

## Qualidade do corte basal na colheita mecanizada de cana-de-açúcar em dois tipos de manejo do solo

Gustavo Naves dos Reis, Murilo Aparecido Voltarelli\*, Rouverson Pereira da Silva,  
Anderson de Toledo, Afonso Lopes

Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil  
\*Autor correspondente, e-mail: murilo\_voltarelli@hotmail.com

### Resumo

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar tem relevância em todo processo produtivo da cultura, podendo ser influenciada a qualidade do corte de base pelos sistemas de manejo do solo. Objetivou-se avaliar os danos ocasionados às soqueiras na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua em relação do desgaste das facas do corte basal e do manejo do solo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, dividido em dois esquemas fatoriais sendo eles: 2 manejos do solo (arado de aivecas + grade média; e grade pesada + grade média) x 4 tempos de uso das facas (0-2; 2-4; 4-6; 2-6<sup>(1)</sup>) e 10 repetições, e 2 manejos do solo (arado de aivecas + grade pesada; e grade pesada + grade média) x 2 discos de corte (esquerdo e direito) x 20 repetições, formando malhas regulares espaçadas por 27 x 23 m, totalizando 100 repetições, ou seja, 50 repetições para cada tratamento, padronizando-se o local das amostras realizadas. As variáveis avaliadas foram à perda de massa das facas do mecanismo de corte basal e o grau de danos às soqueiras. A qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar é influenciada pelos sistemas de manejos do solo. O manejo do solo com GP+GM (grade pesada + grade média) apresenta a maior qualidade da operação de colheita em relação ao grau de danos às soqueiras.

**Palavras-Chave:** corte basal, grau de danos às soqueiras, *saccharum* spp.

### Quality harvesting in the basement cut of sugarcane soil management systems

#### Abstract

The mechanized harvesting of sugarcane has relevance across the crop production process and can be influence the cutting quality base for soil management systems. This study aimed to assess the damage caused to the mechanical harvesting of ratoon sugarcane raw relative wear of the base shear knives and soil management. The experimental design was completely randomized, factorial divided into two schemes which are: 2 different soil tillage (moldboard plow + average grade and heavy harrow + average grade) x 4 times of use of knives (0-2, 2-4 , 4-6 , 2-6<sup>(1)</sup>) and 10 repetitions , and 2 soil tillage (moldboard plow + harrow heavy, and heavy harrow + average grade) x 2 cutting discs (left and right ) x 20 repetitions, forming meshes regularly spaced 27 x 23 m, amounting to 100 repeats, or 50 replicates for each treatment in order to standardize the location of the samples taken. The variables evaluated were the mass loss of the knives of the base shear mechanism and the degree of damage to brass knuckles. The quality of mechanized harvesting of cane sugar is influenced by the soil management systems. Soil management with heavy grade + average grade has the highest quality of the harvesting operation in relation to the degree of damage to brass knuckles.

**Keywords:** base cutting, Level of damage to knuckles, *saccharum* spp.

## Introdução

O prognóstico da produção de cana-de-açúcar para a safra 2013/2014 indica que o volume total a ser processado pelo setor sucroalcooleiro deverá atingir um montante de 653,92 milhões de toneladas. Este volume representa aumento de 11% do valor obtido na safra passada (2012/2013), ou seja, uma quantidade de 64,89 milhões de toneladas adicionais de cana-de-açúcar a ser processada (Conab, 2013).

Neste contexto, a colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua pode incrementar maior participação econômica nos estados que a produzem, apresentando certas vantagens e desvantagens sobre a colheita semi-mecanizada (Yu et al., 2007; Zhang et al., 2009). Dentre as vantagens destacam-se: menor agressão ao meio ambiente, maior acúmulo de material orgânico sobre o solo, redução do quadro de funcionários e produção de bioenergia com o recolhimento da palha (Taghijarah et al., 2011). As desvantagens estão relacionadas principalmente a redução na qualidade da matéria-prima (impurezas), necessidade de mão-de-obra especializada, e por fim a ocorrência de perdas quali-quantitativas e os danos causados às soqueiras (Mou et al., 2012; Silva et al., 2008).

O funcionamento do mecanismo de corte basal das colhedoras de cana-de-açúcar atua cortando os colmos em sua base, pelo impacto de múltiplas lâminas montadas em dois discos rotativos (Xie et al., 2011). No corte por impacto a força predominante é normal ao perfil da lâmina e causa enormes danos na soqueira e no colmo da cana-de-açúcar colhida (Mello, 2005).

De acordo com Silva et al. (2008) a época de colheita associada a altura dos colmos no momento da colheita mecanizada possuem interferência na quantidade de matéria prima produzida e no teor de açúcar, sendo este último concentrado em maiores quantidades na parte basal dos colmos. Neste contexto, a qualidade do manejo do solo, pode influenciar na variação da altura de corte da colhedora, com potenciais perdas deixadas no campo, como também no desgaste prematuro das facas de corte basal

quando estas tocam o solo.

