

## CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) APLICADO NA COLHEITA MECANIZADA DO SORGO

JOÃO PAULO B. CUNHA<sup>1</sup>, MILA S. CASTRO<sup>3</sup>, ANDERSON G. COSTA<sup>1</sup>, MURILO M. DE BARROS<sup>1</sup>,  
TULIO A. MACHADO<sup>2</sup>, LIVAN P. HONORATO<sup>3</sup> e CAMILA M. DUARTE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Professor Adjunto do Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica-RJ, Brasil

*jpbcunha@ufrj.br, andersongc7@gmail.com, egmurilo@yahoo.com.br*

<sup>2</sup>Professor do Departamento de Agropecuária, IFGoiano, Morrinhos-GO, Brasil, *machado.tulio@gmail.com*

<sup>3</sup>Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/PICV, UFRRJ, Seropédica-RJ, Brasil

*castrosmilla@gmail.com, livanilson@hotmail.com*

<sup>4</sup>Bolsista de Iniciação Científica FAPERJ, UFRRJ, Seropédica-RJ, Brasil *madureira.camila@gmail.com*

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.3, p. 490-501, 2018*

**RESUMO** - A colheita, sendo uma das principais etapas no processo produtivo, precisa manter as perdas dentro de um controle aceitável para que seja possível atingir o máximo nível de qualidade e produtividade. No presente estudo, objetivou-se avaliar as perdas quantitativas durante a colheita mecanizada do sorgo forrageiro por meio do controle estatístico de processo (CEP). O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em que foi realizada a análise de variância para a verificação do efeito significativo da declividade e da velocidade operacional nas perdas, e, quando significativos, foi submetida ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância. Cartas sequenciais e cartas de controle para valores individuais e de amplitude móveis foram utilizadas como ferramentas de controle estatístico de processo para verificar o efeito da velocidade operacional nas perdas. Com base nos resultados obtidos é possível indicar que a faixa de velocidade operacional de 4 a 5 km h<sup>-1</sup> apresentou a menor variação dos dados, não apresentando nenhum ponto fora do limite de controle, o que lhe conferiu a condição de faixa ideal para colheita. Com base na análise estatística houve maiores perdas no transporte à medida que se aumenta a faixa de declividade do terreno.

**Palavras-chave:** colheita mecanizada, forragicultura, carta de controle, velocidade operacional.

## STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC) APPLIED IN THE MECHANIZED HARVEST OF SORGHUM

**ABSTRACT** - Harvesting is one of the main steps in the production process and it is necessary to keep the losses under control in order to reach the maximum level of quality and productivity. The present study aimed to evaluate the quantitative losses during the mechanized harvesting of forage sorghum using the statistical process control (SPC). The experiment was arranged in a completely randomized design (DIC), and analysis of variance was performed to verify the significant effect of declivity and operational velocity on losses, and the significant was submitted to the Tukey test at 5% significance. Sequential charts and control charts for individual and mobile amplitude values, composed of upper and lower control and average limits, were used as statistical process control tools to verify the effect of operational speed on losses. Based on the results obtained it is possible to indicate that the operational velocity range from 4 to 5 km h<sup>-1</sup> presented the lowest variation of data, presenting no point outside of the control limit, being the ideal range for harvest. The statistical analysis showed higher losses in transportation as the slope of the terrain increased.

**Keywords:** Mechanized harvesting, forage farming, control charts, operational speeds.

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) dentre os cereais se apresenta como o quarto mais importante em produção mundial, sendo seu uso basicamente pautado como alimentação animal (Valle et al., 2009; Costa et al., 2015). De uma maneira geral, as características agrônômicas do sorgo justificam a qualidade na produção de forragem, uma vez que tem maior tolerância à seca e ao calor por apresentar um sistema radicular profundo e a capacidade de se cultivar a rebrota (Rezende et al., 2011).

Em termos de colheita, as máquinas desenvolvidas priorizam redução de custos e manutenção do valor nutritivo das forragens. Segundo Schlosser et al. (2010), boa parte das ensiladoras não realizam o seu trabalho corretamente por operarem com regulagens inadequadas ou pela falta de acompanhamento técnico. Tal falta de conhecimento faz com que ocorram redução da capacidade de colheita do maquinário, aumento do tempo e custos adicionais (Garcia et al., 2006).

Boa parte das colhedoras de forragem colhe o produto em linhas, como no caso do sorgo e do milho (Loureiro et al., 2012), e apresenta dispositivos que cortam e lançam o produto, alimentando o mecanismo dotado com várias facas dispostas que cortam o produto contra uma contra-faca, lançando o produto picado para fora através de uma bica direcionadora.

Trabalhos relacionados às perdas na colheita mecanizada de forragem são escassos, e quando monitoradas, essas perdas podem servir como indicadores do processo de colheita. Segundo Toledo et al. (2008) e Tavares et al. (2015), em razão dos bons resultados obtidos, o controle estatístico de processo (CEP) permite uma melhor compreensão de operações mecanizadas.

Avaliando a qualidade de operação da colheita mecanizada de feijão cultivado sob plantio convencional e plantio direto, Silva et al. (2013) verificaram

efeito de variáveis relacionadas à qualidade da colheita e características operacionais da máquina, por meio de controle estatístico de processo.

