

QUALIDADE DO RECOLHIMENTO MECANIZADO DO CAFÉ

Tiago de Oliveira Tavares¹, Felipe Santinato², Rouverson Pereira da Silva³,
Murilo Aparecido Voltarelli⁴, Carla Segatto Strini Paixão⁵, Roberto Santinato⁶

(Recebido: 13 de janeiro de 2015 ; aceito: 04 de maio de 2015)

RESUMO: O recolhimento do café de varrição é essencial para reduzir as perdas que ocorreram de forma natural ou devido à colheita. Objetivou-se avaliar a qualidade operacional de um conjunto mecanizado de recolhimento de café, utilizando o controle estatístico de processo. A avaliação da qualidade operacional foi materializada em grade amostral de 27 pontos, espaçados em 10 m na fileira do cafeeiro. A operação foi realizada em lavoura com carga pendente de 90,0 sacas de café ben. ha⁻¹, sendo 15,3 sacas de café ben. ha⁻¹, presentes no solo. Utilizou-se como tratamentos três rotações da TDP (444, 540 e 630 rpm), casualizadas estatisticamente, com nove repetições. Avaliou-se a composição do material inicial presente no solo, a quantidade de café remanescente após a operação da recolhedora, a eficiência de recolhimento e a eficiência de separação do café e detritos no interior da máquina. Concluiu-se que a quantidade de material a ser recolhido pode apresentar alta variabilidade na distribuição. A quantidade de café presente neste material apresenta alta variabilidade, interferindo na capacidade de recolhimento e separação da máquina. O incremento na rotação da TDP da recolhedora não eleva a eficiência de recolhimento, mas melhora a eficiência de separação do café no interior da máquina.

Termos de indexação: Recolhedora, *Coffea arabica*, controle estatístico de processo.

QUALITY OF HARVEST MECHANICAL OF COFFEE FALLEN ON THE GROUND

ABSTRACT: The harvest of coffee fallen on the ground is essential to reduce the losses that occurred naturally or because of the crop plant. The objective was to evaluate the operational quality of a mechanized set of coffee harvest on the soil, using the statistical process control. The evaluation of operational quality was reflected in sampling grid of 27 points, spaced 10 m in coffee row. The operation was performed in crop with load pending 90.0 ben bags of coffee. ha⁻¹, with 15.3 ben bags of coffee. ha⁻¹ in the soil. It was used as treatments, three rotations of PTO (444; 540 and 630 rpm), statistically distributed with nine replications. We evaluated the composition of the first material found in the soil, the amount of coffee remaining after the operation of the harvester; the collecting efficiency and the separation efficiency coffee and debris inside the machine. It was found that the amount of material to be collected may have a high variability in the distribution. The amount of this coffee in this material shows high variability, affecting the ability of gathering and separation of the machine. The increase in rotation of the PTO harvester does not increase the efficiency of gathering, but improves the separation efficiency of the coffee inside the machine.

Index terms: Harvester, *Coffea arabica*, statistical process control.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do café representa importante fonte de renda e empregos em vários países tropicais, como o Brasil, que é o maior produtor e exportador mundial (DAVIS et al., 2006).

A cafeicultura brasileira se encontra cada vez mais mecanizada, principalmente nas atividades relacionadas à colheita que, anteriormente, era realizada de forma manual (SILVA et al., 2006). A mecanização nas lavouras cafeeiras iniciou-se com maior vigor na região do Cerrado Brasileiro, principalmente devido aos relevos mais planos (FERNANDES; SANTINATO; SANTINATO, 2012) e por ser esta uma técnica que permite reduzir dos custos operacionais (SILVA, F. et al., 2013), podendo reduzir até 60% dos custos de produção (SANTINATO et al., 2013). Silva et al.

(2003) também observaram que, trabalhando com colheita mecanizada somente na planta e colheita mecanizada na planta e no solo, as reduções de custos foram de 46 e 67%, em relação à colheita manual, respectivamente.

A colheita mecanizada do café acontece em duas fases: na primeira, ocorre a derriça e o recolhimento do café contido nas plantas, enquanto que, na segunda fase, tem-se o recolhimento do café presente no solo, comumente chamado café de varrição. A queda do café no solo pode acontecer por vários motivos, tais como: estágio avançado de maturação dos frutos (SILVA et al., 2010), incidência de pragas e doenças, pluviosidade, ou ainda, pela própria ação da colheita mecanizada (OLIVEIRA et al., 2007).