Pressupondo que o sistema de manejo do solo possa influenciar o desgaste das facas do mecanismo de corte basal e a qualidade da colheita mecanizada ocasionando elevando o grau de danos às soqueiras, objetivou-se neste trabalho avaliar o desgaste das facas do mecanismo de corte basal e os danos às soqueiras na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua em dois manejos do solo.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado em área agrícola da Usina Estivas S.A., localizada no município de Arez - RN, cujas coordenadas geográficas estão definidas entre as latitudes 06°00' e 06°30' S e longitudes 35°05' e 35°25' O e, com altitude média de 115 m, apresentando clima As (tropical úmido), de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental foi classificado como ARGISSOLO AMARELO com textura média-arenosa, com relevo suave-ondulado (Embrapa, 1997).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, disposto em dois esquemas fatoriais sendo eles: 2 manejos do solo (AR+GM e GP+GM) x 4 tempos de uso das facas (0-2h; 2-4h; 4-6h; 2-6<sup>(1)</sup>h) com 10 repetições, e 2 manejos do solo (AR+GM e GP+GM) x 2 discos de corte (esquerdo e direito) com 20 repetições.

Os dois tipos de manejo do solo foram preparados pelo método convencional, em função das diferentes máquinas e implemento utilizados, sendo elas: uma aração seguida de uma gradagem média (AR+GM); foi utilizado um arado de aivecas, constituído de quatro aivecas lisas, largura de corte de 1,6 m, profundidade de corte de 50 cm, altura do chassi de 68 cm e massa total de 964 kg, sendo a grade média do tipo de dupla ação, "off-set", com 44 discos de 66 cm (26"), largura de corte de 4,8 m e massa total de 3.266 kg; e uma gradagem pesada seguida de uma gradagem média (GP+GM); a grade pesada foi do tipo de dupla ação em "tandem", com 18 discos de 81,3 cm (32"), largura de corte de 2,4 m e massa total de 3.352 kg, seguida da grade de discos média descrita anteriormente.

A variedade de cana-de-açúcar

colhida foi a RB 92-579. A caracterização do porte do canavial foi, foi realizada com 15 meses, determinada utilizando-se triângulo padrão (Rípoli, 1996). Foram tomadas 634 e 621 amostragens ao acaso, para cada tratamento (AR+GM) e (GP+GM), respectivamente, em diferentes fileiras de plantio. Em seguida, o porte do canavial foi quantificado e classificado para ambos os tratamentos com maior porcentagem de colmos eretos (aproximadamente 80%).

A área do micro-relevo do solo foi obtida por meio de perfilômetro com dimensões de 1,40 x 0,40 m, graduado em 5 e 2,5 cm, largura e profundidade, respectivamente. O referido equipamento foi posicionado aleatoriamente nas áreas amostrais, sobre a linha plantada com cana-de-açúcar antes do tráfego das máquinas na colheita, totalizando 50 amostras, para a quantificação da mobilização do solo em seu micro-relevo em ambos os tratamentos (Ruggiero & López, 2004).

Após esses procedimentos, a colheita mecanizada de cana-de-açúcar, primeiro corte, foi realizada, no período diurno da operação, em setembro de 2008, por uma colhedora de marca CASE IH, modelo A7000, com 16.000 horas de uso, com potência no motor de 248 kW (332 cv) a 2.100 rpm. A velocidade média de trabalho da colhedora foi de 7 km h<sup>-1</sup>. A caracterização da produtividade das áreas experimentais foi fornecida pela unidade produtora, na qual se constituíram de 85,77 e 86,69 Mg ha<sup>-1</sup> para os tratamentos AR+GM e GP+GM, respectivamente.

As avaliações do desgaste das facas do corte basal, para cada tratamento, foram determinadas pelas diferenças de massa (antes e depois do tempo de uso) a cada duas horas de trabalho da máquina, por meio de balança digital, com precisão de 0,01 g, definidas em função do tempo e do uso das facas, sendo realizadas da seguinte maneira: 0 h: indicando as facas novas com seu peso inicial; 0 – 2 h: indicando 2 horas de trabalho e/ou intervalo de desgaste de 0 a 2 horas; 2 – 4 h: indicando 4 horas de trabalho e/ou intervalo de desgaste de 2 a 4 horas; 4 – 6 h: indicando 6 horas de trabalho e/ou intervalo de desgaste de 4 a 6 horas; 6 – 2h<sup>(1)</sup>: indicando 8 horas de trabalho, e/ou intervalo de desgaste de 6 a 8 horas, sendo as duas últimas

horas realizadas com a faca virada, ou seja, houve a inversão da mesma para o outro disco de corte de base.

As facas utilizadas no corte de base possuíam duas faces cortantes com um furo para acoplamento ao disco de corte, sendo suas dimensões largura, espessura e comprimento com 90 x 5 x 170 mm, respectivamente, sendo também conhecidas como facas lisas de troca rápida. A colhedora iniciou o processo de colheita, com as facas do mecanismo de corte basal novas (tempo de uso 0 horas e massa inicial média de 509,70 g), exatamente pelo meio da área amostral, ou seja, abrindo de forma a separar a área colhida de acordo com os intervalos de desgaste preestabelecidos a cada duas horas de trabalho, em ambos os tratamentos.

Para a avaliação dos danos causados às soqueiras foi utilizada uma área de amostragem com formato de quadrado de metal de 0,25 m<sup>2</sup>, na qual foram alocadas aleatoriamente em 60 soqueiras para cada tratamento, divididas em quantidades iguais entre os intervalos de desgaste, sendo a avaliação realizada de forma visual no momento da seleção das soqueiras de cana-de-açúcar, logo após a passagem da colhedora. A metodologia utilizada para a avaliação do grau de danos ocasionados às soqueiras foi à proposta por Mello & Harris (2003).

