



MANEJO DO SOLO NA REDUÇÃO DE PERDAS DO RECOLHIMENTO MECANIZADO DE CAFÉ EM ÁREAS SUBSOLADAS

Bruno Rocca de Oliveira¹, João de Deus Godinho Junior², Tiago de Oliveira Tavares³,
Rouverson Pereira da Silva⁴, Alex Rangel Gonzaga⁵

Apresentado no
XXI Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafecultura Irrigada
20 de março de 2019, Araguari – MG, Brasil

RESUMO: Durante a colheita do café até um quarto dos frutos podem estar no chão; esta queda pode ocorrer de forma natural ou durante a passada da colhedora. Assim, é fundamental realizar o recolhimento dos frutos caídos. Porém, as condições do solo durante a realização desta operação influenciam diretamente em sua eficiência. Neste sentido, o Controle Estatístico de Processo (CEP) tornou-se uma ferramenta de extrema importância para o controle de qualidade das etapas desta operação. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o manejo do solo, pós subsolagem, na redução das perdas do recolhimento mecanizado de café. O experimento foi realizado no município de Presidente Olegário – MG, utilizando-se o manejo pós subsolagem com: triturador; gradagem; gradagem e triturador; além do controle sem subsolagem e manejo do solo. O trabalho foi delineado e analisado seguindo as premissas e diretrizes do CEP, avaliando-se 15 pontos por tratamento. O menor índice de perdas foi obtido utilizando-se o triturador após a subsolagem e o maior índice quando se realizou gradagem após subsolagem, além de menor qualidade do processo.

PALAVRAS-CHAVE: Café de varrição, controle estatístico, eficiência de operações agrícolas.

INTRODUÇÃO

Na colheita do café até um quarto dos frutos podem estar no chão (TAVARES et al., 2018); esta queda pode ocorrer de forma natural e/ou como perdas durante a operação de colheita mecanizada. Torna-se fundamental a realização do recolhimento deste café que quando realizado mecanicamente promove, em relação ao recolhimento manual, aumento da rentabilidade, diminui os custos operacionais e aumenta a capacidade operacional (TAVARES et al., 2015). Porém, a eficiência da operação de recolhimento é influenciada pelo tipo e condição do solo, encontrando dificuldades de ser realizada em áreas subsoladas (TAVARES et al., 2018). Por sua vez, a operação de subsolagem que é uma prática comum na cafeicultura, proporciona o aumento da irregularidade da superfície do terreno, melhorando a absorção de água e nutrientes para as plantas, rompendo por cisalhamento camadas de solo compactadas (FERNANDES et al., 2012). Essa irregularidade da superfície do terreno é indesejável para a operação de varrição/arruação e recolhimento mecanizado do café pois promove o aumento das perdas de frutos e diminui a eficiência de limpeza das colhedoras, acarretando no aumento do volume de solo entre os frutos recolhidos (TAVARES, 2016). Com o objetivo de melhorar a eficiência da limpeza promovida pelas colhedoras de café, o Controle Estatístico de Processo (CEP) torna-se fundamental para o controle de qualidade desta operação agrícola, expressando