Avaliando por meio do controle estatístico de processo a colheita mecanizada do tomate industrial, Cunha et al. (2014) verificaram que maiores rotações do sistema de separação ocasionaram maiores perdas no sistema de separação, estando fora dos limites de controle e dos padrões aceitáveis de perdas, para a cultura do tomate industrial

Diante do exposto, o presente estudo objetivou determinar as perdas quantitativas da colheita mecanizada do sorgo forrageiro, em função da velocidade operacional e declividade, por meio do controle estatístico de processo (CEP).

### Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Seropédica-RJ, em uma área de produção agrícola, pertencente à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em solo arenoso, sendo utilizada a cultivar de sorgo (*Sorghum bicolor*) de ciclo precoce SHS570, em sistema convencional de manejo do solo.

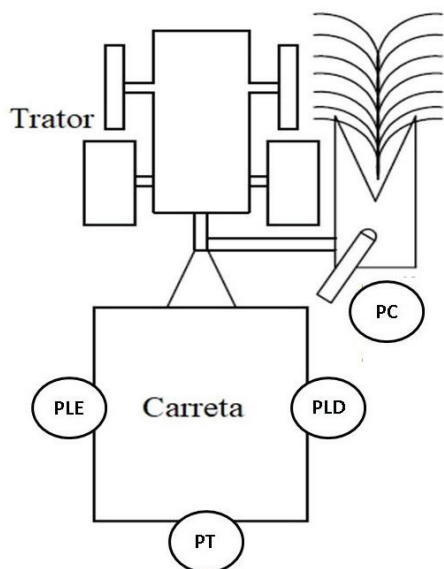
O processo de colheita aconteceu 115 dias após o processo de implantação da cultura. Dessa maneira, para o corte da forragem foi utilizado como fonte de tração um trator Massey Ferguson, modelo MF4275, motor ciclo diesel, potência nominal segundo ISSO 1585 de 55,1 kW (75 cv), tração dianteira auxiliar, rodados equipados com pneus diagonais dianteiros (12.4-24) e traseiros (16.9-30).

Na colheita e avaliação das perdas foi utilizada uma colhedora de forragem da marca PINHEIRO, modelo MAX 10, com uma linha de colheita acionada a 540 rpm da tomada de potência (TDP), bica giratória, rolo dotado com 10 facas e massa

de 552 kgf. Para o armazenamento do material utilizou-se uma carreta de 1 eixo (TRITON) acoplada à barra de tração, com capacidade de 4 toneladas.

Foi verificada a produtividade no momento da colheita mecanizada. Para tal, posicionaram-se sacos plásticos na direção do quebra-jato da colhedora, para que durante a colheita o material particulado fosse devidamente coletado, a partir de um tempo conhecido. Esse processo foi repetido seis vezes durante a colheita. Em seguida o material foi identificado e pesado em balança digital modelo UR10000 light, com precisão de 0,01 g.

Conforme a Figura 1, para a determinação das perdas ocasionadas pela colhedora (PC), foi posicionada uma armação com área de 1,5 m<sup>2</sup> onde foram coletados na superfície do solo restos vegetais da cultura e grãos, os quais não foram recolhidos e processados pela plataforma de corte da colhedora, sendo posteriormente pesados. Dessa forma, a área amostrada foi constituída de 35 pontos amostrais, equidistantes em 100 m, e selecionados sequencialmente no início da colheita.



**Figura 1.** Croqui das perdas no processo de colheita mecanizada do sorgo silageiro.

As perdas geradas no transporte (Ptr) durante o processo de colheita foram obtidas por meio de três armações constituídas de ferro fundido, com área interna igual a 0,5 m<sup>2</sup>, que foram posicionadas nas laterais (PLE e PLD) e na traseira (PT) da carreta, conforme a Figura 1, totalizando 1,5 m<sup>2</sup>. A armação foi utilizada durante o tempo de enchimento da carreta e o transporte do material colhido foi feito para a área onde foi realizada a ensilagem.

Dessa forma, as perdas totais (Ptot) do processo de colheita mecanizada foram obtidas pelo somatório das perdas ocasionadas pela colhedora (Pc) e as perdas do transporte (Ptr). Sendo assim, os dados obtidos foram convertidos para peso de matéria seca, obtendo-se o valor de 37,3% do peso fresco produzido, estando, portanto, dentro do ponto ideal para colheita.

A declividade é um fator que influencia diretamente no rendimento operacional da colheita, principalmente pela questão do nivelamento da máquina, o que ocasiona queda no rendimento do mecanismo de corte de colhedoras, sejam elas auto propelidas ou tracionadas. No presente estudo, as declividades estudadas na área de colheita foram nas faixas de 0-5 e de 5 -10%, e, dessa forma, para a verificação do efeito significativo da declividade nas perdas ocorridas no processo de colheita, os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F a 5% de probabilidade.

Por meio do programa computacional MINITAB ® 14, foi possível a visualização geral do comportamento dos dados coletados no campo, bem como a avaliação da qualidade da operação de colheita. Dessa forma, foram calculados a média aritmética, mediana, valor máximo e mínimo, desvio-padrão e coeficientes de variação (CV), assimetria (cs) e curtose (ck). A averiguação da normalidade dos dados

obtidos foi realizada pelo teste Shapiro-Wilk, sendo utilizadas, como métodos estatísticos, cartas de controle, para cada variável. As cartas de controle e amplitude apresentam, como linha central, a média geral, amplitude média e limites superior (LSC) e inferior de controle (LIC), calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC =  $3\sigma$  e para LIC =  $-3\sigma$ , quando maior que zero).