Para maior controle das condições experimentais, a avaliação da perda de massa das facas do mecanismo de corte basal e do grau de danos às soqueiras foram realizadas somente por um avaliador.

A demonstração geral do comportamento dos dados foi feita a partir da análise estatística descritiva, calculando-se medidas de tendência central (média e mediana), medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação) e medidas de assimetria e de curtose. A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Anderson-Darling, sendo uma medida de proximidade dos pontos e da reta estimada na probabilidade conferindo maior rigidez à análise (Rocha & Delamaro, 2011) e quando não-normais, realizou-se a transformação do conjunto de dados utilizando-se o melhor ajuste para cada variável (*BOX COX transformation*),

sendo a melhor equação de ajuste designada pelo programa computacional Minitab 16®.

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) fator único aplicando-se o teste F, com nível de significância a 5% para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas. Quando procedente, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

Após a análise de variância e teste de média, foram confeccionados gráficos provenientes do controle estatístico de processo, como forma de monitorar a colheita mecanizada em função que apresentam o monitoramento do processo de colheita mecanizada em função dos tempos de usos das facas (cartas de controle por atributo - Type NP), associando-os aos danos causados as soqueiras de cana-de-açúcar, tendo como finalidade a

deteção e contagem de itens defeituosos (ou no caso do presente trabalho a classificação do grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar) no decorrer da colheita.

Tal classificação dos danos às soqueiras possui analogia com a produção de itens defeituosos detectados por meio do monitoramento de determinados processos, na qual, pode-se atribuir aos graus de danos uma nova classificação na qual: grau 1 – sem defeitos; grau 2 – defeitos periféricos; grau 3 – defeitos parciais; e grau 4 – defeituoso.

### Resultados e Discussão

As variáveis avaliadas (tempo de uso das facas) nos sistemas de manejo do solo, pelo método convencional (AR+GM e GP+GM) apresentaram distribuição normal de probabilidade de acordo com o teste de Anderson-Darling (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estatística descritiva para a perda de massa das facas (g) do mecanismo do corte basal da colhedora de cana-de-açúcar em função do tempo de uso nos sistemas de manejos do solo

Variável	Tratamentos	$\bar{x}$	M	$\sigma$	A	CV	Cs	Ck	AD
0 - 2h	(AR+GM)	6,11	6,05	1,60	5,37	26,12	0,14	-0,47	N
	(GP+GM)	5,17	5,19	1,23	3,81	23,61	-0,22	0,36	N
2 - 4h	(AR+GM)	5,10	5,25	0,92	3,00	17,91	-0,46	-0,19	N
	(GP+GM)	5,99	5,67	1,23	3,57	20,50	0,84	0,69	N
4 - 6h	(AR+GM)	5,72	5,51	1,39	4,08	24,20	0,07	1,00	N
	(GP+GM)	3,47	3,32	0,99	2,79	28,40	1,35	0,08	N
6 - 2h <sup>(1)</sup>	(AR+GM)	5,74	5,22	1,51	3,78	26,28	1,84	0,30	N
	(GP+GM)	4,02	3,76	1,21	3,62	29,12	1,41	0,11	N

AR: arado de aivecas; GP: grade pesada; GM: grade média;  $\bar{x}$  – Média; A – Amplitude;  $\sigma$  – Desvio padrão; M – mediana; CV (%) – Coeficiente de variação; Cs – Coeficiente de assimetria; Ck – Coeficiente de curtose; AD – Teste de normalidade de Anderson-Darling ( $\alpha < 0,05$ ) (N: distribuição normal; A: distribuição não-normal). <sup>1</sup>Tempo trabalhado de 2h (6-8h) com a faca virada no outro disco de corte.

A suposição de normalidade pode ser comprovada pela proximidade da média em relação à mediana e também pelos coeficientes de assimetria e curtose, que apesar de alguns valores serem considerados elevados, estes não influenciaram a distribuição de frequência dos dados (Pimentel-Gomes & Garcia, 2002). Por outro lado, observa-se também elevado valores de amplitude indicando maior variabilidade, podendo também ser evidenciado pelos moderados coeficientes de variação e desvios padrão em relação à média.

Observa-se ainda que, o grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar em virtude do tempo de uso das facas do mecanismo de corte basal durante a colheita mecanizada, nos sistemas de manejo do solo, também apresentou

distribuição de probabilidade simétrica do conjunto de dados (Tabela 2).

Ressalta-se que, apesar dos coeficientes de assimetria e curtose serem constatados como moderados a elevados, estes valores não foram suficientes para afastar a média da mediana evidenciando, portanto, a distribuição normal. Já os coeficientes de variação foram considerados como muito altos, bem como a elevada amplitude e desvio padrão, indicando maior dispersão ou variabilidade dos dados (Pimentel-Gomes & Garcia, 2002). Esta situação de elevada variabilidade, pode ser considerada uma causa comum que inevitavelmente não são eliminadas totalmente da operação, sendo este fator um potencial indicativo da inevitável danificação de danos às soqueiras.

