUEIRA DA  
CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DOIS SISTEMAS DE  
COLHEITA**

**BRAIAM RAIELL GOMES  
CAMILLA MISSIO**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2013**

**DESEMPENHO OPERACIONAL E DANOS NA SOQUEIRA  
DACANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DOIS SISTEMAS DE  
COLHEITA**

BRAIAM RAIELL GOMES  
CAMILLA MISSIO  
Engenheiros Agrícolas

Orientador: PROF. DR. CRISTIANO MÁRCIO ALVES DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal da  
Grande Dourados, como parte das  
exigências para conclusão do curso de  
Engenharia Agrícola.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2013

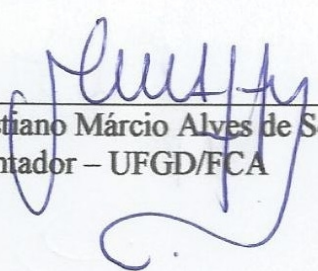
**DESEMPENHO OPERACIONAL E DANOS NA SOQUEIRA DA CANA-  
DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DOIS SISTEMAS DE COLHEITA**

Por

**Braiam Raiell Gomes  
Camilla Missio**

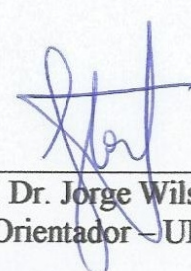
**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA**

Aprovado em: 18/12/2013



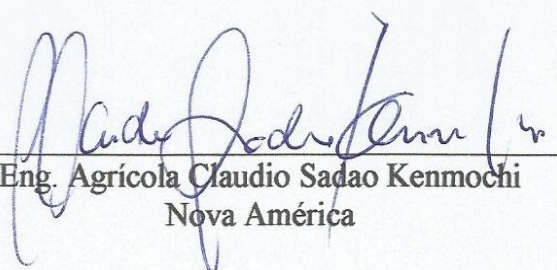
---

**Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza**  
Orientador – UFGD/FCA



---

**Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez**  
Co-Orientador – UFGD/FCA



---

**Eng. Agrícola Claudio Sadao Kenmochi**  
Nova América

## **AGRADECIMENTOS**

À UFGD, pela estrutura física e pessoal do curso de Engenharia Agrícola.

À empresa Nova América Agrícola LTDA, pelo apoio e disponibilidade de oferecer-nos a infraestrutura para execução do recolhimento de dados para o projeto.

Ao supervisor de operações agrícolas Ângelo Luchini Euzebio e ao supervisor Claudio Sadao Kenmochi, pela confiança, incentivo e conhecimentos transmitidos.

Ao coordenador Alessandro Rodrigues Chaves e a sua equipe, pelo apoio concedido na realização do trabalho de campo e a disponibilidade em nos atender.

Ao orientador Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza, que teve a paciência de nos auxiliar, incentivar e colaborar com opiniões e sugestões técnicas para o desenvolvimento do trabalho.

Ao co-orientador Jorge Wilson Cortez, que esteve sempre presente nos auxiliando em tomadas de decisões e opiniões sobre a elaboração e execução do trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução do trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	4
2.1. Determinação do porte do canavial.....	4
2.2. Determinação da Produtividade .....	5
2.3. Análise do Desempenho Operacional .....	6
2.4. Determinação de perdas na colheita.....	8
2.5. Danos à soqueira .....	9
2.6. Análises estatísticas dos dados .....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
3.1. Porte do canavial e produtividade.....	12
3.2. Desempenho operacional.....	13
3.3. Perdas e danos à soqueira na colheita .....	15
4. CONCLUSÕES .....	18
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19

## RESUMO

GOMES, Braiam Raiell e MISSIO, Camilla, Engenheiros Agrícolas, Universidade Federal da Grande Dourados, dezembro de 2013. **Desempenho operacional e danos na soqueira da cana-de-açúcar submetida a dois sistemas de colheita.** Orientador: Cristiano Márcio Alves de Souza. Co-orientador: Jorge Wilson Cortez.

O uso do dispositivo Policana na colheita da cana-de-açúcar tem sido indicado por gerar um acréscimo no volume de cana processada pela colhedora por unidade de tempo, incrementando o rendimento da colhedora, entretanto não se conhece em que proporção se aumenta e quais os danos na soqueira e perdas quantitativas provocadas devido a sua adoção. Assim, objetivou-se avaliar o desempenho operacional e os danos provocados na soqueira utilizando dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar, sendo o primeiro sistema constituído por colhedora autopropelida e o segundo por um conjunto formado por colhedora autopropelida com o dispositivo Policana 2L. Os testes de campo foram executados em área comercial da Empresa Agrícola Nova América, localizada no município da Caarapó-MS. A variedade colhida foi a SP83-2847, sem queima prévia, em 4º corte, com espaçamento de 1,4 m. A colheita foi realizada em áreas com diferentes produtividades da cana-de-açúcar. Para analisar os dados obtidos nos testes de desempenho operacional dos dois sistemas de colheita foi adotado o intervalo de confiança, utilizando-se o teste t, a 5% de probabilidade. Para avaliar as perdas na colheita e danos à soqueira foi montado um experimento no delineamento inteiramente casualizado, onde se estudou os dois sistemas de colheita, utilizando-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Foi avaliado o desempenho operacional determinando-se as capacidades de campo efetiva e operacional, o rendimento de campo, o consumo de combustível por área e por tonelada colhida, as capacidades de manipulação efetiva e operacional bruta e a eficácia de manipulação. As perdas quantitativas determinadas foram a perda de tocos, de cana inteira, de cana ponta, de toletes, de estilhaço e de pedaços. Os danos na soqueira foram determinados e classificados em sem e com danos periféricos, em rachados e em fragmentados. A colheita feita usando o sistema de colheita com a Colhedora e o dispositivo Policana 2L proporcionou maiores capacidades de campo e capacidades de manipulação e

menor consumo de combustível por área, enquanto manteve-se semelhante o consumo de combustível por tonelada de cana colhida, o rendimento operacional e a eficácia de manipulação. As perdas na colheita da cana-de-açúcar e os danos provocados à soqueira da planta mantiveram-se semelhantes entre os dois sistemas de colheita estudados. O uso do dispositivo Policana 2L acoplado à colhedora durante a colheita da cana foi capaz de proporcionar aumento de 14,7% nas capacidades de trabalho da máquina.