A eficiência da colheita mecanizada do café elevou-se, principalmente, em decorrência

^{1,2,3,4,5}Univ. Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/UNESP - Campus de Jaboticabal- Departamento de Engenharia Rural Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - 14884-900 - Jaboticabal-SP - tiagoolitavares@hotmail.com, fpsantinato@hotmail.com, rouverson@gmail.com, murilo_voltarelli@hotmail.com, ca_paixao@live.com

⁶Rua Violeta 133, apt.4 - Bairro Universitário - Rio Paranaíba-MG - 38.810-000 - rsantinatocafeicultura@hotmail.com

da evolução tecnológica das colhedoras, da capacitação dos operadores e do maior conhecimento, por parte dos profissionais que recomendam as regulagens da máquina (OLIVEIRA et al., 2007). Apesar das melhorias, dificilmente se atingem eficiências próximas a 100%. A princípio, um dos principais problemas é a diferença de estágio de maturação dos frutos nas lavouras. Cada estágio de maturação demanda uma quantidade de “energia” para que os frutos se desprendam dos ramos, o que dificulta a retirada total dos frutos do cafeeiro com apenas uma operação. Vibrações elevadas aumentam os danos às plantas e à quantidade de café arremessado para fora da máquina. Outro entrave, é a capacidade limitada do sistema de recolhimento das colhedoras e quando há quantidades elevadas de café e material vegetal, desprendidos em decorrência da colheita, poderá haver dificuldade de separação, fazendo com que parte deste café caia sob a saia do cafeeiro, juntamente com as folhas (SANTINATO et al., 2014; SILVA et al., 2010).

Além das questões relacionadas à eficiência da operação em si, alguns trabalhos têm realizado a análise da qualidade das operações mecanizadas na cafeicultura, visando identificar pontos potenciais e criar um plano de melhorias para eliminar a influência de ações extrínsecas ao processo, aumentando a qualidade das operações (CASSIA et al., 2013; SANTINATO et al., 2014; SILVA et al., 2014).

O controle estatístico de processo (CEP) é uma técnica estatística para o controle da qualidade em operações agrícolas mecanizadas, empregadas em várias culturas, obtendo resultados promissores, uma vez que o controle das operações agrícolas permite a diminuição na variabilidade, obtendo-se resultados mais próximos aos aceitáveis (BARROS; MILAN, 2010; COMPAGNON et al., 2012; NORONHA et al., 2011; PELOIA; MILAN; ROMANELLI, 2010; SILVA, R. et al., 2013; TOLEDO et al., 2008; TOLEDO; SILVA; FURLANI, 2013; VOLTARELLI et al., 2014; ZERBATO et al., 2014).

Observações de campo sugerem que existem alguns fatores que interferem no desempenho das colhedoras, tais como: desníveis e irregularidades do terreno, quantidade de impurezas e quantidade de café. Nesse aspecto, o emprego de ferramentas do controle estatístico de qualidade, pode permitir, por meio da análise de cartas de controle, verificar quais e com que intensidade os fatores externos influem na qualidade do recolhimento mecanizado. Assim, objetivou-se avaliar quali-quantitativamente o recolhimento de café em regulagens da rotação de trabalho da colhedora, utilizando-se o controle estatístico do processo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Presidente Olegário-MG, Brasil, nas coordenadas geodésicas latitude 18°02'04" sul e longitude 47°27'38" oeste, com altitude e declividade médias de 917 metros e 3%, respectivamente. O clima do local é o Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média de 1400 mm anuais. A cultivar utilizada foi a Catuaí Vermelho IAC 144 plantada em círculo, em dezembro de 2005 (8/9 anos de idade), no espaçamento de 4,0 m entrelinhas e 0,5 m entre plantas (5000 plantas ha⁻¹), irrigada via pivô central Lepa.

Anteriormente à operação de recolhimento, realizou-se a operação de arruação mecanizada, retirando-se todo o material (café e resíduos vegetais) sob as plantas e enleirando-o na entrelinha da cultura. Utilizou-se arruador/soprador montado, modelo Varre Tudo (Mogiana), tracionado e acionado por um trator 4 x 2 TDA (John Deere 5425N), com potência nominal de 55,2 kW (75 cv) no motor. A marcha de trabalho adotada foi a 1ª “A”, com rotação de 2400 rpm no motor. A máquina possui uma turbina que gera uma corrente de ar com elevada potência, dois tubos direcionadores de ar (sopradores) e dois discos varredores (arruadores). O ar é direcionado, lateralmente, sob a copa dos cafeeiros, removendo todo o material vegetal ali presente e o depositando no centro da rua paralela a seu sentido de deslocamento. Os discos varredores possuem placas de borracha ou plástico que raspam o material presente no centro da rua, previamente soprado, formando uma leira central, formada em decorrência dos sentidos alternados que os discos arruadores rotacionam (horário e anti-horário). As leiras são compostas de resíduos vegetais (pó de folhas, folhas e fragmentos de ramos), de resíduos minerais (terra, torrões e pedras) e de frutos de café.