Por meio da Tabela 3, verifica-se que para a área mobilizada para ambos os tratamentos (AR+GM e GP+GM) apresentou distribuição não-normal do conjunto de dados de acordo com o teste de normalidade de Anderson-Darling. Ressalta-se ainda que, os valores dos coeficientes de curtose positivos e

de assimetria negativos, caracterizam curvas com menor afilamento e outra mais alongada a esquerda, respectivamente, situação esta que potencialmente distorceu a concentração do conjunto de dados para o lado direito da curva de distribuição.

**Tabela 2.** Estatística descritiva para o grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar em função do tempo de uso das facas do mecanismo do corte basal da colhedora nos sistemas de manejo do solo

Variável	Tratamentos	$\bar{x}$	M	$\sigma$	A	CV	Cs	Ck	AD
0 - 2h	(AR+GM)	3,46	4,00	0,83	2,00	24,05	- 1,16	- 0,41	N
	(GP+GM)	2,26	2,00	0,88	3,00	38,99	0,12	- 0,49	N
2 - 4h	(AR+GM)	3,46	4,00	0,83	2,00	24,05	- 1,16	- 0,41	N
	(GP+GM)	1,93	2,00	0,79	3,00	41,32	- 1,10	2,32	N
4 - 6h	(AR+GM)	2,93	3,00	1,22	3,00	41,69	- 0,67	- 1,19	N
	(GP+GM)	2,40	2,00	0,98	3,00	41,07	0,58	- 0,53	N
6 - 2h <sup>(1)</sup>	(AR+GM)	2,33	2,00	1,23	3,00	52,90	0,31	- 1,54	N
	(GP+GM)	3,46	2,00	0,81	3,00	34,99	1,08	0,96	N

AR = arado de aivecas; GP = grade pesada; GM = grade média;  $\bar{x}$  - Média; A - Amplitude;  $\sigma$  - Desvio padrão; M - mediana; CV (%) - Coeficiente de variação; Cs - Coeficiente de assimetria; Ck - Coeficiente de curtose; AD - Teste de normalidade de Anderson-Darling ( $\alpha = 0,05$ ) (N: distribuição normal; A: distribuição não-normal). <sup>1</sup>Tempo trabalhado de 2h (6-8h) com a faca virada.

**Tabela 3.** Estatística descritiva e análise de variância para área mobilizada do solo (cm<sup>3</sup>) em dois sistemas de manejos de preparo convencional

Tratamentos	Média	Amplitude	$\sigma$	CV	Ck	Cs	AD*
AR+GM	1,83 a	0,23	0,05	2,89	2,49	- 0,94	A
GP+GM	1,67 b	0,27	0,06	3,55	2,47	- 0,56	A

AR = arado de aivecas; GP = grade pesada; GM = grade média. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas entre atributos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.  $\sigma$  - Desvio padrão; CV (%) - coeficiente de variação; Ck - coeficiente de curtose; Cs - Coeficiente de assimetria. \*Distribuição de frequência pelo teste de Anderson-Darling ( $p > 0,05$ ); N = normal; A = não-normal.

Observa-se também, a influência entre os tratamentos para os valores médios, indicando maior área mobilizada do micro-relevo do solo para o tratamento AR+GM (arado de aivecas + grade média) quando comparado com a GP+GM (grade pesada + grade média). Essa diferença no micro-relevo, entre os tratamentos estudados, pode influenciar o maior grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar, bem como o desgaste acentuado das facas de corte basal, em virtude da geometria dos sulcos possuírem maior profundidade e da ineficiente do corte basal na base dos colmos.

Llanillo et al. (2013) e Carvalho Filho et al. (2008) relataram que o preparo do solo realizado de maneira adequada, atendendo os parâmetros de qualidade exigidos para cada cultura, proporciona melhores condições ao desenvolvimento radicular das plantas, situação esta também desejável para o presente trabalho. Tal situação atrelada ao desenvolvimento radicular de cana-de-açúcar pode melhorar seu crescimento, por meio da

melhor ação dos órgãos ativos dos implementos utilizados (AR+GM) e também pelo fato destes atuarem em maiores profundidades, resultando também na maior mobilização do solo.

A perda de massa das facas do mecanismo de corte basal da colhedora de cana-de-açúcar e o grau de danos de às soqueiras foram influenciados pelos sistemas de manejos do solo, sendo os maiores valores médios encontrados para o tratamento em que se utilizou o arado de aivecas + grade média (AR+GM) (Tabela 4).

Este fato, possivelmente pode ser explicado em virtude da maior área mobilizada do solo, o que potencialmente influenciou na sua menor desagregação, associado também ao contato físico das facas do mecanismo de corte basal com o perfil do solo não totalmente nivelado, e por fim, este desgaste acentuado das facas, conseqüentemente, influenciou o grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar.

**Tabela 4.** Análise de variância e teste de médias para a variável perda de massa das facas, do mecanismo de corte basal, em relação ao tempo de uso e do grau de danos às soqueiras avaliados durante a colheita mecanizada de cana-de-açúcar nos sistemas de manejo do solo

FATORES	Massa (g)	Grau danos às soqueiras
Manejo (M)		
AR + GM	5,67 a	3,05 a
GP + GM	4,66 b	2,23 b
Tempo (T)		
0 – 2 h	5,65	2,86
2 – 4 h	5,54	2,70
4 – 6 h	4,59	2,66
6 – 2 h <sup>(1)</sup>	4,88	2,33
Teste F		
M	5,34*	6,43*
T	3,23*	1,60*
M x T	5,77*	3,77*
DMS		
M	0,56	0,34
T	1,06	0,65
CV (%)	24,69	36,57

Em cada coluna, para cada fator, a ausência de letras indica a não diferença entre si, pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$  de probabilidade. \*Não significativo a  $p > 0,05$ ; \*Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade, pelo teste F; CV: coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa entre os fatores pelo teste de Tukey a  $p = 0,05$ . <sup>1</sup>Tempo trabalhado de 2h (6-8h) com a faca virada.