**Palavras-chave:** colhedora de cana, corte de base, perdas e mecanização agrícola

## ABSTRACT

GOMES, Braiam Raiell e MISSIO, Camilla, Agricultural Engineers, Federal University of Grande Dourados, December 2013. **Operational performance and damage to the sugarcane ratoon submitted to two harvest systems.** Adviser: Cristiano Marcio Alves de Souza. Committee Member: Jorge Wilson Cortez.

The use of the Policana device for crop of sugar cane generates an increase in the volume of sugar cane processed by the machine per unit time, increasing the capacity of the harvester. Aimed to evaluate operational performance and damage to the ratoon of two systems to harvest sugar cane, the first self-propelled harvester and the second formed by self-propelled harvester with Policana 2L device. The field tests were performed at the Agricultural Company New American commercial area, located in the city of Caarapó - MS. The variety harvested was SP83 - 2847, without burning, fourth cut, with spacing of 1.4 m. To evaluate the operational performance, losses and damages to the ratoon, was performed analysis of the confidence interval using the t test at 5 % probability. The harvest done using normal harvest with the Harvester and Policana 2L device provided higher field capacities and capabilities of handling and lower fuel consumption per area, while remained similar fuel consumption per ton of cane harvested, yield operating efficiency and handling. Crop losses of cane sugar and the damage caused to the ratoon plant remained similar between the two harvesting systems studied. The use of Policana 2L device coupled to the harvester during harvesting of sugarcane was able to deliver 14.7% increase in the capabilities of the machine work.

**Keywords:** sugarcane harvester, base cutter, losses and agricultural mechanization



## 1. INTRODUÇÃO

Introduzida no período colonial, a cana-de-açúcar se transformou em uma das principais culturas da economia brasileira. O Brasil não é apenas o maior produtor de cana, é também o primeiro do mundo na produção de açúcar e etanol, sendo responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo, e conquista, cada vez mais, o mercado externo com o uso do biocombustível como alternativa energética (MAPA, 2013).

A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 está estimada em 8.810,79 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores conforme suas características. O estado de Mato Grosso do Sul é o quinto maior produtor de cana-de-açúcar do país (CONAB, 2013).

Para a temporada 2013/14, a cultura da cana-de-açúcar continua em expansão. A previsão é que o Brasil tenha um acréscimo em área de cerca de 326 mil hectares, equivalendo a 3,8% em relação à safra 2012/13. O acréscimo é reflexo do aumento de área da região Centro-Sul. A região Norte/Nordeste praticamente se mantém com a mesma área para a próxima safra. São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais deverão ser os estados com maior acréscimo de áreas com 132,6 mil hectares, 92,5 mil hectares, 81,4 mil hectares e 58,0 mil hectares, respectivamente. Este crescimento se deve à expansão de novas áreas de plantio e principalmente das novas usinas em funcionamento que estão consolidando suas áreas (CONAB, 2013).

O Estado de Mato Grosso do Sul (MS) possui o maior índice de mecanização do País, com 611 mil hectares colhidos mecanicamente ante 650 mil hectares plantados, o que representa que 94% da área cultivada são colhidas por meio de máquinas (BIOSUL, 2013).

Atualmente, a principal destinação da cana-de-açúcar cultivada no Brasil é a fabricação de açúcar e álcool. O setor sucroalcooleiro é parte importante do agronegócio brasileiro, além de ser referência para os demais países produtores de açúcar e álcool. A cana-de-açúcar é a matéria-prima que permite os menores custos de produção de açúcar e álcool, devido à energia consumida no processo ser produzida a partir dos seus próprios co-produtos (MAPA, 2007).

O sistema de colheita mecanizado é considerado um dos mais importantes no processo de produção devido aos custos de operação, a influência na qualidade da matéria-prima e a necessidade de se manter um fluxo constante para atender a demanda da usina. Para a colheita mecanizada são empregadas colhedoras autopropelidas que cortam, fracionam, limpam e carregam em veículos de transbordo ou diretamente nos veículos de transporte (SANTOS, 2011). A colheita mecanizada da cana-de-açúcar necessita de mão-de-obra especializada, aliada à busca por rendimentos satisfatórios, menores perdas e custos na colheita.

De acordo com Rosa (2013), a capacidade de trabalho de máquinas e dispositivos agrícolas pode ser expressa pela quantidade de trabalho realizada perante determinada unidade de tempo, e no caso de colhedoras a quantidade de trabalho realizada deve ser aferida a partir da quantidade de produto colhido.

O desempenho operacional é um complexo conjunto de informações que definem, em termos qualitativos e quantitativos, os atributos da maquinaria agrícola quando executam operações sob determinadas condições de trabalho (MIALHE, 1974).

O Policana 2L é um dispositivo auxiliar de corte de base, acoplável nas laterais das colhedoras de cana, promovendo o corte e acomodação de uma segunda linha de cana além da linha que normalmente alimentaria a colhedora (TICIANEL, 2013). O dispositivo é desenvolvido e fabricado pela empresa FCN Tecnologia, com sede em Piracicaba.