### Resultados e Discussão

As produtividades médias de matéria seca obtidas foram próximas à média dada pelo fabricante do sorgo tipo híbrido SHS570 para a mesma época do ano, ou seja,  $13 \text{ t.ha}^{-1}$ . Esse híbrido é caracterizado por ter fins de silagem, ser resistente às principais doenças da cultura, ter ciclo precoce e por não ter tanino. Segundo Chielle et al. (2013), o desempenho da maioria dos genótipos de sorgo silageiro é superior ao do milho, com resultados variando de  $6,9$  a  $19,9 \text{ t.ha}^{-1}$ . A partir do resultado encontrado, as perdas puderam ser calculadas em função da produtividade média da colheita do sorgo, de aproximadamente  $12 \text{ t.ha}^{-1}$ , sendo, portanto, próximo ao determinado pelo fabricante e dentro do sugerido pelo autor.

A declividade operacional provocou efeito significativo para as perdas no transporte ( $p \leq 0,01$ ) e

nas perdas totais ( $p \leq 0,035$ ) ocorridas no processo de produção. As perdas na colheita mecanizada sofreram efeito direto da declividade, pois à medida que aumentou a faixa, também aumentaram as perdas tanto no transporte quanto para as perdas totais (Tabela 1). O fato de as perdas totais serem compostas pelo somatório das perdas consideradas neste trabalho justifica seu resultado ter sido significativo para a variável declividade, uma vez que também foi para as perdas no transporte.

Para Höfig e Araújo Júnior (2015), uma das principais características geomorfológicas limitantes à utilização de máquinas agrícolas é a declividade do terreno, uma vez que está intimamente ligada às condições de tráfego, pois afeta a velocidade de deslocamento e a estabilidade da máquina, e, por conseguinte, queda da produtividade.

Avaliando as perdas geradas durante o transporte do material particulado, fez-se a separação das perdas ocasionadas nas laterais direita e esquerda e as perdas na traseira da carreta armazenadora, conforme Figura 2. De uma maneira geral, os modelos obtidos para o lado esquerdo e a parte traseira da carreta de transporte apresentaram elevados valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), indicando uma relação linear entre as variáveis.

Os resultados de estatística descritiva para os parâmetros de medida de tendência central (média,

**Tabela 1.** Análise de variância para as perdas na colhedora ( $P_c$ ), perdas no transporte ( $P_{tr}$ ) e perdas totais ( $P_{tot}$ ) em função da declividade.

FV	GL	Perdas na colhedora		Perdas no transporte		Perdas totais	
		QM	F <sub>calc</sub>	QM	F <sub>calc</sub>	QM	F <sub>calc</sub>
Trat.	1	0,71	0,797 <sup>n.s.</sup>	109,03	0,003*	92,04	0,031*
Res.	33	10,06		11,2		18,03	

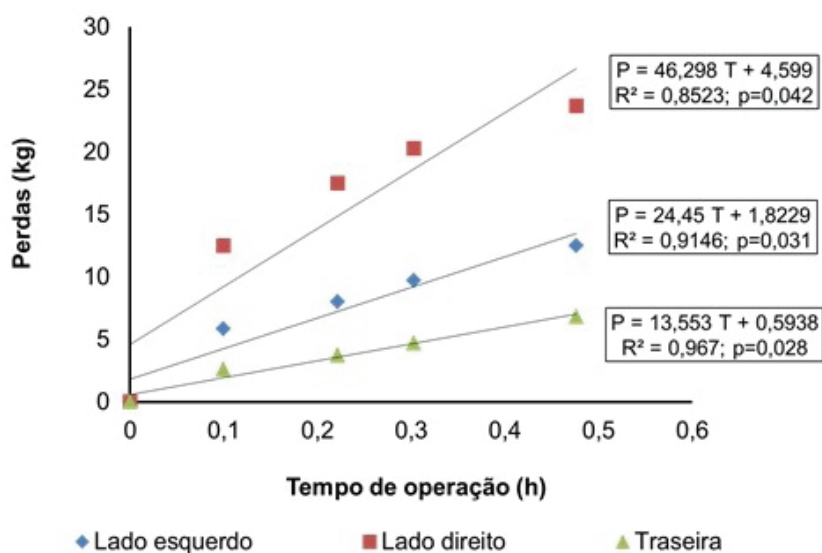
\*diferem estatisticamente pelo teste F; <sup>n.s.</sup> não diferem estatisticamente pelo teste F ( $P > 0,05$ ).

mediana e amplitude) e de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) para a velocidade operacional, perdas da colhedora, perdas no transporte e perdas totais estão apresentados na Tabela 2. Segundo Pimentel-Gomes (2009), se o coeficiente de variação (Cv) for inferior a 10%, é considerado baixo, ou seja, o experimento tem maior precisão; entre 10 e 20%, é considerado médio, e alto entre 20 e 30%.