Por outro lado, apesar da significância apresentada pelo teste F para o tempo de uso das facas (T), quando os seus valores médios foram comparados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), não houve influência entre os períodos de avaliação para as variáveis perda de massa das facas e do grau de danos às soqueiras, podendo este fato ser atribuído aos diferentes níveis de rigorosidade dos testes aplicado, sendo maior para o teste F. Ressalta-se ainda que, os coeficientes de variação para a perda de massa

das facas em função do tempo de uso e o grau de danos às soqueiras podem ser considerados como moderado e elevado, respectivamente, (Pimentel-Gomes & Garcia, 2002).

Houve interação entre os fatores sistemas de manejo do solo e o tempo de uso das facas, do mecanismo de corte basal, para a variável perda de massa e o grau de danos às soqueiras em função dos períodos de avaliação (Tabela 5).

**Tabela 5.** Desdobramento da interação do fator manejo do solo (AR+GM e GP+GM) dentro de cada tempo de uso das facas do mecanismo de corte basal durante a colheita mecanizada de cana-de-açúcar

Tempo	Manejos	Massa (g)	Grau danos às soqueiras
0 - 2h	AR+GM	6,11 a	3,46 a
	GP+GM	5,19 b	2,26 b
2 - 4h	AR+GM	5,10 b	3,46 a
	GP+GM	5,99 a	1,93 b
4 - 6h	AR+GM	5,72 a	2,93 a
	GP+GM	3,47 b	2,40 a
6 - 2h <sup>(1)</sup>	AR+GM	5,74 a	2,33 a
	GP+GM	4,02 b	2,33 a

Em cada linha, para cada fator, letras minúsculas iguais indicam a não diferença entre si pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ . <sup>1</sup>Tempo trabalhado de 2h (6-8h) com a faca virada.

Verifica-se que para a variável perda de massa das facas, por período de avaliação, os maiores valores encontram-se nos períodos de avaliação de 0 – 2h, 4 – 6h, 6 – 2h<sup>(1)</sup> quando se realizou a operação de colheita mecanizada sob o sistema de manejo do solo com AR+GM

(arado de aivecas + grade média).

Esta situação pode ser explicada, pois, à medida que as facas entram em contato com o solo, com maior área mobilizada, e com a própria planta, maior foi a perda de massa das facas. A exceção foi o período de avaliação

de 2 – 4h, na qual, a perda de massa das facas foi maior para o tratamento GP+GM (grade pesada + grade média), fato este que pode ser associado à perda ou quebra das facas do tratamento AR+GM o que na média subestimou tal valor.

Liu et al. (2012) ao associarem diferentes tipos de facas do mecanismo de corte basal, verificaram que as lâminas serrilhadas requerem menor energia e força do que as lâminas planas, e sugerem que elas possam originar a desejada qualidade de corte. Ao comparar estes resultados, com os do presente estudo, nota-se que nos intervalos de 0-2 e 2-4h de uso das facas no preparo do solo AR+GM, pode-se tornar a crer que tal modelo de faca serrilhada traria potencial melhoria do corte nestas condições estabelecidas.

Por outro lado, para o grau de danos às soqueiras os maiores valores médios foram encontrados para os períodos de avaliação (das facas do mecanismo de corte basal) de 0 – 2h e 2 – 4h para o tratamento em que se utilizou o manejo do solo AR+GM (arado de aivecas + grade médias). Este fato, potencialmente pode ser explicado em virtude da maior mobilização do solo, bem como a maior profundidade dos sulcos para este tratamento, na qual, a somatória destes dois fatores acarretou em maior grau de danos as soqueiras e, conseqüentemente, na perda de qualidade da operação.

De acordo com Noronha et al. (2011) ao avaliarem os danos causados as soqueiras durante a colheita mecanizada de cana-de-açúcar no período diurno e noturno de operação, relataram não haver diferenças entre os turnos de operação. Porém, neste trabalho os autores não citam o número de horas trabalhadas pelas facas do mecanismo de corte basal, fato este que de acordo com o presente trabalho afeta a qualidade do corte basal, refletindo em defeitos (periférico) nas soqueiras.

Ressalta-se ainda que, em virtude da ocorrência de troca das facas de corte, pelos motivos de perdas e/ou quebras durante a operação de colheita, não houve influência para o grau de danos às soqueiras nas avaliações realizadas de 4 – 6h e 6 – 2h<sup>(1)</sup>, fato este que, possivelmente, aumentou a qualidade do corte

basal quando as facas novas foram designadas para operação. Porém, estas reposições de facas novas não foram suficientes para haver alterações na média da perda de massa das mesmas, nos referidos períodos de avaliação.