O recolhimento mecanizado do café foi realizado em 18/08/2014, utilizando uma colhedora de café Master Café 2 (Miac), tracionada por um trator 4 x 2 TDA (John Deere 5425N), com potência nominal de 55,2 kW (75 cv) no motor. A marcha de trabalho adotada foi a 2ª “A”, variando-se as rotações do motor (1400, 1700 e 2000 rpm), para possibilitar diferentes rotações da TDP (444, 540 e 630 rpm) e, conseqüentemente, diferentes rotações da máquina. As rotações foram mensuradas diretamente na TDP, com auxílio de um tacômetro digital (Microtest, modelo L20). A colhedora é constituída por uma esteira colhedora, cilindro trilhador, um conjunto de

peneiras, turbina e caçamba graneleira. A esteira recolhe o material enleirado (café e os resíduos vegetais e minerais) e, internamente, o submete a um cilindro e a um conjunto de peneiras que separam o café, trituram os resíduos vegetais e eliminam resíduos minerais; no final das peneiras, a turbina succiona e retira as impurezas mais leves que os grãos de café, armazenando somente o café, em seu compartimento graneleiro de 3 m³. Porém, a separação ainda não é completamente eficiente, de forma que no depósito, juntamente com o café há impurezas minerais e vegetais.

A distribuição experimental foi materializada em uma grade amostral de 27 pontos, espaçados em 10 m na linha do cafeeiro, e em cada ponto operou-se a recolhedora com uma das rotações (1400, 1700 ou 2000 rpm), casualizadas estatisticamente, com nove repetições.

A caracterização do material foi realizada em dois metros de cada ponto de avaliação, na qual quantificaram-se impurezas e o café presente na leira. O material foi colocado em sacos de ráfia e pesado e, posteriormente, com auxílio de uma peneira para café, separaram-se as impurezas, determinando-se somente a massa de café e, por diferença, a massa de impurezas. Os valores encontrados de impurezas e de café em “coco” foram estipulados em toneladas ha⁻¹.

Posteriormente, operou-se a recolhedora e coletou-se o material residual após sua operação. Deste material separou-se, utilizando peneira e seleção manual, somente o café, que foi posteriormente pesado, sendo este produto considerado como café remanescente. De posse dos dados, subtraiu-se a quantidade de café inicial pelo café remanescente, para se obter o café recolhido. A eficiência de recolhimento (%) foi obtida por meio da equação 1.

$$ER = \frac{(C_i - C_r)}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

ER= Eficiência de Recolhimento (%)

C_i= Quantidade de café total (kg m⁻¹)

C_r= Quantidade de café remanescente (kg m⁻¹)

No interior da recolhedora, coletou-se uma amostra do material recolhido diretamente do elevador que carrega o material colhido para o depósito da máquina. A amostra foi separada, manualmente, em café e impurezas. Os materiais foram pesados e os valores foram transformados

em porcentagem para se obter a pureza e a impureza da amostra, respectivamente, sendo que a porcentagem de pureza representa a eficiência de separação da recolhedora.

Os resultados foram inicialmente analisados por meio da estatística descritiva, utilizando-se medidas de tendência central (média aritmética e mediana), medidas de dispersão (amplitude, desvio-padrão e coeficiente de variação), além das medidas de assimetria e de curtose.

Com relação ao coeficiente de variação de uma distribuição de uma amostra, Pimentel-Gomes e Garcia (2002) os classificam como muito alto (>30%); alto (entre 21 e 30%); médio (11 a 20%) e baixo (<10%). Por outro lado, de acordo com Guimarães (2001), o coeficiente de assimetria (Cs) indica o afastamento da variável, em relação a um valor central. Este índice serve para caracterizar como e quanto a distribuição de frequência se afasta da simetria, sendo que: Cs > 0 tem-se uma distribuição assimétrica à direita; se Cs < 0 a distribuição é assimétrica à esquerda; e se Cs = 0 a distribuição é simétrica. Além disso, se o coeficiente de assimetria for menor que |0,15|, a distribuição tem grau de assimetria pequeno; se for maior que |1,0|, grau de assimetria elevado e entre |0,15| e |1,0|, moderado.