os resultados graficamente de forma sequencial, permitindo verificar o comportamento médio, estabilidade e a variabilidade ao longo da operação (SILVA et al., 2008). Neste contexto, uma importante ferramenta complementar é a análise de capacidade, que utiliza meios estatísticos para calcular o quanto um determinado processo é capaz de permanecer em níveis de qualidade determinados pelo gestor (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). Assim, objetivou-se avaliar o manejo do solo para a redução das perdas do recolhimento mecanizado de café em áreas subsoladas, por meio do Controle Estatístico de Processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Presidente Olegário - MG, Brasil. A área experimental apresenta coordenadas geodésicas aproximadas de 18°02' 04" S e 46°27' 38" O, com altitude e declividade médias de 917 metros e 3%, respectivamente. O solo do local foi classificado como textura média. O clima do local é o Aw de acordo com a classificação de Köppen (PEEL et al., 2007), com precipitação média anual de 1400 mm. O café foi transplantado em dezembro de 2005, com espaçamento de 4,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, sendo utilizada a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144. O experimento ocorreu no período de setembro de 2014 a agosto de 2016, sendo que as operações com o manejo de solo foram realizadas em 2014 e a arruação, varrição e recolhimento nas duas safras subsequentes (2015 e 2016). Utilizou-se como tratamentos quatro manejos do solo, sendo eles: subsolador e triturador (ST); subsolador e grade (SG); subsolador, grade e triturador (SGT); e sem manejo do solo (controle). Na condução do experimento foi utilizado para a subsolagem, um subsolador da marca Ykeda, possuindo ponteira semi-alada de duas hastes com espaçamento entre hastes de 2 m e ponteira com meia asa, com largura igual a 0,60 m, um triturador da marca Herder, modelo FLV175 e uma grade niveladora tipo tandem da marca Shengda, modelo 1BJX-1,7 com disco de 16". Onze meses após os manejos e antes da operação de recolhimento mecanizado de café (arruação/varrição e recolhimento) realizou-se uma caracterização em espaço de 7,5 m (30 m²) escolhidos aleatórios, uma amostra por linha nas quatro utilizadas no experimento. Nesta área havia o equivalente a 10 sacas beneficiadas por ha⁻¹ caídas no chão (safra 2015) e 15 sacas beneficiadas por ha⁻¹ (safra 2016). Posteriormente procedeu-se a varrição mecanizada, utilizando-se arruador/soprador montado da marca Mogiana, modelo Varre Tudo, tracionado e acionado por um trator 4 x 2 TDA da marca John Deere, modelo 5425N e 55,2 kW (75 cv) de potência. A marcha de trabalho adotada foi a 1ªA, com rotação de 2400 rpm no motor, resultando em 540 rpm na TDP (tomada de potência). A máquina possui dois discos varredores (arruadores) e dois tubos direcionadores de ar (sopradores). As leiras são compostas de impurezas vegetais (pó de folhas, folhas e fragmentos de ramos), de impurezas minerais (solo, torrões e pedras) e de frutos de café. Na operação de recolhimento, utilizou-se a recolhedora Master café II tracionada pelo mesmo trator usado na varrição operando na marcha 1ªA e 1700 rpm no motor (540rpm na TDP), resultando em uma velocidade operacional média de 1,28 km h⁻¹. A recolhedora é constituída por uma esteira recolhedora, cilindro trilhador, um conjunto de peneiras, turbina e caçamba graneleira. Após as operações avaliou-se as perdas das duas operações. Para isso, utilizou-se uma armação metálica subdivida em três partes, uma parte central de largura igual a 1,6 m e as laterais com 1,05 m de cada lado. A armação foi colocada transversalmente a linha do cafeeiro, sendo a parte central equivalente a largura da plataforma da recolhedora e as perdas localizadas nesta parte da armação referem-se às perdas no recolhimento; já as perdas obtidas nas laterais referem-se as perdas na varrição. O café encontrado em cada ponto amostral foi transformado para kg de café beneficiado ha⁻¹, valores estipulados a partir do café de varrição da safra 2014/15 e 2015/16. Os valores de perdas da varrição e recolhimento foram calculados conforme as equações 1 e 2, respectivamente.

$$PV = \frac{(CRV \times 2500)}{2,3444} \quad (1)$$

$$PR = \frac{(CRR \times 2500)}{2,3444} \quad (2)$$

Onde:

PV = Perdas na varrição (kg de café beneficiado ha⁻¹);

PR = Perdas no recolhimento (kg de café beneficiado ha⁻¹);

CRV = Café remanescente em coco da varrição (kg m⁻¹);

CRR = Café remanescente em coco do recolhimento (kg m⁻¹);

2500 = Distância deslocada do conjunto mecanizado m⁻¹;

2,3444 = Fator de conversão de café em coco para café beneficiado.