Toledo (2012) estudando o índice de danos às soqueiras de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Eutroférico, utilizando facas lisas, facas serrilhadas e de facas de trocas rápidas em diferentes discos de corte de base, relatou que os menores índices de danos (13,6%) ocorreu para o tratamento em que se utilizou as facas lisas de troca rápida. Tal resultado pode ser satisfatório para os valores de grau de danos as soqueiras do presente trabalho, pois indica uma situação que o potencial de qualidade de corte é maior por meio da utilização destes modelos de facas.

Para a variável perda de massa das facas do mecanismo de corte basal, houve influência somente para os sistemas de manejo do solo, na qual, com exceção do tempo de uso 2 – 4h, os demais períodos de avaliação apresentaram valores médios maiores para o tratamento que se utilizou AR+GM (arado de aivecas + grade média) (Tabela 6), podendo a confiabilidade do teste de médias ser comprovada pelos valores da diferença mínima significativa (DMS). Observa também que, os coeficientes de variação para todos os períodos de avaliação podem ser considerados moderados de acordo com Pimentel-Gomes & Garcia (2002), situação esta que evidencia maior variabilidade do conjunto de dados.

Toledo (2012) observou que a espessura das faces cortantes e a perda de massa das facas aumentam com as horas de uso em Latossolo Vermelho Eutroférico sob sistema de preparo convencional do solo (uma passagem de grade pesada seguida de duas gradagens média), porém, neste trabalho em virtude das inversões em relação ao desgaste e das trocas em função das quebras das facas, não houve diferença entre os três modelos de facas avaliados para tais variáveis. Vale ressaltar ainda que, as espessuras das facas neste ensaio potencialmente sofrem aumento em relação à espessura inicial das mesmas, o que prejudica a qualidade do corte basal em relação aos danos

às soqueiras.

Peloia et al. (2010) ao avaliarem a capacidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar, relataram que previamente precisa-se levantar os indicadores de qualidade que afetam ou diminuem a eficácia da operação de colheita antes das avaliações, como forma de

prever o seu comportamento durante seu modo ação. Tal fato pode ser associado ao presente trabalho, pois se existir um monitoramento da perda de massa das facas, o que potencialmente afeta seu corte, conseqüentemente menores níveis de danos às soqueiras ocorreram.

**Tabela 6.** Análise de variância e teste de médias para a variável perda de massa das facas, do mecanismo de corte basal avaliados durante a colheita mecanizada de cana-de-açúcar em relação aos discos de corte e dos sistemas de manejo do solo

FATORES	0 – 2h	2 – 4h	4 – 6h	6 – 2h <sup>(1)</sup>
Manejos (M)				
AR + GM	6,11 a	5,10 b	5,72 a	5,74 a
GP + GM	5,19 b	5,99 a	3,47 b	4,02 b
Disco (D)				
Esquerdo	5,64	5,55	4,59	4,81
Direito	5,66	5,55	4,53	4,88
Teste F				
M	4,54*	6,46*	9,06*	10,09*
D	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
M x D	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
DMS				
M	0,90	0,69	0,77	0,87
D	1,28	0,98	0,77	0,82
CV (%)	25,07	19,64	26,31	28,11

Em cada coluna, para cada fator, a ausência de letras indica a não diferença entre si, pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$  de probabilidade. \*Não significativo a  $p > 0,05$ ; \*Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade, pelo teste de F; CV: coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa entre os fatores pelo teste de Tukey a  $p = 0,05$ . <sup>1</sup>Tempo trabalhado de 2h (6-8h) com a faca virada.

O grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar no sistema de preparo do solo utilizando-se AR+GM (arado de aiveca + grade média) apresentou de maneira geral elevados índices de danos (grau 4) às soqueiras em todos os tempo de uso das facas (Figura 1). Por outro lado, as situações em que se pode encontrar a maior variação do processo de colheita em função do tempo de uso das facas ocorreu no período de avaliação de 6 – 2h<sup>1</sup> seguido por 4 – 6h, em virtude da maior quantidade de observações evidenciadas no grau 1 oscilando até o grau 4 que representa a condição de sem danos ou defeitos às soqueiras, representando 33 e 20% do total dos pontos amostrados, respectivamente.

Por outro lado, todos os tempos de uso das facas apresentaram estabilidade do processo, porém o tempo de uso das facas de 0 - 2h e 2 - 4h apresentaram ausência de observações na condição de soqueiras (grau 1) sem danos ou defeitos de cana-de-açúcar, o que levou a uma situação de maior grau de soqueiras fragmentadas (67%).

Esta situação pode ser explicada em

virtude da maior mobilização solo associada também a maior profundidade dos sulcos o que potencialmente afetou a qualidade do corte basal, pois em virtude do tempo de uso das facas não ser elevado às mesmas deveriam realizar o corte basal com maior eficácia. Ressalta-se ainda que, o fator mão-de-obra e máquina também, podem ter afetado estes elevados índices de danos às soqueiras, por meio da fadiga do operador durante a operação e/ou pela elevada velocidade de trabalho da colhedora.

Segundo Salvi et al. (2007); Schogor et al. (2009) ao avaliarem o desempenho de um dispositivo de corte de base de colhedora de cana-de-açúcar, com intuito de controlar a altura de corte, relata que quando a altura é maior ou menor do que o limite requerido a uma perda na eficiência do corte, podendo todavia danificar as soqueiras. Situação esta, se associada ao manejo de solo AR+GM do presente trabalho, pode ocasionar perdas drásticas na próxima safra em virtude da danificação da soqueira e conseqüentemente menor rebrota do canavial.