O uso do dispositivo Policana 2L na colheita da cana-de-açúcar gera um acréscimo do volume de cana processada pela máquina por unidade de tempo, aumentando o rendimento da colhedora. Entretanto, a utilização do dispositivo pode provocar perdas no campo devido ao corte inadequado, por dificuldade em acompanhar o perfil do terreno de maneira eficiente, podendo realizar o corte acima da altura desejada ou até mesmo danificando a soqueira, além de elevar o índice de impurezas na matéria-prima.

No corte mecanizado de cana-de-açúcar, os cortadores de base exercem influência direta nas perdas e na contaminação da matéria-prima com o solo, bem como nos possíveis danos causados à soqueira (VOLPATO et al., 2002).

Segundo Volpato (2001), o cortador de base se mal manuseado pode provocar danos na soqueira, causar perdas de matéria-prima, redução do número de colmos e da qualidade tecnológica da cana colhida.

As perdas são constituídas de massa deixada no campo, e a população de colmos é reduzida por duas maneiras: soqueiras destruídas ou removidas mecanicamente e por deterioração, devido aos danos por cisalhamento dos tocos, o que facilita o ataque de pragas e doenças. A cana colhida tem sua qualidade tecnológica reduzida, por rebolos fragmentados sujeitos a contaminação e a incorporação de terra, caso as lâminas dos discos dos cortadores trabalhem em contato ou abaixo da superfície do solo, e se o sistema radicular de soqueiras arrancadas for carregado com a cana. O mesmo se aplica ao sistema de corte do dispositivo Policana 2L.

Dentre as perdas quantitativas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua, são destacadas as perdas do tipo: toco, cana ponta, cana inteira, toletes, 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).

Desta maneira, a quantificação do desempenho operacional e das perdas quantitativas de cana é indispensável para auxiliar no planejamento e no gerenciamento do processo de colheita mecanizada com qualidade e executabilidade.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho operacional, as perdas quantitativas e os danos na soqueira de dois sistemas para colheita de cana-de-açúcar, sendo o primeiro sistema constituído por uma colhedora autopropelida e o segundo por um conjunto formado por uma colhedora autopropelida e o dispositivo Policana 2L.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), e os testes de campo foram executados em Julho de 2013 em área comercial da Empresa Agrícola Nova América, localizada no município da Caarapó-MS, com coordenadas geográficas: latitude 22°37'17"S e longitude 54°44'5"O. O tipo de solo da área usada nos testes é o Latossolo Vermelho Distroférrico e a colheita ocorreu sem queima prévia do canavial, sendo a cana-de-açúcar colhida da variedade SP 832847, no 4º corte de colheita. A variedade da cana utilizada destaca-se pela sua alta produtividade, ótima brotação das soqueiras e bom perfilhamento.

A colhedora utilizada foi da marca John Deere, modelo 3520, e o dispositivo foi da marca da FCN Tecnologia, modelo Policana 2L (Figura 1). A colhedora trabalhou com velocidade entre 5,5 e 6,0 km h<sup>-1</sup>, rotação do extrator de 700 rpm e largura de corte de 1,4 m, devido ao espaçamento da cana no talhão e pela colhedora ter capacidade de colher apenas uma linha. A colhedora com o dispositivo Policana 2L acoplado trabalhou com velocidade entre 3,0 e 4,0 km h<sup>-1</sup>, rotação do extrator 823 rpm e largura de corte de 2,8 m, pois promove o corte e a acomodação de uma segunda linha de cana sobre aquela que será a próxima a ser colhida pela colhedora. Ambos os sistemas colheram com o cortador de base em ângulo de 17°.

### 2.1. *Determinação do porte do canavial*

Para a caracterização dos canaviais quanto ao porte, foi adotada a metodologia proposta por Ripoli (1996), que utiliza a posição dos colmos em relação ao terreno para definir o porte do canavial, que pode então ser definido como ereto, acamado e deitado, de acordo com o ângulo formado entre o colmo e a superfície do terreno, em que:

- Porte ereto: ângulo maior ou igual a 45°
- Porte acamado: ângulo entre 22,5° e 45°
- Porte deitado: ângulo abaixo de 22,5°

Para a determinação do porte do canavial nas áreas, utilizou-se um triângulo retângulo (Figura 2), com amostragens feitas ao acaso e em diferentes

fileiras de plantio, tomando-se 20 amostras e dispendo-se o triângulo retângulo padrão longitudinalmente à fileira de plantio na distância de um metro.



FIGURA 1. Colhedora e dispositivo Policana 2L.



FIGURA 2. Triângulo retângulo utilizado para determinação do porte do canavial.

## 2.2. *Determinação da produtividade*

A produtividade foi determinada simultaneamente com os quatro testes dos sistemas (colhedora e colhedora + Policana 2L), sendo que foram feitas três

amostragens por teste, que foram pesadas utilizando uma balança com 0,001 kg de resolução, e a média das amostras foi utilizada para determinar a produtividade da área no momento em que estava sendo feito cada teste.

### 2.3. *Análise do desempenho operacional*

O desempenho operacional de um sistema de colheita pode ser avaliado analisando fatores como as capacidades de campo efetiva e operacional, o rendimento de campo, o consumo de combustível, as capacidades de manipulação efetiva e operacional brutas e a eficácia de manipulação (MIALHE, 1974).

A capacidade de campo efetiva de corte é a relação entre a área trabalhada pela máquina medida durante certo intervalo de tempo, e foi determinada pela equação que segue:

$$CcE = \frac{A}{T} \quad (1)$$

em que,

CcE - capacidade de campo efetiva do corte mecânico (ha h<sup>-1</sup>);

A - área colhida (ha);

T - tempo da máquina em operação de colheita (h).