O delineamento experimental seguiu as premissas do CEP, com amostras coletadas ao longo do tempo (amostras coletadas de 10 em 10 minutos), em faixas. Foram coletadas 15 amostras para cada tratamento, com intervalo de 15 metros, totalizando 60 pontos amostrais. Foi verificada a normalidade dos dados por meio do teste de Anderson-Darling (ACOCK, 2014). Em seguida analisou-se as perdas na varrição, recolhimento e totais (soma de ambas as perdas, ou seja, perdas na varrição e recolhimento) em duas safras, sendo em 2014/2015 e 2015/2016, por meio das cartas de controle de valores individuais de amplitude móvel (I-MR: Individual-Moving Range), apresentando duas cartas: a superior, que representa os valores individuais amostrados em cada ponto; a inferior representa a amplitude calculada pela diferença do valor de um ponto menos o seu anterior, ou seja, a diferença entre eles. Essas cartas apresentam três linhas, sendo que a linha central representa a média geral para a carta de controle de valores individuais, enquanto que as outras duas linhas representam os limites superior e inferior de controle (LSC, LIC), respectivamente, calculados com base no desvio-padrão das variáveis. Entretanto, neste trabalho se utilizou 0 como limite específico inferior (LEI) (MONTGOMERY, 2009), pelo motivo de não haver perdas negativas. O intuito das cartas de controle, de modo geral, é detectar as possíveis variações externas ao processo; forçar o gerenciamento da operação com a criação de um plano de melhorias; inferir na capacidade e nos limites estabelecidos para o processo (VOLTARELLI et al., 2013). O processo instável ou fora dos limites de controle pode ser analisado ou melhorado utilizando as premissas dos fatores 6 M's (máquina, mão-de-obra, medição, método, matéria-prima e meio ambiente).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do manejo sem subsolagem apresentaram distribuição não normal, pelo teste de normalidade de Anderson Darling, para os indicadores perdas no recolhimento e perdas totais do ano de 2015. Os demais tratamentos tiveram distribuição normal dos dados em todos os indicadores de qualidade. Pelas cartas de controle nota-se que na média as perdas na varrição mecanizada do café no ano agrícola de 2015 (Figura 1a) em solo não subsolado foi na média de 67,2 kg ha⁻¹, sendo esse estipulado como a meta para os demais manejos estudados.