A partir dessa análise pode-se observar que os valores de Cv encontrados, para a maioria das variáveis, estiveram próximos a 20%, indicando uma mé-

dia dispersão dos dados. Já para as perdas na colhedora, tal coeficiente divergiu dos demais resultados, sendo, portanto, considerado alto para Pimentel-Gomes (2009). Porém, esse resultado não é incomum em processos agrícolas, como observa-se no resultado semelhante encontrado por Chioderoli et al. (2012) para as perdas de grãos no sistema de trilha, indicando que causas especiais de variação interferiram no processo.

Segundo Compagnon et al. (2012), grande parte dos trabalhos realizados utilizando a metodologia do controle estatístico de processo encontrou resulta-



**Figura 2.** Perdas no transporte do sorgo forrageiro em função do tempo de operação.

**Tabela 2.** Análise estatística descritiva para velocidade operacional (V), perdas da colhedora (PC), perdas no transporte (Ptr) e perdas totais (PT).

Variável	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficientes			Teste
			Max.	Min.		Cv(%)	Ck	Cs	
V (Km h <sup>-1</sup> )	4,7	5,06	6,37	3,13	0,92	19,65	-1,03	-0,55	A
Pc (Kg)	3,17	2,01	14,63	0,433	3,21	101,05	1,92	3,81	A
Ptr (kg)	21,73	24,78	25,14	9,73	3,75	17,28	2,4	-1,66	A
Ptot (Kg)	24,9	27,06	37,53	13,17	4,53	18,17	1,83	-1,71	N

Cv: coeficiente de variação; Cs: coeficiente de assimetria; Ck: coeficiente de curtose; \*N: distribuição de frequência normal pelo teste de Shapiro-Wilk; \*A: distribuição assimétrica.

dos semelhantes aos obtidos no presente estudo, apresentando coeficiente de variação entre 40 e 180%, quando avaliados mecanismos presentes nas máquinas utilizadas. Assim, as causas especiais nesta operação agrícola podem estar ligadas a alguns possíveis fatores como a velocidade de operação, regulação incorreta da colhedora, experiência do operador e características da própria planta, como o seu acamamento.

Analisando a carta de controle presente na Figura 3, é possível observar a dispersão dos valores da distribuição em torno da média, e notar que a maioria desses valores se encontra acima da média total ( $4,7 \text{ km h}^{-1}$ ) da velocidade durante o processo de colheita. A distribuição dos pontos é explicada de acordo com os coeficientes de curtose e assimetria com valores negativos, em que a distribuição dos valores tendeu a ser mais direita e mais achatada quando foi comparada com a distribuição normal.

A partir da carta de controle individual da velocidade operacional é possível observar que, durante o processo, o comportamento da variável se mostrou sob controle. Em termos da amplitude dos dados, verifica-se que os pontos 18 e 35 da carta estão acima do limite superior de controle, o que explica haver uma variação grande da velocidade operacional desses pontos para o vizinho. Em ambos os casos, esse valor da amplitude não afetou a carta para os valores individuais da velocidade, mas, mesmo assim, tornam o processo fora de controle estatístico, evidenciando a ocorrência de causas especiais.

Segundo Ramos et al. (2012), o escalonamento da velocidade, relação entre a velocidade de deslocamento e a rotação do motor permitem uma melhor adequação do trator com o esforço solicitado, além de influenciar no desempenho de campo dos conjuntos. Com base nos resultados expostos, é possível afirmar que a escolha adequada da velocidade operacional dos

conjuntos permite o aumento da capacidade de campo efetiva, eficiência operacional e redução do tempo demandado para as tarefas (Cortez et al., 2008).

Especificamente, na operação de colheita, a escolha da velocidade operacional da colhedora é de grande importância, visto que afeta diretamente o rendimento operacional do conjunto, ou seja, o tempo gasto por hectare, como sua capacidade de produção expressa em toneladas por hora, além da eficiência de colheita.

As perdas ocasionadas pela colhedora na maioria dos pontos avaliados apresentaram valores abaixo da média total (2,72 %) durante a avaliação. Esse comportamento dos dados é explicado pelo fato dos coeficientes de curtose e assimetria obtidos apresentarem valores positivos, bem como indicarem o grau de dispersão à direita e acima dos valores da distribuição em torno da média.

A partir da carta de controle apresentada na Figura 4, nota-se que tanto na faixa de velocidade de 3 a  $4 \text{ km h}^{-1}$  quanto na de 5 a  $7 \text{ km h}^{-1}$  há pontos fora do limite de controle, evidenciando a ocorrência de causas especiais que afetam a sua estabilidade. Porém, levando em consideração que, segundo Volpato et al. (2004), os índices de perda durante a colheita de forragens podem provocar desperdícios de até 10-15% ou mais de massa verde, os resultados apresentados estão dentro do padrão recomendado para forragem.