A capacidade de campo operacional do corte mecânico foi determinada como segue:

$$Cco = \frac{A}{Tm} \quad (2)$$

em que,

Cco - capacidade de campo operacional do corte mecânico (ha h<sup>-1</sup>);

Tm - tempo da máquina em funcionamento (h).

O rendimento de campo efetivo indica as perdas de capacidade na área trabalhada em função dos tempos consumidos em preparo da máquina e interrupção durante a jornada de trabalho (MIALHE, 1974). O rendimento de campo foi determinado utilizando a Equação 3.

$$R_c = 100 \cdot \frac{C_{co}}{C_{cE}} \quad (3)$$

em que,

$R_c$  - rendimento de campo (%).

Por meio da capacidade de campo efetiva e consumo horário de combustível se determinou o consumo de combustível por área trabalhada (MAZETTO, 2008), de acordo com a equação que segue:

$$CCa = \frac{Ch}{C_{cE}} \quad (4)$$

em que,

$CCa$  - consumo de combustível por área ( $L ha^{-1}$ );

$Ch$  - consumo horário de combustível ( $L h^{-1}$ ).

O consumo de combustível por tonelada de cana colhida foi determinado por meio da seguinte equação:

$$CT = \frac{CCa}{P} \quad (5)$$

em que,

$CT$  - consumo de combustível por tonelada de cana colhida ( $L t^{-1}$ );

$P$  - produtividade do canavial ( $t ha^{-1}$ ).

A capacidade de manipulação efetiva bruta foi determinada por meio da seguinte equação:

$$C_{meb} = \frac{m}{T} \quad (6)$$

em que,

$C_{meb}$  - capacidade de manipulação efetiva bruta ( $t h^{-1}$ );

$m$  - massa de rebolos de colmos colocados na unidade de transporte (t).

A capacidade de manipulação operacional bruta foi determinada por meio da Equação 7:

$$C_{mob} = \frac{m}{T_m} \quad (7)$$

em que,

$C_{mob}$  - capacidade de manipulação operacional bruta ( $t h^{-1}$ ).

A eficácia de manipulação dos dois sistemas com a colhedora de cana foi determinada pela relação existente entre a quantidade de colmos disponíveis na linha de colheita e a quantidade de rebolos colocados na unidade de transporte, conforme a seguinte equação:

$$E_m = 100 \cdot \frac{m}{m_c} \quad (8)$$

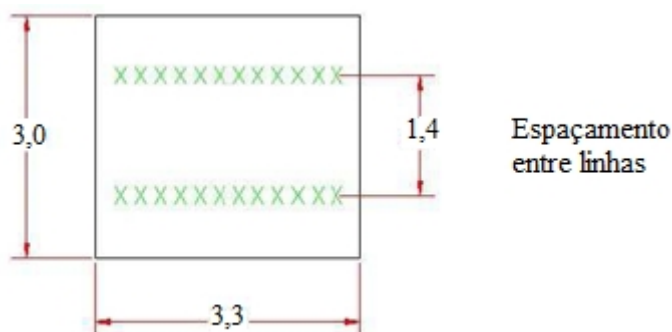
em que,

$E_m$  - eficácia de manipulação (%);

$m_c$  - massa de colmos existentes na linha de colheita (t).

#### 2.4. Determinação de perdas na colheita

Para a amostragem das perdas seguiu-se a metodologia proposta pelo CTC (BENEDINI et al., 2013), que adota uma parcela de 10 m<sup>2</sup> (Figura 3) abrangendo duas fileiras de cana (3,3 m x 3,0 m = 2 linhas de 1,4m).



Fonte: (BENEDINI et al., 2013).

FIGURA 3. Demonstrativo do esquema de amostragem.

As perdas foram calculadas de forma absoluta (t ha<sup>-1</sup>), multiplicando-se o valor final em peso por 1.000, para passar de uma área de 10 m<sup>2</sup> para uma de 10.000 m<sup>2</sup>. Para determinar a porcentagem de perdas, dividiu-se o valor da perda pela produtividade, conforme segue:

$$Pd = 100 \cdot \frac{m_p}{P_{rod}} \quad (9)$$

em que,

$Pd$  - perdas de rebolos de cana (%);



$m_p$  - massa de cana perdida durante a colheita ( $t\ ha^{-1}$ ).

Na área demarcada, as perdas de cana foram coletadas, separadas e pesadas da seguinte forma:

- Tocos - pedaço de colmo preso à soqueira, acima do solo e menor que 20 cm. Acima desse tamanho é considerado pedaço.
- Cana Inteira - pedaço de cana igual ou maior que 2/3 do tamanho normal da cana do canavial avaliado, podendo ou não estar presa às raízes.
- Cana Ponta - pedaço de cana agregada ao ponteiro. A retirada de cana ponta é feita quebrando-se manualmente o colmo no ponto de menor resistência.
- Toletes - pedaço de cana esmagado ou não com corte característico do facão picador ou corte de base, em ambas as extremidades.
- Estilhaço - São fragmentos de cana totalmente dilacerados.
- Pedacos - variações de cana que não se encaixam nas definições anteriores, considerados sem as características de toco, cana inteira, tolete, estilhaço e cana ponta.

Para efeito de comparação, levantou-se a participação das perdas de acordo com as categorias apresentadas anteriormente (tolete, cana inteira, estilhaço, pedaço, toco e cana ponta). A participação foi expressa em porcentagem e permite a identificação de onde as perdas são originadas.

Após a obtenção dos índices de perdas, foi feita a classificação dos resultados em perda alta, média ou baixa, de acordo com os valores médios apresentados a seguir (Quadro 1).

QUADRO 1. Classificação das perdas

Categoria/nível	Perdas (%)
Baixo	< 2,5
Médio	2,5 < 4,5
Alto	> 4,5

Fonte: Benedini et al. (2013).