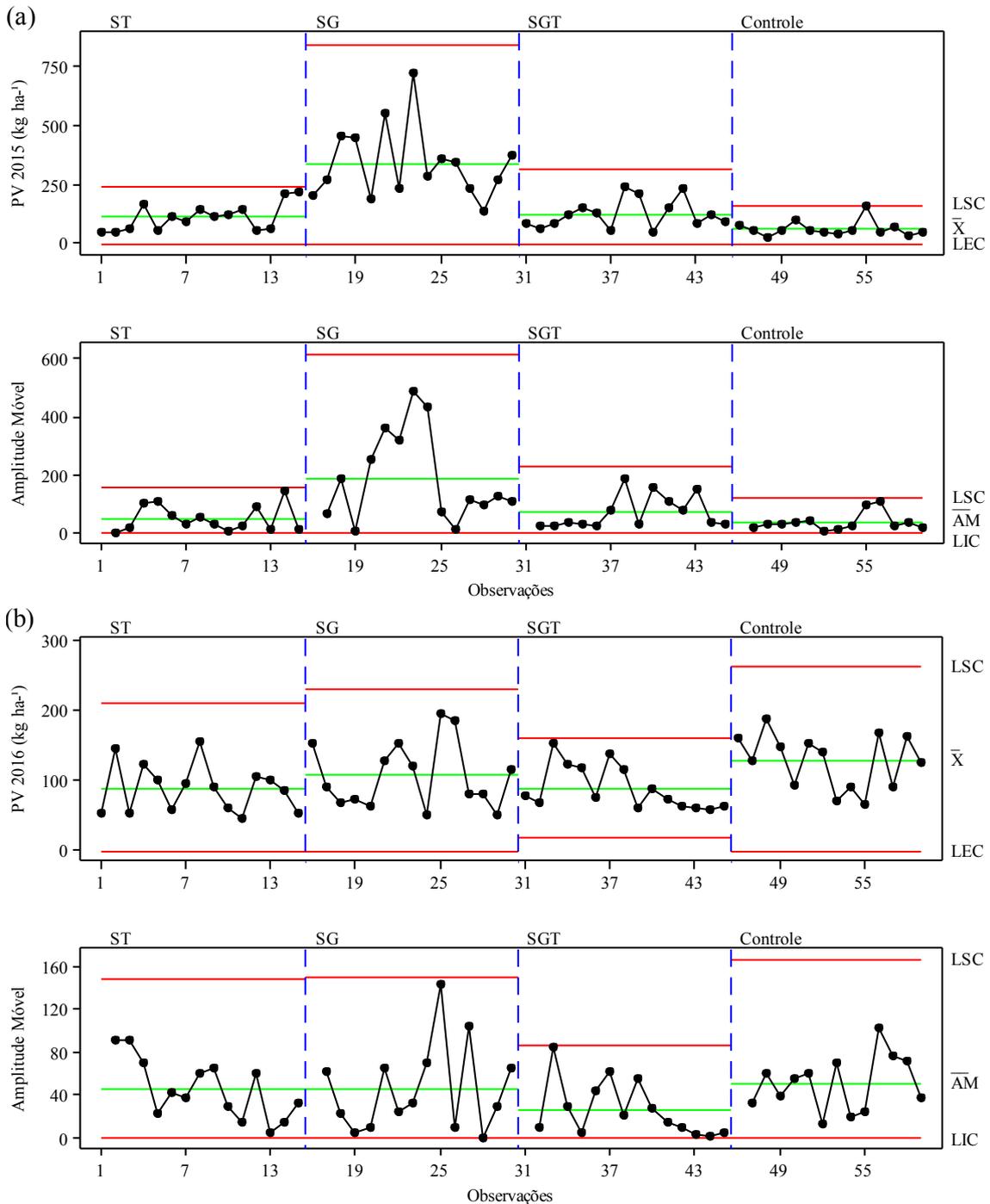


Figura 1. Cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel para perdas na varrição mecanizada de café em função do manejo do solo nos anos de 2015 (a) e 2016 (b).

Neste sentido, constata-se que o manejo com média mais próxima ocorreu no manejo com triturador posterior a subsolagem (ST), com média de $116,2 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo próximo também ao manejo com grade e triturador pós-solagem (SGT), com $130,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de perdas. Os maiores valores de perdas foram obtidos quando se manejou somente com a grade após operação de subsolagem (SG), tendo perda média na ordem de $344,1 \text{ kg ha}^{-1}$, representando valores cinco vezes maiores que as perdas do manejo controle. Já as cartas de controle de valores individuais na varrição mecanizada do café no ano agrícola de 2016 (Figura 1b) para o tratamento controle foi equivalente a quase o dobro das perdas ($129,5 \text{ kg ha}^{-1}$) em relação à safra anterior; isso pode ser explicado devido a bienalidade da cultura do café, em 2015 tendo o equivalente a 600 kg de