A faixa de velocidade de 4 a  $5 \text{ km h}^{-1}$  apresenta menor variação entre os dados, não ultrapassando os limites de controle em nenhum ponto amostral. Este resultado se assemelha ao encontrado por Mesquita et al. (2006), que afirmam que as menores perdas na colheita são observadas para velocidades próximas à faixa de 4,5 a  $5,5 \text{ km h}^{-1}$ . Garbuio et al. (2008) observaram que quando se trabalhou com as velocida-

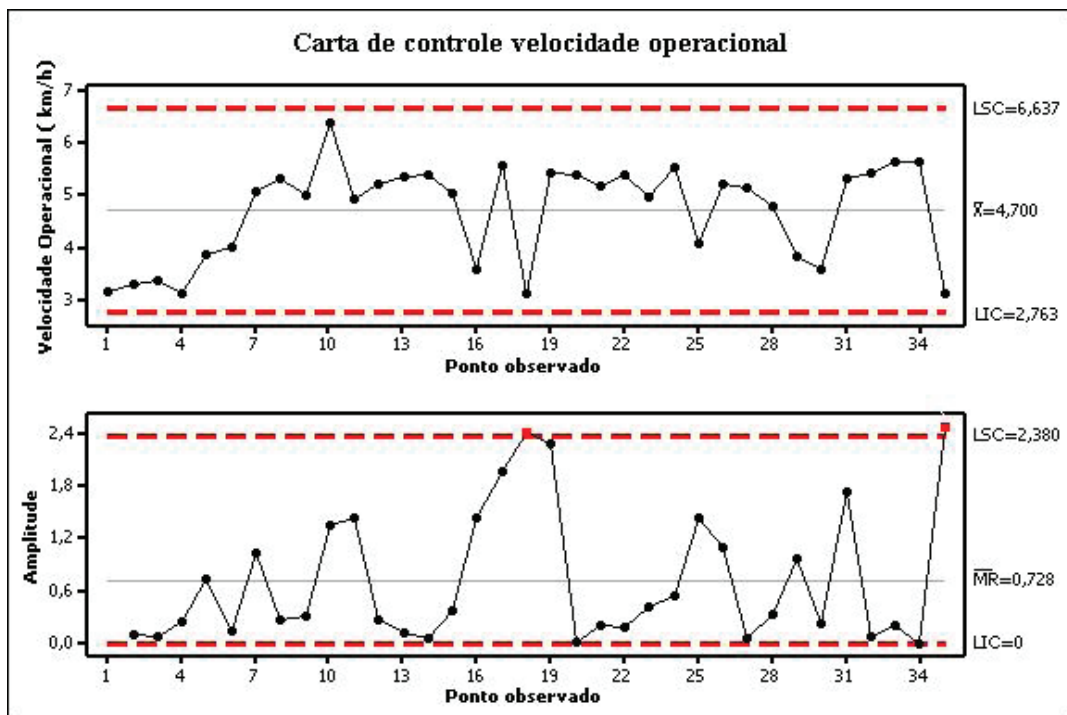


Figura 3. Carta de controle para a velocidade operacional da colhedora.

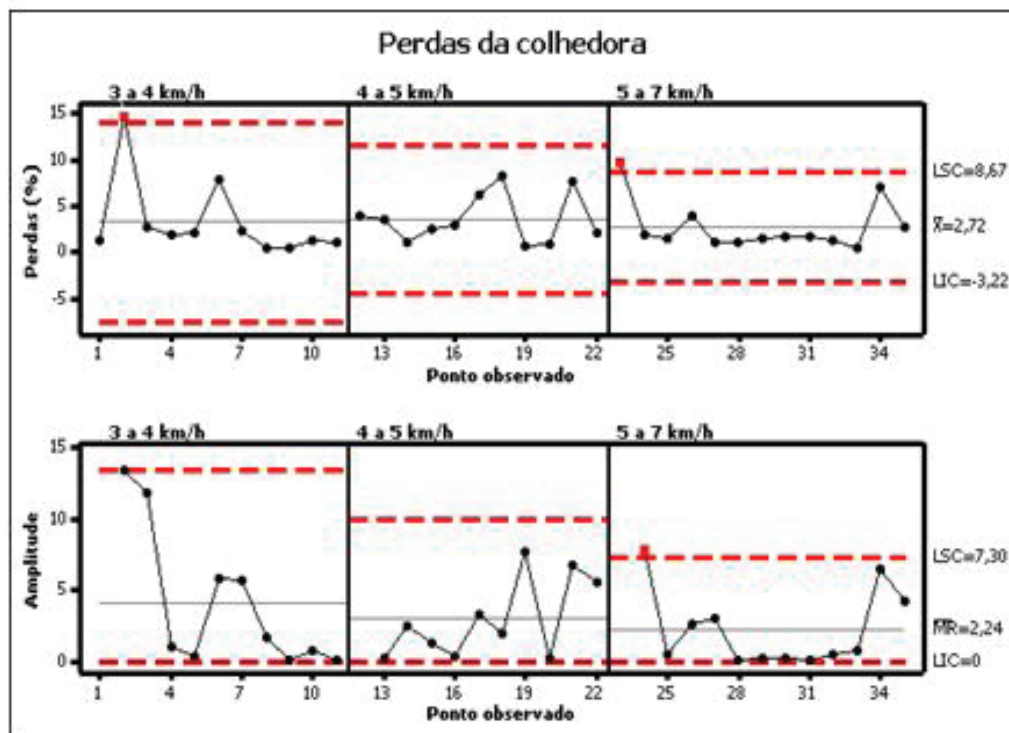


Figura 4. Carta de controle das perdas da colhedora em função da velocidade de deslocamento.

des de 3,4 e 5,6 km h<sup>-1</sup>, ou seja, taxas de alimentação menores, os dispositivos de recolhimento e corte da colhedora de forragem pareceram exercer sua real função.