## 2.5. Danos à soqueira

Para a determinação dos danos causados à soqueira, foram tiradas 10 fotografias em cada sistema (Colhedora e Colhedora com Policana), a câmera foi

posicionada a 1 m de altura, em posição perpendicular ao terreno, simulando a visada zênite-nadir de um satélite. A câmera utilizada é da marca Panasonic com resolução de 10 megapixels. A avaliação dos cortes basais, nas soqueiras, realizados pela colhedora de cana-de-açúcar e pela colhedora com o dispositivo Policana 2L, foram feitas em áreas demarcadas de 0,28 ha, com 56 m de largura e 50 m de comprimento, divididas em 10 pontos, espaçadas de 14 x 50 m.

Em seguida as fotos foram avaliadas visualmente, de acordo com os danos provocados pelo mecanismo de corte basal da colhedora, e o corte do dispositivo Policana 2L, seguindo-se a classificação proposta por Kroes (1997), descrita por Reis (2009), conforme apresentada na Figura 4.


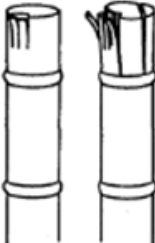
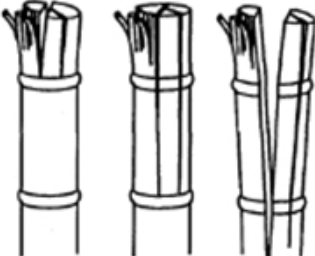
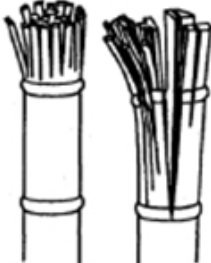
<b>Classificação de danos</b>	<b>Limite superior</b>
Sem dano	
Danos periféricos	
Rachado	
Fragmentado	

FIGURA 4. Classificação dos danos às soqueiras. Fonte: Reis (2009).

## **2.6. *Análises estatísticas dos dados***

Para avaliar o desempenho operacional dos dois sistemas de colheita, foi feita uma análise de intervalo de confiança, utilizando-se o teste t, a 5% de probabilidade, para determinar o desvio padrão da média dos parâmetros e identificar se a diferença entre os sistemas seria relevante.

Para avaliar as perdas e danos à soqueira na colheita foi montado um experimento no delineamento inteiramente casualizado, onde estudou-se dois sistemas de colheita, com 4 repetições para seis categorias de perdas e 10 repetições para quatro categorias dos danos à soqueira. Os dados obtidos dos testes de perdas foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas utilizando-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. *Porte e produtividade do canavial*

A avaliação do porte do canavial foi feita separadamente e o resultado expresso em porcentagem definido como ereto, acamado e deitado (Quadro 2), tanto para a colheita usando a colhedora quanto para a colheita usando o dispositivo Policana 2L.

QUADRO 2. Categorias do porte do canavial (%) para os dois sistemas de colheita

Porte	Colhedora e Policana 2L	Colhedora
Ereto	50	45
Acamado	45	50
Deitado	5	5

Os dados indicam que o canavial colhido pelo sistema de colheita usando a colhedora, caracterizou-se como acamado, ou seja, 50% dos colmos amostrados apresentaram ângulos entre 22,5 e 45°. Enquanto na colheita com a colhedora e o dispositivo Policana 2L, o canavial apresentou porte ereto (>45°).

O porte do canavial pode interferir diretamente na porcentagem de perda na colheita, pois o acamamento dos colmos atrapalha o recolhimento da touceira. Segundo Salvi (2006), as características morfológicas e fisiológicas das variedades interferem no corte mecânico de cana. As colhedoras operam melhor em canas eretas, vigorosas e de sistema radicular profundo. As canas eretas facilitam o corte de base e da ponteira, proporcionando menores perdas em canas não cortadas e melhor limpeza. Caso a cana possua sistema radicular superficial e não seja vigorosa, pode ocorrer um corte imperfeito ou um corte dilacerante, causando danos à soqueira prejudicando a próxima brotação e tornando a soqueira mais susceptível a infecção.

A análise descritiva dos dados de produtividade (Quadro3) apresenta os valores médios e o coeficiente de variação sendo que de acordo com a classificação de Warrick e Nielsen (1980), em que variabilidade baixa possui ( $CV < 12\%$ ), média ( $12 < CV < 62\%$ ) e alta ( $CV > 62\%$ ) em análises de campo, as amostras apresentaram variabilidade média, com isso é possível considerar que a média represente toda área definida para cada repetição.

QUADRO 3. Análise descritiva da produtividade referente aos dois sistemas de colheita

Parâmetros	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	
	Colhedora c/ Policana 2L	Colhedora
Média	75,90	62,11
Mediana	76,40	53,78
Desvio-padrão	11,76	23,88
Variância	138,29	570,27
Mínimo	63,26	44,18
Máximo	87,51	96,68
CV(%)	15,49	38,45