O índice de curtose (Ck) indica a dispersão (achatamento e alongamento) da distribuição em relação a um padrão, geralmente a curva normal. O valor de distribuição simétrica no programa Minitab® é Ck = 0 (MINITAB, 2007). A curtose recebe a seguinte classificação: Ck = 0 indica distribuição mesocúrtica, normal; se Ck < 0 a distribuição é platicúrtica (achatada) e se Ck > 0 a distribuição é leptocúrtica (alongada ou afilada).

A verificação da normalidade dos dados foi realizada por meio do teste de Ryan-Joiner, que mede a proximidade entre os pontos e a linha de estimativa da probabilidade, dando maior rigidez para a análise (ACOCK, 2008).

Em seguida, realizou-se a análise de controle estatístico de processo, utilizando-se como ferramentas cartas de controle para valores individuais, de modo a permitir a verificação da estabilidade do processo. Essas cartas apresentam três linhas, sendo que a linha central representa a média geral, enquanto que as outras duas linhas representam os limites superior e inferior de controle (LSC e LIC, respectivamente), calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio-padrão, e para LIC, média menos três vezes o desvio, quando maior que zero) (MONTGOMERY, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se a estatística descritiva para as variáveis, a massa total (MT), massa de café (MC) e massa de impurezas (IMP) apresentaram distribuição normal dos dados, de acordo com o teste de Ryan-Joiner, apresentando também baixos valores para coeficiente de curtose e assimetria (GUIMARÃES, 2001), além de a média e a mediana possuírem valores próximos (Tabela 1). Ressalta-se ainda que, os valores de amplitude foram elevados, enquanto que os valores de desvio-padrão e dos coeficientes de variação foram médios (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002), o que pode representar uma dispersão não acentuada do conjunto de dados.

De modo geral, para o indicador de qualidade café remanescente (Tabela 2) houve proximidade entre as médias e medianas, porém os valores de desvios-padrão e dos coeficientes de variação foram elevados. De acordo com o

teste de Ryan-Joiner, este indicador apresentou distribuição de probabilidade normal para as rotações de 1400 e 1700 rpm e assimétrica para 2000 rpm que apresentou grau de assimetria elevado, 2000 rpm. Além disso, esta rotação apresentou alto coeficiente de curtose, resultando em uma distribuição leptocúrtica, ou seja, apresentando um alongamento da curva.

A eficiência de recolhimento (Tabela 2) apresentou valores de desvio-padrão, amplitude e coeficientes de variação, curtose e assimetria baixos, permitindo a normalidade da distribuição de probabilidade, de acordo com o teste de Ryan-Joiner nas rotações 1400 rpm e 1700 rpm.

Para a rotação 2000 rpm no motor, os valores dos coeficientes de curtose e assimetria foram elevados (Tabela 2). Esta variável apresentou, nesta rotação, assimetria negativa, indicando o alongamento da curva de distribuição dos dados, à esquerda.

TABELA 1 - Estatística descritiva para as variáveis de caracterização.

Variáveis (t ha ⁻¹)	Média	Mediana	σ	Amplitude	CV	Cs	Ck	RJ
MT ¹	29,60	29,36	3,96	17,50	13,40	0,78	1,07	0,97 ^N
MC ²	3,70	3,75	0,52	2,20	14,10	0,02	-0,20	0,99 ^N
IMP ³	25,90	25,59	3,93	16,26	15,20	0,87	0,81	0,97 ^N

¹Massa total; ²Massa de café; ³Massa de impurezas; σ – Desvio padrão; CV (%) – Coeficiente de variação; Cs – Coeficiente de assimetria; Ck – Coeficiente de curtose; RJ – Teste de normalidade de Ryan-Joiner (N: distribuição normal; A: distribuição não normal).

TABELA 2 - Estatística descritiva para os indicadores de qualidade café remanescente, eficiência de recolhimento e pureza do café, em porcentagem.