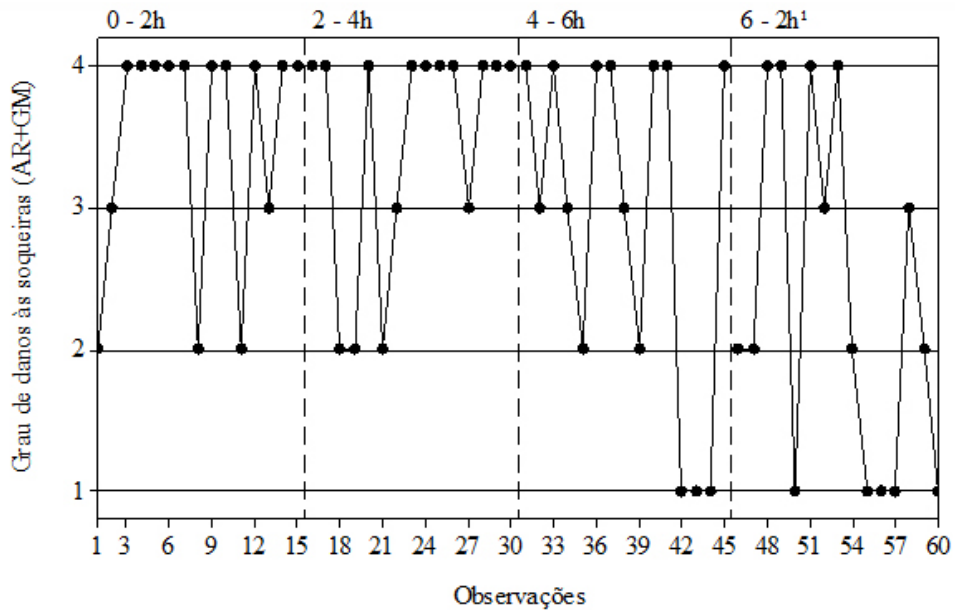
O grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar no sistema de preparo do solo



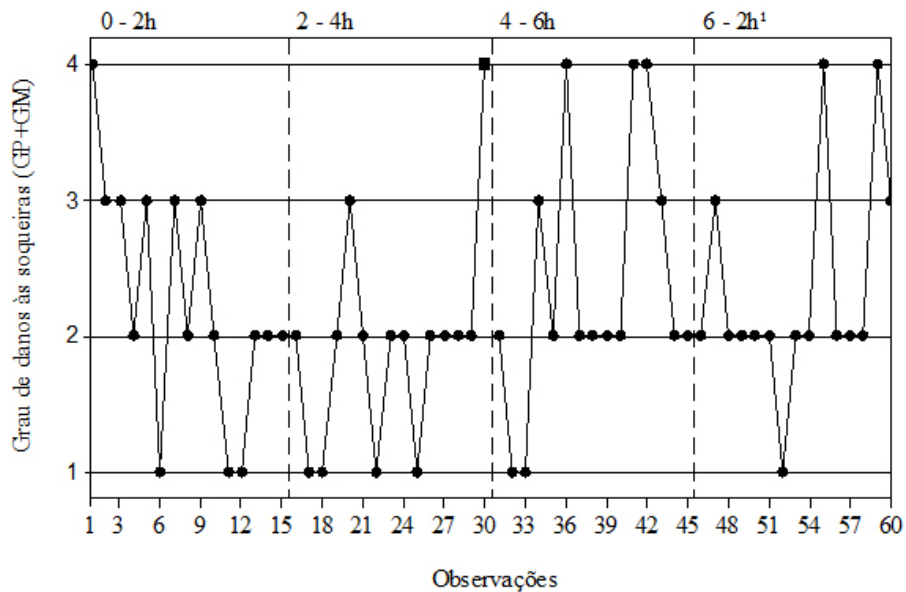
utilizando-se GP+GM (grade pesada + grade média) apresentou-se comportamento aleatório no decorrer da colheita (estabilidade do processo), em relação ao tratamento AR+GM, podendo indicar melhor qualidade do corte basal nas primeiras horas trabalhadas no decorrer do tempo de uso das facas (Figura 2).

Por outro lado, as situações em que se pode encontrar a menor variação do processo

em função do tempo de uso das facas ocorreu no período de avaliação de 2 – 4h seguido por 0 – 2h, em virtude da maior quantidade de observações evidenciadas no grau 2 – situação que representa a condição de danos periféricos ou defeitos periféricos às soqueiras de cana-de-açúcar, representando 60 e 40% do total dos pontos amostrados, respectivamente.



**Figura 1.** Grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar em função dos tempos de uso das facas do mecanismo de corte basal em relação ao tipo de manejo do solo (AR+GM – arado de aiveca + grade média). <sup>1</sup>Tempo trabalhado de 2h (6-8h) com a faca virada.



**Figura 2.** Grau de danos às soqueiras de cana-de-açúcar em função dos tempos de uso das facas do mecanismo de corte basal em relação ao tipo de manejo do solo (GP+GM – grade pesada + grade média). <sup>1</sup>Tempo trabalhado de 2h (6-8h) com a faca virada.