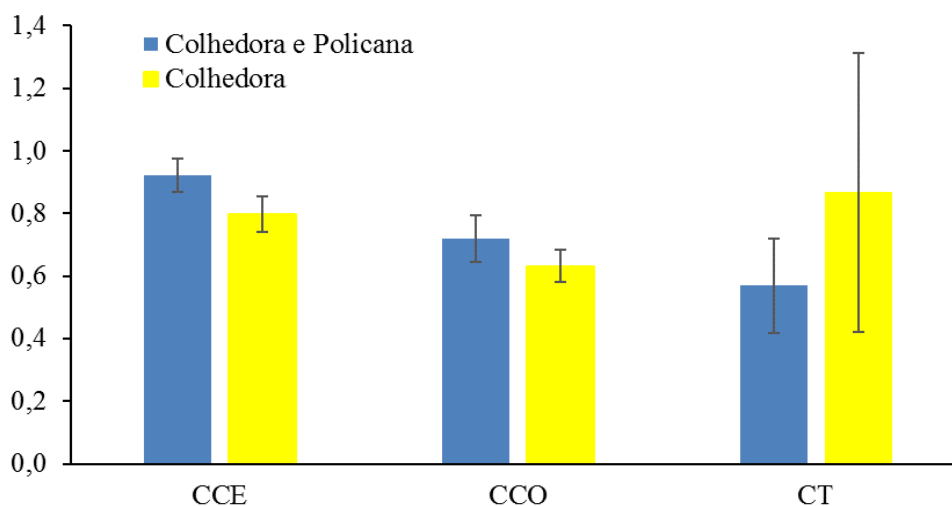
Os valores médios de produtividade foram utilizados para que se pudesse fazer a análise do desempenho operacional e das perdas dos dois sistemas de colheita, podendo assim compará-los para identificar os gargalos dos sistemas.

### 3.2. *Desempenho operacional*

Quando a colheita foi executada utilizando o sistema da colhedora com o dispositivo Policana 2L, a capacidade de campo efetiva (CCE), a capacidade de campo operacional (CCO) e as capacidades de manipulação efetiva bruta (CMEB) e operacional bruta (CMOB) apresentaram maiores valores do que quando se usou somente a colhedora, enquanto o consumo de combustível por área (CCA) foi menor e o consumo de combustível por tonelada de cana colhida (CT) manteve-se semelhante (Figura 5 e 6). Era de se esperar que o sistema com o Policana 2L apresenta-se maiores capacidades de trabalhos, entretanto a diferença entre os dois sistemas não ultrapassou 14,7%, por haver a necessidade de se reduzir a velocidade de trabalho da máquina.

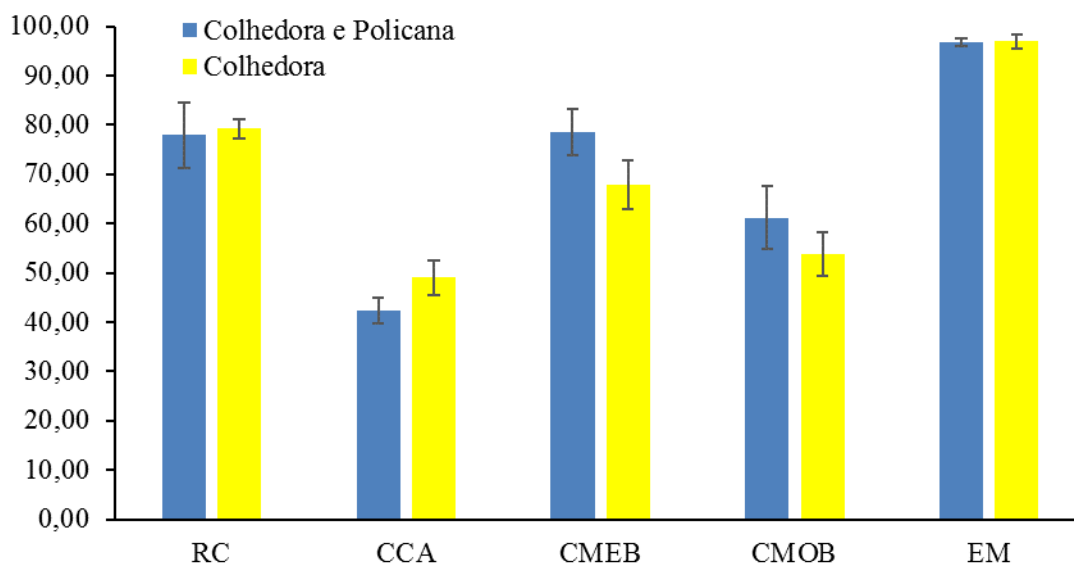
Analisando os índices indicadores da eficiência dos dois sistemas de colheita, pode-se verificar que não houve variação do rendimento de campo e da eficácia de manipulação (Figura 5 e 6). O fato do rendimento de campo e da eficácia de manipulação do sistema com a colhedora terem sido semelhantes ao sistema com o dispositivo Policana 2L, pode ser explicado devido o acoplamento do dispositivo

não alterar efetivamente o tempo de manobra da máquina e de interrupção da operação, durante os testes de campo.



\* Intervalo de confiança pelo teste t, a 5% de probabilidade.

FIGURA 5. Média e desvio padrão da capacidade de campo efetiva (CCE, ha h<sup>-1</sup>), da capacidade de campo operacional (CCO, ha h<sup>-1</sup>) e do consumo de combustível por tonelada de cana colhida (CT, L t<sup>-1</sup>) para os dois sistemas de colheita.

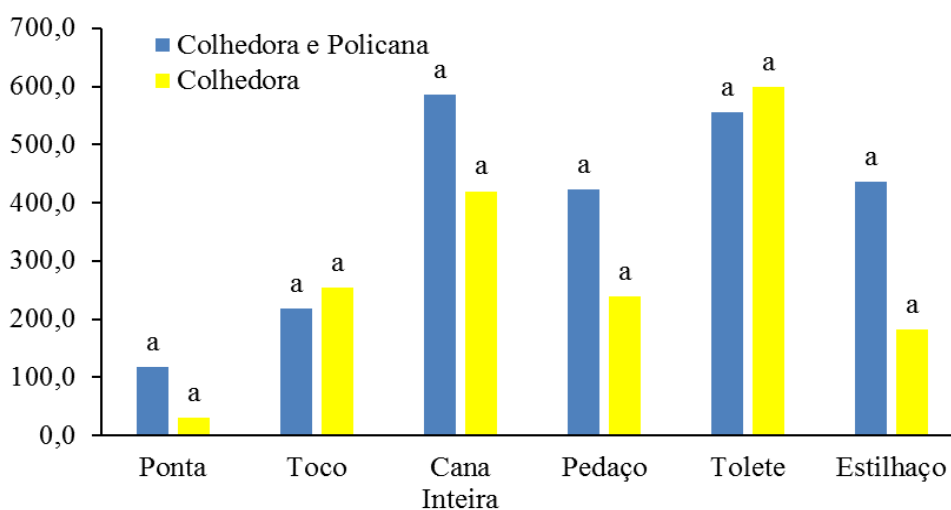


\* Intervalo de confiança pelo teste t, a 5% de probabilidade.