IQ ¹ (%)	Média	Mediana	σ	Amplitude	CV	Cs	Ck	RJ
CR ² (1400 rpm)	20,63	17,81	8,35	24,04	40,49	1,20	0,48	0,97 ^N
CR ² (1700 rpm)	20,82	21,67	4,84	14,66	23,23	0,26	-0,29	0,95 ^N
CR ² (2000 rpm)	19,90	17,88	9,25	31,88	46,51	2,26	5,89	0,85 ^A
ER ³ (1400 rpm)	80,04	83,20	7,11	18,32	8,88	-0,72	-1,05	0,95 ^N
ER ³ (1700 rpm)	78,35	78,95	5,50	17,01	7,02	-0,73	0,50	0,96 ^N
ER ³ (2000 rpm)	80,22	82,50	9,37	31,95	11,68	-2,28	5,91	0,84 ^A
PC ⁴ (1400 rpm)	81,16	80,55	2,06	5,74	2,53	0,11	-1,56	0,98 ^N
PC ⁴ (1700 rpm)	85,31	85,95	2,52	6,65	2,95	0,08	-1,86	0,96 ^N
PC ⁴ (2000 rpm)	86,33	86,15	1,85	4,97	2,15	-0,20	-1,49	0,98 ^N

¹ – Indicador de qualidade; ² – Café remanescente; ³ – Eficiência de recolhimento; ⁴ – Pureza do café σ – Desvio padrão; CV (%) – Coeficiente de variação; Cs – Coeficiente de assimetria; Ck – Coeficiente de curtose; RJ – Teste de normalidade de Ryan-Joiner (N: distribuição normal; A: distribuição não normal).

Quanto à curtose, observa-se que a curva da distribuição dos dados foi platicúrtica, para o recolhimento a 1400 rpm e leptocúrtica para 1700 rpm e 2000 rpm, indicando, nestas duas rotações, a ocorrência de dados agrupados junto ao centro da distribuição.

Para a variável pureza do café, constatou-se que a média foi próxima à mediana e que os valores desvio-padrão, amplitude e os coeficientes de variação foram baixos. Analisando-se os coeficientes de assimetria, constata-se que houve simetria para as rotações de 1400 e 1700 rpm, enquanto que, para 2000 rpm, a assimetria foi moderada. Para as três rotações, ocorreu um leve achatamento das distribuições (platicúrticas), possibilitando, desta forma, que as distribuições fossem normais pelo teste de Ryan-Joiner (Tabela 2).

Pelas cartas de controle para os valores individuais, para a massa média das leiras, quantidade de café e de resíduos (Figuras 1, 2 e 3 respectivamente), pode-se verificar a estabilidade

do processo nas três rotações testadas, embora, para estas variáveis, as observações tenham sido realizadas antes da implementação dos tratamentos, ou seja, da realização do recolhimento. Tal estabilidade é condizente, uma vez que todas as observações situaram-se dentro dos limites inferior e superior de controle. Desta forma, pode-se considerar que apenas causas naturais atuaram no decorrer do processo e, portanto, a variabilidade apresentada é intrínseca do processo.

Observa-se ainda que, a menor variabilidade deste indicador de qualidade foi encontrada nos pontos selecionados para trabalhar com a rotação do motor a 2000 rpm, o que pode influir na eficiência de recolhimento. Em concordância com os resultados apresentados pelo presente estudo, Souza et al. (2010) relatam que a uniformidade do material fornecido ao sistema de alimentação e limpeza das máquinas, pode apresentar grande influência na eficiência destes, refletindo na qualidade do produto final.

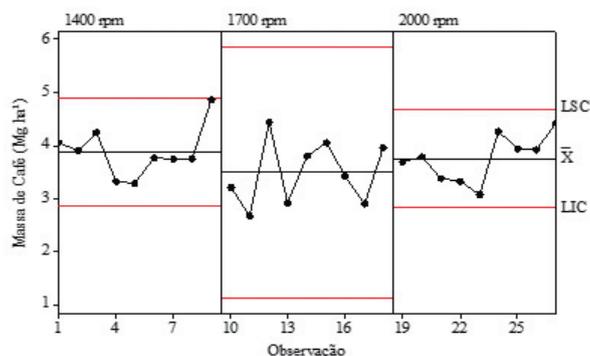


FIGURA 1 - Cartas de controle para massa total.

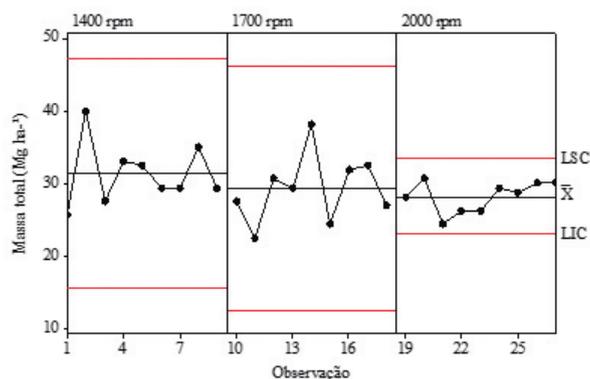


FIGURA 2 - Cartas de controle para massa de café.