As perdas de forragem atribuídas ao sistema de corte estão associadas ao estado de desgaste e afiação das lâminas de corte e à velocidade de operação da máquina acima do recomendado. Velocidades elevadas provocam perdas por deixar material não cortado no campo e por provocarem embuchamento em certas ceifadoras desprovidas de contra-faca (duas lâminas) (Volpato et al., 2004).

Segundo Mesquita e Hanna (1993), é possível reduzir os índices de perdas em até 80% com regulagens da plataforma de corte e com o controle de velocidade de deslocamento da colhedora, evitando-se velocidades exageradas (acima de 7 km.h<sup>-1</sup>).

Comportamento semelhante ocorre ao analisar as perdas no transporte do material colhido. Com a carta de controle presente na Figura 5, é possível observar a dispersão dos pontos em torno da média e notar que a maioria destes se encontra acima da média total (20,32%) das perdas provenientes pelo transporte do material particulado.

Assim, é considerado um processo controlado, com variações aleatórias causadas por fatores naturais ao processo. Contudo, pode-se analisar com esta carta que, para as velocidades de 4 a 5 km h<sup>-1</sup>, as perdas no transporte tiveram uma menor variação comparada às outras faixas de velocidade.

Pode-se observar na Figura 6 a dispersão dos valores da distribuição em torno da média, e pode-se ver que a maioria dos pontos se encontra acima da média total (23,04%) das perdas totais durante a avaliação da colheita mecanizada.

Tais perdas analisadas também se mostraram estáveis dentro do limite de controle, como mostra a

carta de controle. Contudo, pode-se analisar que há uma menor variação dos pontos amostrais para a faixa de velocidade entre 4 e 5 km h<sup>-1</sup>, apresentando um comportamento mais homogêneo.

Para a cultura do sorgo não há relatos de recomendação de velocidade para a colheita, contudo acredita-se que valores sugeridos para a cultura do milho seriam convenientes para o aproveitamento animal. De acordo com Cunha e Zandbergen (2007), a velocidade de trabalho recomendada para uma colhedora é determinada em função da produtividade da cultura e da capacidade admissível de manusear toda a massa que é colhida junto com o grão, sendo adequadas para a cultura do milho velocidades de trabalho variando de 4 a 6 km h<sup>-1</sup>.

Lima et al. (2008), utilizando colhedoras semi-montadas na colheita do milho, obtiveram menores perdas de separação e limpeza, separação e limpeza mais trilha e perdas totais, nas velocidades 5,47 e 3,06 km h<sup>-1</sup>, respectivamente. Já as maiores perdas ocorreram quando a colheita foi conduzida na menor velocidade 2,12 km h<sup>-1</sup>.

No estudo realizado por Factori et al. (2014a), a velocidade de deslocamento do conjunto trator-equipamento precisou ser reduzida por causa do grande volume do material a ser processado, visto que o aumento da velocidade de deslocamento proporciona o aumento das perdas por tombamento de plantas e do tamanho das partículas da forragem processada.

Cabe ressaltar que, segundo Factori et al. (2014b), o tamanho de partícula influencia os padrões de fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido e outros nutrientes no rúmen. Nesse contexto, Garbuio et al. (2008) observaram que a utilização de diferentes regulagens da colhedora de forragem não alterou os tamanhos de fragmentos para a velocidade de 5,6 km