café no chão para serem recolhidos, e em 2016, 900 kg a serem recolhidos. Sendo assim, o tratamento que obteve menores perdas foi o triturador após subsolagem (ST), com cerca de 90,3 kg ha⁻¹, sendo muito semelhante ao tratamento com grade e triturador após subsolagem (SGT), apresentando perdas de 90,5 kg ha⁻¹ em 2016. O tratamento que apresentou comportamento mais próximo ao controle (sem manejo do solo), foi grade pós subsolagem (SG) com 109,2 kg ha⁻¹. Verifica-se também que todos os valores se situaram dentro dos limites de controle, caracterizando-se assim um processo estável em todos os tratamentos (Figura 1a e 1b). Observa-se ainda, diferenças na instabilidade do processo entre os manejos, nos quais houve maior variabilidade quando se manejou com grade posterior a subsolagem (SG) e sem manejo do solo (controle) para os anos agrícolas de 2015 e 2016, respectivamente, tendo assim um processo de qualidade superior. Quando se utilizou o triturador (ST e SGT), para ambos os anos, obtiveram-se menores variabilidades, aumentando assim a qualidade da varrição mecanizada em solo subsolado. Analisando as cartas de controle de amplitude móvel nota-se menor variabilidade das amplitudes na safra 2015 (Figura 1a) em relação à safra 2016 (Figura 1b). A maior variação observada para ambos os anos foi no tratamento SG, apresentando a maioria dos pontos distantes da média, indicando menor qualidade intrínseca deste processo. Nota-se também, que todos os processos analisados se encontram dentro dos LSC e LIC. A utilização da subsolagem aumenta a rugosidade do solo (FERNANDES et al., 2012), podendo aumentar as perdas na varrição mecanizada, o que explica o melhor resultado quando se utilizou o triturador, o qual desfaz com maior eficácia os torrões e irregularidades do solo causadas pela subsolagem. Assim, é necessário realizar um preparo de boa qualidade para realizar a pré-colheita (arruação) para que possa diminuir as perdas e elevar a eficiência das máquinas (TAVARES et al., 2015). Observa-se que na média as perdas no recolhimento mecanizado do café na safra de 2015 (Figura 2a) em solo não subsolado foi de 59,8 kg ha⁻¹, enquanto que as perdas dos tratamentos em que se teve subsolagem foram na ordem de 211,1, 228,9 e 237,8 kg ha⁻¹ para SG, ST e SGT, respectivamente. Neste sentido, os valores de perdas nesta operação mecanizada foram aproximadamente de 3,55 a 4,00 vezes maior do que as perdas encontradas no manejo sem subsolagem. Para as perdas no recolhimento mecanizado do café no ano de 2016, em relação à safra anterior (2015), observou-se um aumento em média de 134% para o tratamento ST e 210% para o tratamento controle. Este fato está atribuído a maior quantidade de café presente nas entrelinhas do cafeeiro para ser recolhido. Dentre os manejos onde houve a subsolagem, nota-se menor variabilidade (melhor qualidade do processo analisado) no manejo com grade (SG) e triturador (ST) para os anos 2015 e 2016, respectivamente. Por outro lado, o manejo com grade e triturador após a subsolagem (SGT) para ambos os anos, indicaram maior variabilidade, caracterizando o processo como o de menor qualidade. Entretanto, todos os manejos com subsolagem apresentaram variabilidade superior ao manejo sem subsolagem (controle). Em relação as cartas de controle de amplitude móvel, observou-se que na Figura 2b houve maior amplitude (menor qualidade) em relação a Figura 2a; porém, ambas as figuras se situaram dentro dos limites de controle. A qualidade do preparo de solo no café afeta a variabilidade do processo (SILVA et al., 2014), como ocorrido neste trabalho, explicando o reflexo na alta variação dos resultados na eficiência de recolhimento em todos os manejos que tiveram a subsolagem em relação ao tratamento controle (sem subsolagem). Além disso, é importante ressaltar a importância de se elevar a qualidade da colheita mecanizada do café, garantindo melhor uso das máquinas, elevando sua eficiência e diminuindo as perdas (SANTINATO et al., 2014). Sabendo-se da importância do recolhimento mecanizado na viabilização da colheita do café de varrição (SANTINATO et al., 2015), é passível intervir para que o mesmo possa ser realizado com maior qualidade e eficiência.