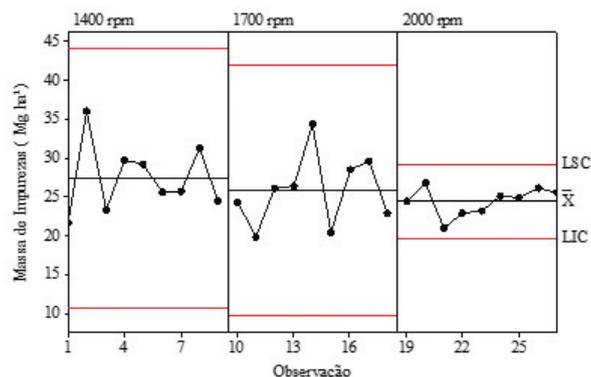


FIGURA 3 - Cartas de controle para massa de impurezas.

Por outro lado, em afirmação sobre a situação em que a menor variabilidade melhora a eficiência do recolhimento, Santinato et al. (2014) mencionam que, nas lavouras de café existe uma alta variabilidade produtiva das plantas, o que pode refletir no aumento da variabilidade do café caído naturalmente ou decorrente da colheita mecanizada.

Analisando-se as cartas de controle para a porcentagem de café remanescente e a eficiência de recolhimento (Figuras 4 e 5), constata-se que, após a operação da colhedora, a quantidade média de café remanescente no solo foi de 18,93, 20,82 e 18,79% para os tratamentos com 1400, 1700 e 2000 rpm, respectivamente. Ou seja, o aumento da rotação da TDP não influenciou consideravelmente na quantidade de café remanescente, refletindo-se em resultados de eficiência de recolhimento semelhantes (81,07; 79,18 e 81,21%, respectivamente). Em média, após o recolhimento restaram no solo 3,1 sacas de café ben. ha⁻¹, o que representa uma perda na colheita que antes estava mascarada pela presença de grande quantidade de material vegetal e mineral no solo, depositada sobre o café. Em safras de elevado preço, pago ao produto final, isto pode representar uma considerável perda econômica, sendo, portanto neste caso, viável uma nova operação de recolhimento mecanizado ou então o repasse manual (SILVA et al., 2006). Não obstante, a melhor solução seria o adequado ajuste da colhedora, de modo que a máquina se tornasse mais eficiente.

Com relação à estabilidade do processo, nota-se que, tanto para a quantidade de café remanescente, quanto para a eficiência de recolhimento, apenas a rotação de 2000 rpm no motor (630 rpm na TDP) apresentou um ponto fora de controle (acima e abaixo do

limite superior, respectivamente), em cada um dos indicadores de qualidade, caracterizando o processo como instável.

Considerando-se que a quantidade de café presente no solo, antes do recolhimento (Figura 2) encontrava-se bastante homogênea, pode-se atribuir a instabilidade do processo, na rotação de 2000 rpm no motor, ao fator máquina, uma vez que, quando a colhedora trabalhou acionada pelo trator com 2000 rpm no motor, houve a ocorrência de grande vibração, o que pode ter afetado o recolhimento, resultando em um ponto com elevada quantidade de café remanescente, o que também proporcionou maior variabilidade do processo, para esta rotação.

Segundo Cassia et al. (2013) deve-se monitorar constantemente o processo de colheita mecanizada de café, para assim, reduzir ou até mesmo evitar a maior quantidade de perdas, o que acarretaria em queda de produção e, conseqüentemente, em prejuízos econômicos. De acordo com Matiello et al. (2010), outro problema gerado pelo café remanescente é a possível fonte de proliferação da broca do cafeeiro, permitindo que a praga sobreviva de um ano para o outro, dificultando o controle na próxima safra. Estes resultados, possuem potencial relação aos apresentados pelo presente estudo, uma vez que o monitoramento e a busca pela redução da variação externa ao processo, possibilita torná-lo estável, bem como os índices de massa total, café e impurezas se tornarem aceitáveis para a operação.

Apesar de não ter ocorrido nenhum ponto fora de controle, o recolhimento realizado com 1400 rpm no motor (444 rpm na TDP) também proporcionou grande variabilidade dos valores obtidos para café remanescente, e baixos índices de eficiência no recolhimento.