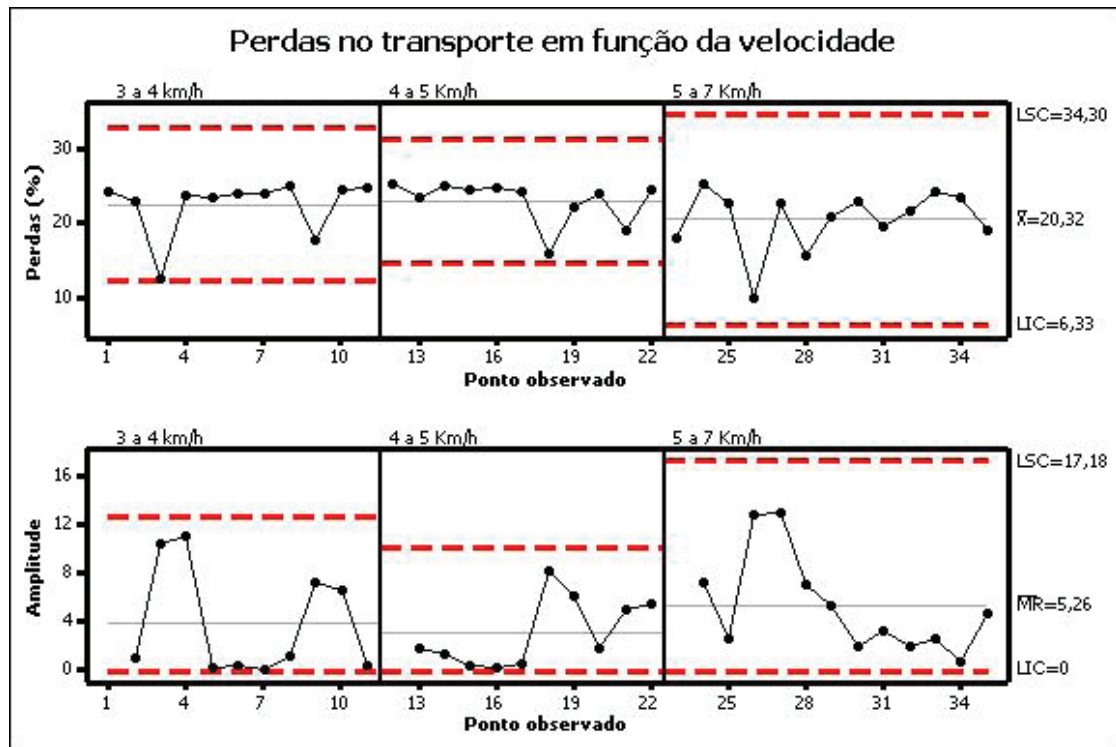


Figura 5. Carta de controle das perdas do transporte em função da velocidade de deslocamento.

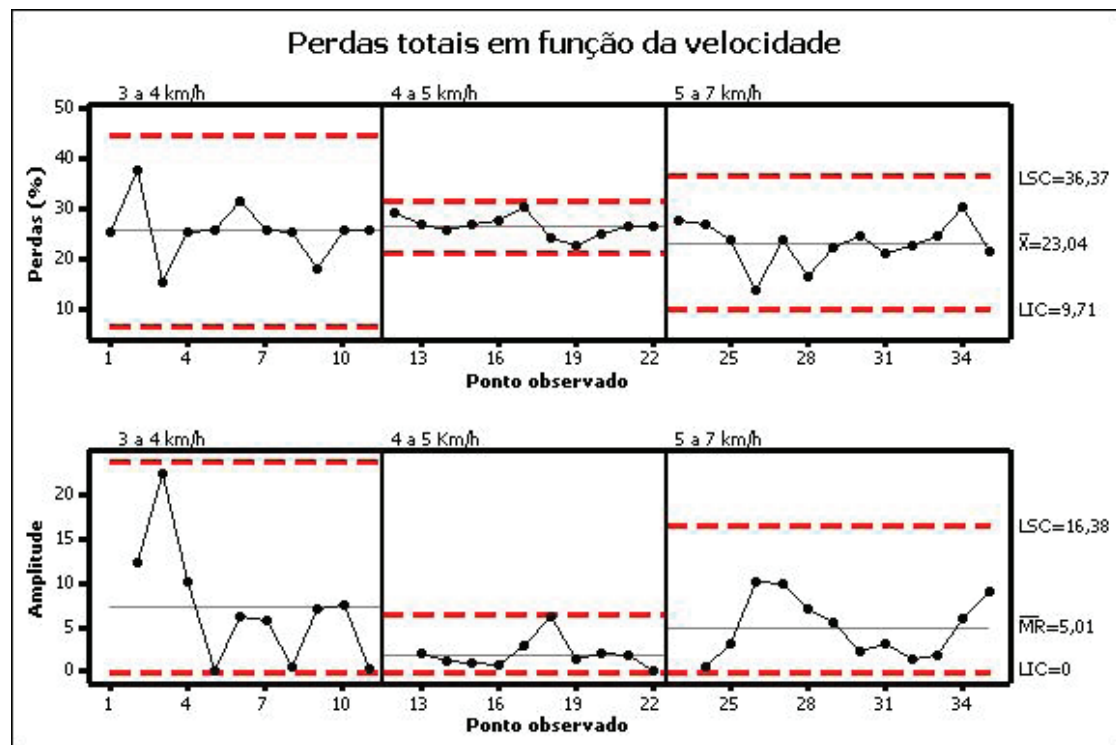


Figura 6. Carta de controle das perdas totais em função da velocidade de deslocamento.

h<sup>-1</sup>. Porém, aumentando a velocidade do conjunto, maiores foram os tamanhos de fragmentos obtidos, o que dificulta a compactação e ainda o processo de conservação.

Portanto, essa discussão é adotada como interessante para o atual estudo, uma vez que é importante ter o controle da velocidade já que tal variável modifica a taxa de alimentação da colhedora, podendo influenciar quantitativamente nas perdas pelo fato de limitar o mecanismo de alimentação em executar sua função ideal, além de proporcionar a variação do tamanho do particulado.

### Conclusões

A utilização do controle estatístico de processo (CEP) foi eficiente na identificação do comportamento dos pontos fora de controle para as perdas provenientes da colhedora, porém estiveram dentro dos padrões aceitáveis.

O uso de velocidades operacionais entre 4 e 5 km h<sup>-1</sup> permitiu menores perdas dos mecanismos de corte da colhedora.

Os resultados mostraram uma alta correlação das perdas ocasionados durante o transporte do material particulado e das perdas totais com a declividade e também que a velocidade operacional não teve interferência significativa na colheita mecanizada do sorgo forrageiro.