FIGURA 6. Média e desvio padrão do rendimento de campo (RC, %), do consumo de combustível por área (CCA, L ha<sup>-1</sup>), as capacidades de manipulação efetiva bruta (CMEB, t h<sup>-1</sup>) e operacional bruta (CMOB, t h<sup>-1</sup>) e eficácia de manipulação (EM, %).

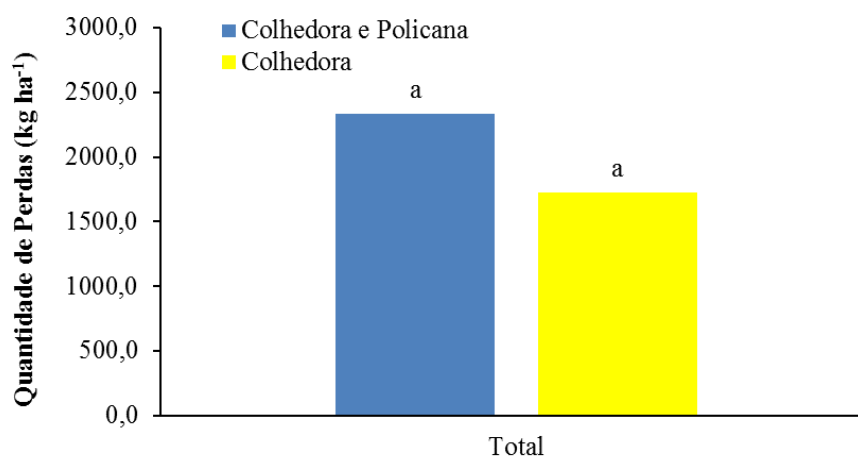
### 3.3. Perdas e danos à soqueira na colheita

Quanto à análise de perdas de cana foi possível identificar que não houve diferença significativa entre os dois sistemas, independentemente da categoria da perda na colheita, ou seja, apesar do sistema de colheita com Policana 2L apresentar maior quantidade de perdas essa diferença não foi relevante em relação às perdas do sistema com a colhedora (Figura 7 e 8).



Médias acompanhadas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

FIGURA 7. Perdas de ponta, de toco, de cana inteira, de peçaço, de toletes e de estilhaço ocorridos na colheita da cana-de-açúcar feita pelos respectivos sistemas.



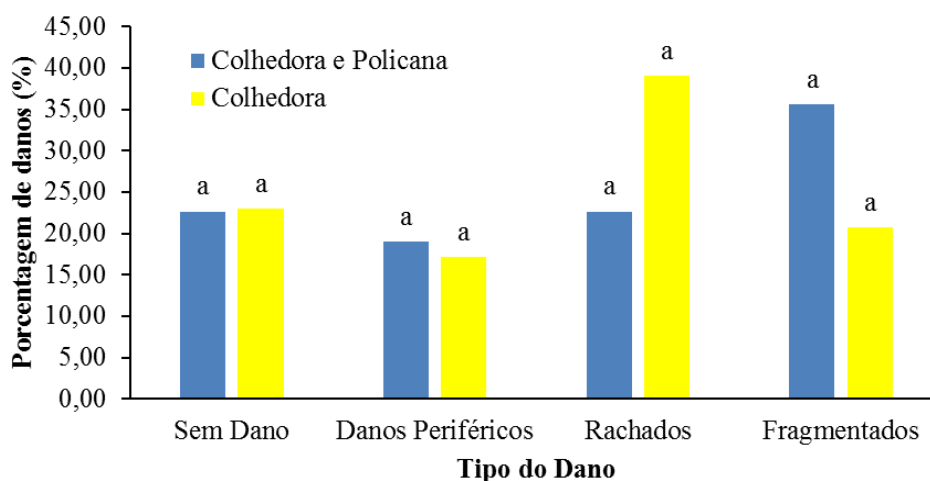
Médias acompanhadas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

FIGURA 8. Perdas totais (kg ha<sup>-1</sup>) ocorridas na colheita da cana.

Ambos os sistemas, considerando a classificação do CTC (BENEDINI et al., 2013), não tiveram perdas elevadas sendo consideradas como Média, onde o sistema com a colhedora atingiu  $1.725,0 \text{ kg ha}^{-1}$  (2,8%) e o sistema com a colhedora e o dispositivo Policana 2L atingiu  $2.336,2 \text{ kg ha}^{-1}$  (3,1%) de perdas (Figura 8). Entretanto, como o Policana 2L apresentou valores superiores a 3%, deve-se continuar realizando estudos de perdas na colheita visando reduzir seus valores a resultados mais satisfatórios.

A diferença na qualidade do corte existente entre os dois sistemas (Figura 9), mostra que ambos os sistemas apresentaram mais de 50% das amostras com classificação entre rachado e fragmentado, sendo estes os dois piores cortes. Isso indica que ambos os sistemas tiveram qualidade de corte ruim. Este fato pode ter ocorrido pela velocidade excessiva das facas ou facas de corte desgastadas, fatores que não foram foco deste trabalho.