Por outro lado, a rotação de 1700 rpm no motor (540 rpm na TDP) foi a que proporcionou a menor variabilidade da quantidade de café remanescente, mesmo tendo apresentado elevada variabilidade do material a ser recolhido (Figura 1). O indicador eficiência de recolhimento, por ser diretamente relacionado com a quantidade de café remanescente, apresentou comportamento semelhante, porém, com diferenças menos acentuadas (Figura 5).

Nas cartas de controle para pureza do café (Figura 6), constata-se a estabilidade do processo para as três rotações trabalhadas, porém, nota-se que a rotação de 1400 rpm no motor (444 rpm na TDP) prejudicou a capacidade de limpeza da recolhadora, apresentando o menor valor médio de pureza.

Na rotação de 2000 rpm no motor (630 rpm na TDP), obteve-se a maior média de pureza e menor variabilidade, caracterizando o processo como o de melhor qualidade, em relação aos demais fatores avaliados. Por outro lado, quando se trabalha na rotação de potência máxima do motor do trator (2000 rpm), pode haver um incremento no consumo do horário de combustível da operação, apesar da maior qualidade da eficiência do sistema de limpeza. Esta hipótese pode ser confirmada por Montanha et al. (2011), ao afirmarem que a

operacionalização agrícola, quando realizada fora dos padrões de qualidade, pode acarretar em redução de vida útil e aumento do consumo de combustível. Neste sentido, caso necessário, devem-se ajustar os sistemas da recolhadora, mantendo a rotação da TDP do trator, conforme recomendada pelo fabricante, que normalmente é 540 rpm na TDP.

Para a rotação recomendada pelo fabricante, 1700 rpm no motor (540 rpm na TDP), a média de pureza do café foi próxima ao melhor resultado (2000 rpm no motor), porém, apresentou maior variabilidade, sendo um indicativo de redução da qualidade do processo para esta rotação. Resultados semelhantes ao encontrados para o presente trabalho, foram encontrados por Silva et al. (2014) ao relatarem que o aumento da qualidade permite aproximar com maior facilidade dos objetivos especificados, que seria um café com menor quantidade de impureza. Em relação ao presente estudo, Matiello et al. (2010) reforçam a importância de se conseguir um café com maior pureza, o que facilitaria o enxague no lavador (sistemas de pós-colheita) e auxiliaria no processo da perda de umidade dos grãos, e aumentaria a capacidade dos sistemas de pós-colheita do produtor.

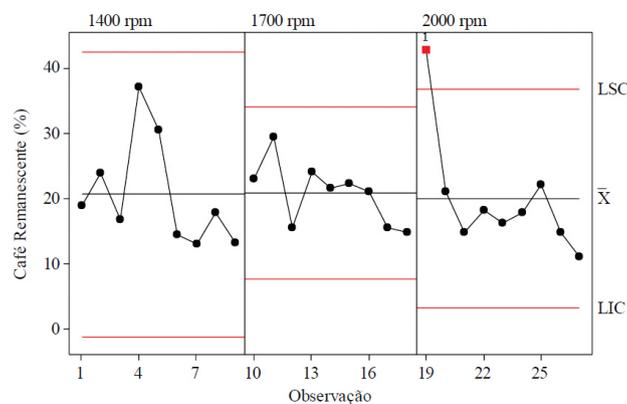


FIGURA 4 - Cartas de controle para café remanescente.

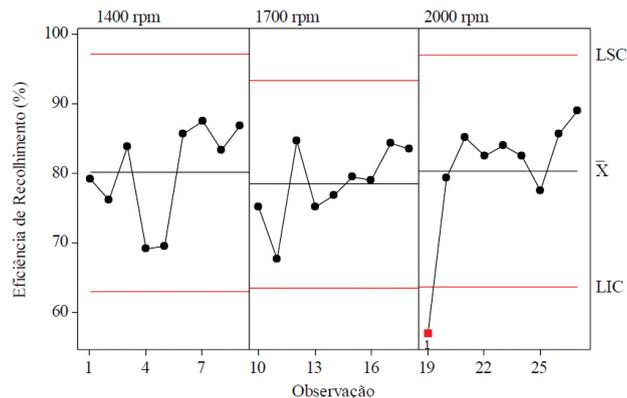


FIGURA 5 - Cartas de controle para eficiência de recolhimento.