### Referências

- CHIELLE, Z. G.; GOMES, J. F.; ZUCHI, J.; GABE, N. L.; RODRIGUES, L. R. Desempenho de genótipos de sorgo silageiro no Rio Grande do Sul na safra 2011/2012. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 260-269, 2013. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p260-269](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p260-269).
- CHIORDEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R. H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p. 112-121, 2012. DOI: [10.1590/S0006-87052012005000003](https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000003).
- COMPAGNON, A. M.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M. A. Comparação de métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Revista Scientia Agropecuaria**, v. 3, n. 3, p. 215-223, 2012.
- CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C. Efeito residual do preparo do solo e velocidade de deslocamento na operação de semeadura da *Crotalaria juncea*. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 357-362, 2008. DOI: [10.5380/rsa.v9i3.11518](https://doi.org/10.5380/rsa.v9i3.11518).
- COSTA, N. D. L.; MONTEIRO, A. L. G.; SILVA, A. L. P.; MORAES, A.; GIOSTRI, A. F.; STIVARI, T. S. S.; PIN, E. A. Considerações sobre a degradação da fibra em forragens tropicais associada com suplementos energéticos ou nitrogenados. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 64, n. 247, p. 31-41, 2015.
- CUNHA, J. P. A. R.; ZANDBERGEN, H. P. Perdas na colheita mecanizada da soja na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 61-66, 2007.
- CUNHA, J. P. B.; MACHADO, T. A.; SANTOS, F. L.; COELHO, L. M. Perdas na colheita de tomate industrial em função da regulação da colhedora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 363-369, 2014. DOI: [10.1590/S1983-40632014000400006](https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000400006).
- FACTORI, M. A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; SILVA, M. G. B. Demanda energética na colheita de híbridos de milho para silagem em função do estágio de maturidade e tamanho de partícula. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 363-371, 2014a.
- FACTORI, M. A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; SILVEIRA, J. P. F.; SILVA, M. G. B. Degradabilidade e

- digestibilidade de híbridos de milho em função do estágio de colheita, tamanho de partícula e processamento por meio do esmagamento na ensilagem. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 882-891, 2014b.
- GARBUIO, P. W.; NETO, P. H. W.; LEÃO, K.; DALALIBERA, H. C.; SOUZA, N. M. Regulagens e velocidades de uma colhedora de forragem na ensilagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 383-390, 2008.
- GARCIA, L. C.; JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A. J.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 520-527, 2006.  
DOI: [10.1590/S0100-69162006000200021](https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000200021).
- HÖFIG, P.; ARAÚJO JÚNIOR, C. F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no Estado do Paraná. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 195-203, 2015.
- LIMA, C. M.; MOLIN, J. P.; ARAÚJO, J. C.; DEL PINO, M. A. I. T. Desempenho de colhedoras semimontadas para a colheita direta de milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 720-729, 2008.  
DOI: [10.1590/S0100-69162008000400012](https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000400012).
- LOUREIRO, D. R.; FERNANDES, H. C.; MARTINS TEIXEIRA, M.; LEITE, D. M.; COSTA, M. M. Perdas quantitativas na colheita mecanizada do milho cultivado em espaçamentos reduzido e convencional. **Semina**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 565-574, 2012.  
DOI: [10.5433/1679-0359.2012v33n2p565](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p565).
- MESQUITA, C. M.; HANNA, M. A. Soybean threshing mechanics: I. Frictional rubbing by flat belts. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 36, n. 2, p. 275-279, 1993.  
DOI: [10.13031/2013.28335](https://doi.org/10.13031/2013.28335).
- MESQUITA, C. M.; HANNA, M. A.; COSTA, N. P. Crop and harvesting operation characteristics affecting field losses and physical qualities of soybeans - Part I. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 22, p. 325-333, 2006.  
DOI: [10.13031/2013.20449](https://doi.org/10.13031/2013.20449).
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009. 451 p.
- PINTON, D. H. Controle estatístico de processo. **Revista IMES**, n. 40, p. 35-38, 1997.
- RAMOS, C. R.; LANÇAS, K. P.; MASIEIRO, F. C.; LYRA, G. A.; MARASCA, I. Potência e economia. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 11, n. 120, p. 28-31, 2012.
- REZENDE, G. M.; PIRES, D. A. de A.; BOTELHO, P. R. F.; JÚNIOR, V. R. R.; SALES, E. C. J.; JAYME, D. G.; MOREIRA, P. R. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 171-179, 2011.  
DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v10n2p171-179](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v10n2p171-179).
- SCHLOSSER, J. F.; DORNELLES, M. E.; PINHEIRO, E. D.; DURIGON, R.; RUSSINI, A. Uniformidade de picado processado por colhedora de forragem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 299-306, 2010.  
DOI: [10.1590/S0100-69162010000200012](https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000200012).
- SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 61-69, 2013.  
DOI: [10.1590/S1806-66902013000100008](https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100008).
- TAVARES, T. O.; SANTINATO, F.; SILVA, R. P. da; VOLTARELLI, M. A.; PAIXÃO, C. S. S.; SANTINATO, R. Qualidade do recolhimento mecanizado do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 455-463, 2015.
- TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; MAGALHÃES, S. C.; COSTA, B. O. Caracterização

- das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008.  
DOI: [10.1590/S0100-69162008000400011](https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000400011).
- VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.
- VOLPATO, C. E.; SALVADOR, N.; BARBOSA, J. A. Aproveitamento integral. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 34, p. 14-17, 2004.