Segundo Carvalho (2009), a velocidade favorável para que o corte seja menos agressivo é usar valores menores, se considerarmos a velocidade utilizada entre os sistemas, o corte do sistema Colhedora com Policana 2L foi mais favorável, pois se encontrava mais próximo da velocidade indicada, ou seja, o sistema com o dispositivo Policana 2L utilizou uma velocidade de  $3,0$  a  $4,0 \text{ km h}^{-1}$ , sendo que o sistema com a colhedora utilizou de  $5,5$  a  $6,0 \text{ km h}^{-1}$ , o que neste caso não justifica o alto índice de danos entre rachado e fragmentado em ambos os sistemas.



Médias acompanhadas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

FIGURA 9. Danos à soqueira nos dois sistemas de colheita, para os respectivos tipos de danos.



Não houve diferença significativa entre os dois sistemas em relação aos danos na soqueira (Figura 9). Assim pode-se dizer que a utilização do dispositivo Policana 2L, nestas condições, não afeta significativamente a existência de danos na soqueira. A avaliação apresentou percentuais elevados de danos rachados e fragmentados, o que mostra que ainda há necessidade de se realizar estudos mais detalhados para identificar a origem da alta porcentagem de danos e propor soluções para evitá-las.

#### 4. CONCLUSÕES

A colheita feita usando o sistema de colheita com a Colhedora e o dispositivo Policana 2L proporcionou maiores capacidades de campo e capacidades de manipulação e menor consumo de combustível por área, enquanto manteve-se semelhante o consumo de combustível por tonelada de cana colhida, o rendimento operacional e a eficácia de manipulação.

As perdas na colheita da cana-de-açúcar e os danos provocados à soqueira da planta mantiveram-se semelhantes entre os dois sistemas de colheita estudados.

O uso do dispositivo Policana 2L acoplado à colhedora durante a colheita da cana foi capaz de proporcionar aumento de 14,7% nas capacidades de trabalho da máquina.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEDINI, M.S.; BROD, F.P.R.; PERTICARRARI, J.G. **Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada**. Centro de Tecnologia Canavieira, CTC. Piracicaba, 2013. Disponível em: [https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F20144470%2F1118993118%2Fname%2FPerdas%2Bde%2Bcana%2Be%2Bimpurezas%2Bvegetais%2Be%2Bminerais%2B%2BCTC.pdf&ei=V8SCUsm1F4qkQee2YH4DQ&usg=AFQjCNHmP2HhACkNthyXDh0\\_r6d1QqAe0Q&bvm=bv.56146854,bs.,d.eW0](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F20144470%2F1118993118%2Fname%2FPerdas%2Bde%2Bcana%2Be%2Bimpurezas%2Bvegetais%2Be%2Bminerais%2B%2BCTC.pdf&ei=V8SCUsm1F4qkQee2YH4DQ&usg=AFQjCNHmP2HhACkNthyXDh0_r6d1QqAe0Q&bvm=bv.56146854,bs.,d.eW0). Acesso em: 13 outubro 2012.

BIOSUL – Associação dos Produtores de Bioenergia do MS. **Mecanização permite avanço da cana no Centro-Oeste**. Campo Grande. Associação dos produtores de bioenergia de Mato Grosso do Sul, BIOSUL, 2013. Disponível em: <http://www.biosulms.com.br/perfnoficia.php?not=1643>. Acesso em: 19 outubro 2013.

CARVALHO, L.S. **Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua na Região da Grande Dourados – MS**. 2009. 36 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Dourados-MS.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2013**. Brasília. 2013. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_12\\_20\\_10\\_56\\_08\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_dez\\_2013\\_3o\\_lev\\_-\\_original.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_20_10_56_08_boletim_cana_portugues_-_dez_2013_3o_lev_-_original.pdf). Acesso em: 27dezembro2013.

KROES, S. **The cutting of sugarcane**. Ph.D. Thesis. Toowoomba: University of Southern Queensland, 1997. 356 f.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanço nacional da cana-de-açúcar e agroenergia**. Brasília. 2007. Disponível em: [HTTP://www.feagri.unicamp.br/energia/bal\\_nac\\_cana\\_agroenergia\\_2007.pdf](http://www.feagri.unicamp.br/energia/bal_nac_cana_agroenergia_2007.pdf). Acesso em: 19 de agosto de 2013.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cana de Açúcar**. Brasília. 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>. Acesso em: 19 agosto 2013.

MAZETTO, F.R. **Avaliação dos desempenhos operacional e energético e da ergonomia de colhedoras de soja (Glycinemax (L) Merrill) no Sistema de Plantio Direto**. 2008. 104 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Botucatu-SP.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1974. 301 p.

MIALHE, L.G. **Máquinas Agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, FEALQ, 1996. 722 p.

REIS, G.N. **Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base**. 2009. 73 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal-SP.

RIPOLI, T.C.C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, 1996. p.635-674.

ROSA, J.H.M. **Avaliação do desempenho efetivo e econômico de uma colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em espaçamento duplo alternado**. 2013. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

SALVI, J.V. **Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

SANTOS, N.B. **Identificação dos fatores críticos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2011. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

TICIANEL, T. **Policana 2L**. Piracicaba, 2013. Disponível em: [http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv584/POLICANA\\_2L%20%20por%20Tulio%20Ticianel.pdf](http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv584/POLICANA_2L%20%20por%20Tulio%20Ticianel.pdf). Acesso em: 13 outubro 2013.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.D. Handbook for geoestatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.1-45.

VOLPATO, C.E.S. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento do perfil de solo em colhedoras de cana-de-açúcar**. 2001. 204 f. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

VOLPATO, C.E.S.; BRAUNBECK, O.A.; OLIVEIRA, C.A.A. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo de cortador de base para colhedoras de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.345-348, 2002.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of some physical properties of the soil. In: HILL, D. (ed.) **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980, p. 319-344.