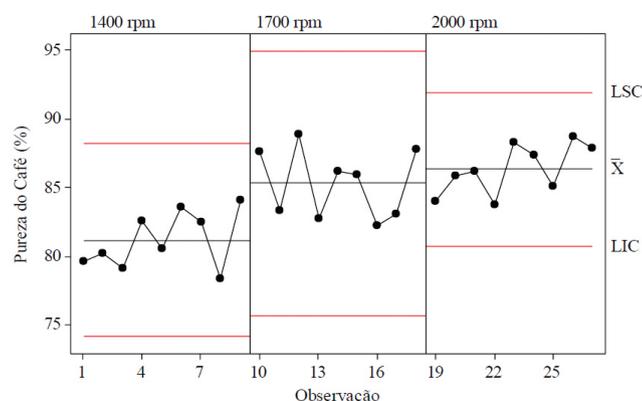


FIGURA 6 - Carta de controle para pureza do café recolhido.

4 CONCLUSÕES

Existe alta variabilidade na distribuição do material a ser recolhido, porém, mesmo assim, o processo pode ser considerado estável.

A quantidade de café remanescente no solo, após a operação da recolhedora, é elevada, exigindo melhorias no sistema de recolhimento.

O incremento na rotação da TDP da recolhedora não elevou a eficiência de recolhimento, mas melhorou a eficiência de separação do café no interior da máquina.

A aplicação do Controle Estatístico de Processo na operação de recolhimento permite analisar, separadamente cada fase do processo, identificando pontos a serem melhorados, aumentando a qualidade da operação.

5 REFERÊNCIAS

ACOCK, A. C. Descriptive statistics and graphs for one variable. In: _____. **A gentle introduction to stata**. Tucson: Stata Corporation Texas, 2008. p. 83-107.

BARROS, F. F.; MILAN, M. Operational quality of sugar cane planting. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 221-229, 2010.

CASSIA, M. T. et al. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Porto Alegre, v. 43, n. 1, p. 28-34, 2013.

COMPAGNON, A. M. et al. Comparação de métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Revista Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 3, p. 1-5, 2012.

DAVIS, A. P. et al. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (*Rubiaceae*). **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 152, n. 4, p. 465-512, Dec. 2006.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; SANTINATO, R. Utilização da subsolagem na redução da compactação do solo para produção de café cultivado no cerrado mineiro. **Enciclopédia Bioesfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1648-1656, 2012.

- GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**. Uberlândia: UFU, 2001. 48 p. Apostila.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Varginha: Santo Antônio, 2010. 542 p.
- MINITAB. **MINITAB release 16: meet MINITAB 16: MINITAB statguide, MINITAB help**. Philadelphia, 2007.
- MONTANHA, G. K. et al. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 39-51, 2011.
- MONTGOMERY, D. C. Control charts for variables. In: _____. **Introduction to statistical quality control**. 6th ed. Tucson: Wiley, 2009. p. 226-268.
- NORONHA, R. H. F. et al. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.
- OLIVEIRA, E. et al. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 714-721, set./dez. 2007.
- PELOIA, P. R.; MILAN, M.; ROMANELLI, T. L. Capacity of the mechanical harvesting process of sugarcane billets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 619-623, 2010.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- SANTINATO, F. et al. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 495-505, 2014.
- _____. Comparação entre o custo da colheita manual e mecanizada de uma a seis passadas da colhedora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 39., 2013, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 2013. p. 195-198.
- _____. Número de operações mecanizadas na colheita do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2015. No prelo.
- SILVA, F. C. et al. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiro ao longo do período de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, mar./abr. 2010.
- _____. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, 2013.
- SILVA, F. M. et al. Avaliação da colheita do café totalmente mecanizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 309-315, 2003.
- _____. Avaliação da colheita mecanizada do café com o uso do ethephon. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 1-6, abr./jun. 2006.
- SILVA, R. P. et al. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 61-69, 2013.
- _____. Qualidade das operações de preparo reduzido do solo e transplântio mecanizado de mudas de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 51-60, jan./mar. 2014.
- SOUZA, C. M. A. et al. Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 201-208, 2010.
- TOLEDO, A. et al. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008.
- TOLEDO, A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Quality of cut and basecutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 6, p. 384-389, 2013.
- VOLTARELLI, M. A. et al. Uniformity of droplets distribution and control of *Ipomoea grandifolia* after simulated rainfall. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 7, p. 73-81, 2014.
- ZERBATO, C. et al. Quality control to seeding systems and densities in peanut crop. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 6, p. 992-998, 2014.