Observa-se ainda, que de maneira geral quando se relaciona este tipo de preparo de solo ao de AR+GM (arado de aiveca + grade média), o mesmo apresenta menores valores dos danos de maneira geral (devido a menor quantidade de observações na condição de graus de danos às soqueiras 3 e 4), sendo que esta situação indica que neste sistema de manejo do solo, em virtude da menor mobilização do solo e da profundidade dos sulcos, o grau de danos às soqueiras sofre menor variabilidade no decorrer desta operação de colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

Ao estudar a qualidade do corte basal de cana-de-açúcar com diferentes inclinações dos discos, na qual se acoplam as facas, Toledo et al. (2013) descrevem que disco de corte basal inclinado, possuem uma menor probabilidade de causar elevados índices de danos as soqueiras. Associando tal resultado ao presente trabalho, esta poderia ser uma opção viável para se diminuir ainda mais a condição dos defeitos periféricos e parciais quando se utiliza GP+GM no preparo do solo.

### Conclusões

A qualidade da colheita mecanizada de cana-de-açúcar é influenciada pelos sistemas de manejos do solo.

O manejo do solo com GP+GM (grade pesada + grade média) apresenta a maior qualidade da operação da colheita mecanizada em relação ao menor grau de danos fragmentados às soqueiras.

O manejo do solo com uso de AR+GM (arado de aivecas + grade média) possui maior perda de massa das facas de corte basal, bem como maior grau de danos às soqueiras.

### Referências

Carvalho Filho, A., Bonacim, J.L.G., Cortez, J.W., Carvalho, L.C.C. 2008. Mobilização de um latossolo vermelho acriférico em função de sistemas de preparo do solo. *Bioscience Journal* 24: 1-7.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira 2013/2014: cana de açúcar*. 2013. <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t> <Acesso em 10 Dez. 2013>

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. *Manual de métodos e análise de solo*. Embrapa, Rio de Janeiro, Brasil. 212 p.

Liu, Q., Mathanker, S.K., Zhang, Q., Hansen, A.C. 2012. Biomechanical properties of miscanthus stems. *Transactions of the Asabe* 55: 1125-1131.

Llanillo, R.F., Guimarães, M.F., Tavares Filho, J. 2013. Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17: 524-530.

Mello, R.C. 2005. Influência do formato e velocidade da lâmina nas forças de corte para cana-de-açúcar. *Acta Scientiarum Agronomy* 27: 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* 7: 355-358.

Mou, X.W., Ou, Y.G., Wu, H., Liu, Q.T., Song, L.M., Huang, S. X. 2012. Damage of sugarcane leaf sheath under action elastic leaf-stripping elements based on high-speed photography. *Journal of Agricultural Machinery* 2: 85-89.

Noronha, R.H.F., Silva, R.P.; Chioderoli, C.A., Santos, E.P., Cassia, M.T. 2011. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. *Bragantia* 70: 931-938.

Peloia, P.R., Milan, M., Romanelli, T.L. 2010. Capacity of the mechanical harvesting process of sugar cane billets. *Scientia Agricola* 67: 619-623.

Pimentel-Gomes, F., Garcia, C.H. 2002. *Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. FEALQ, Piracicaba, Brasil. 309 p.

Rípoli, T. C. C. 1996. Ensaio e certificação de máquinas para colheita de cana de açúcar. In: Mialhe, L. G. (ed.) *Máquinas agrícolas: ensaios & certificação*. FEALQ, Piracicaba, Brasil. p. 635-674.

Rocha, H. M., Delamaro, M.C. 2011. Abordagem metodológica na análise de dados de estudos não-paramétricos, com base em respostas em escalas ordinais. *Gestão da produção, operações e sistemas* 6: 77-91.

Ruggiero, M.A.G., Lopes, V.L.R. 2004. *Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais*. Makron Books, São Paulo, Brasil. 401 p.

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* 27: 201-209.

Schogor, A.L.B., Nussio, L.G., Mourão, G.B., Muraro, G.B., Sarturi, J.O., Matos, B.C. 2009. Perdas das frações de cana-de-açúcar submetida a diversos métodos de colheita. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38: 1443-1450.

Silva, M.A., Jeronimo, E.M., Lúcio, A. D. 2008. Perfilhamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43: 979-986.

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* 28: 292-304.

Taghijarah, H., Ahmadi, H., Ghahderijani, M., Tavakoli, M. 2011. Shearing characteristics of sugar cane (*Saccharum offi cinarum* L.) stalks as a function of the rate of the applied force. *Australian Journal of Crop Science* 5: 630-634.

Toledo, A. 2012. *Qualidade do corte basal na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua*. 86f. (Tese de Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil.

Toledo, A., Silva, R. P., Furlani, C. E. A. 2013. Quality of cut and basecutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. *Scientia Agrícola* 70: 384-389.

Xie, F.X., Ou, Y.G., Liu, Q.T. 2011. Experiment combined-lifter device of sugarcane harvester. *Journal of Agricultural Machinery* 2: 94-98.

Yu, P.X., Yang, D.T., Ou, Y.G. 2007. The scheming study for sugarcane mechanized harvesting and transportation. *Journal of Agricultural Mechanization Research* 3: 12-14.

Zhang, Y., Ou, Y.G., Mou, X.W. 2009. The study on the rake bar chain lift problem. *Journal of Agricultural Mechanization Research* 31: 45-47.