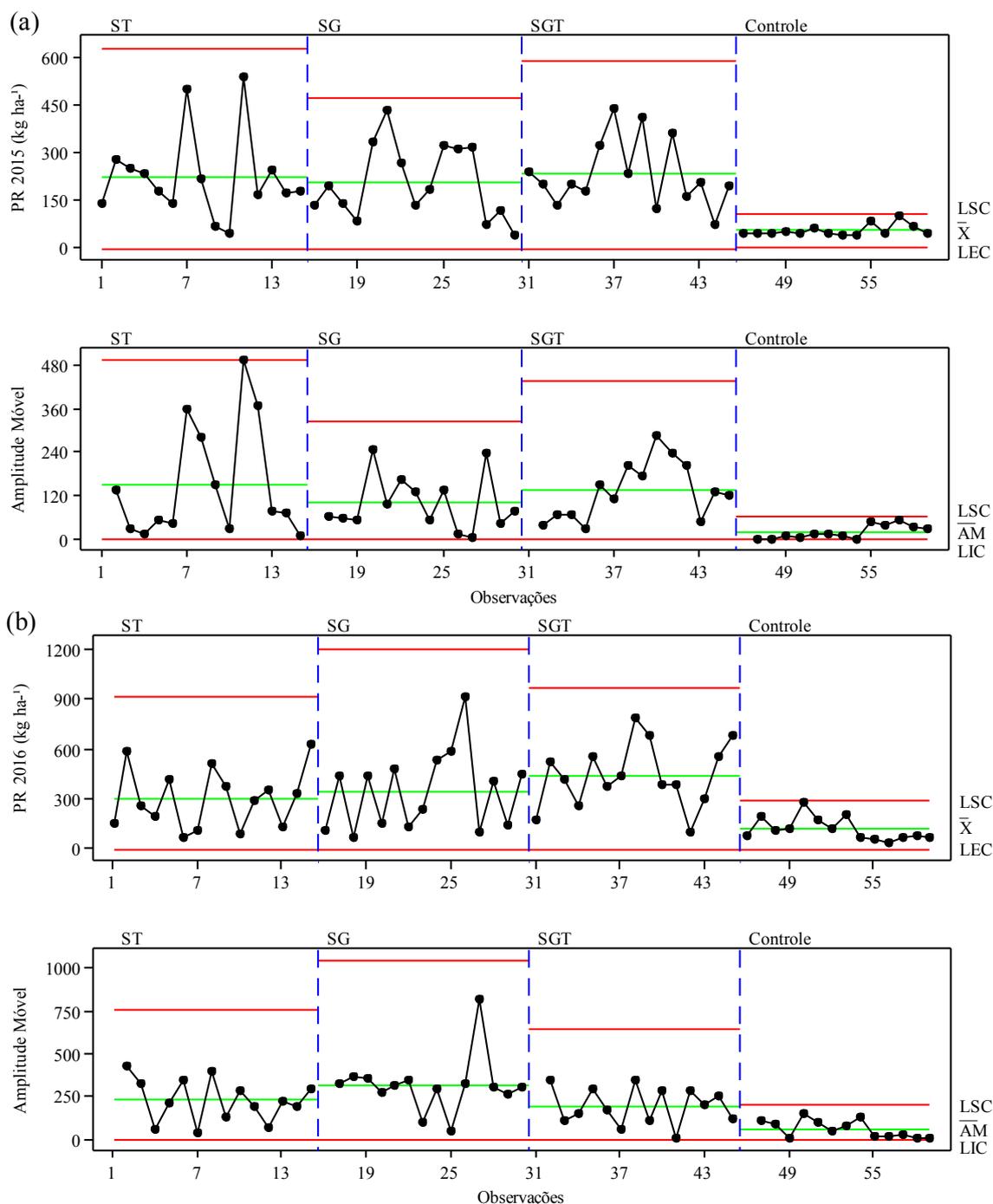


Figura 2. Cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel para perdas no recolhimento mecanizado de café em função do manejo do solo nos anos de 2015 (a) e 2016 (b).

De acordo com a Figura 3, as perdas totais médias de varrição e recolhimento mecanizado em solo não subsolado foram equivalente a 127 kg ha⁻¹ e 256 kg ha⁻¹ para as safras 2015 e 2016, respectivamente, enquanto que as perdas dos tratamentos em que se teve subsolagem foram altos, apresentando perdas de 271% para o tratamento ST em relação ao controle da safra de 2015, chegando a 437% (SG) em comparação ao tratamento sem manejar o solo do mesmo ano.

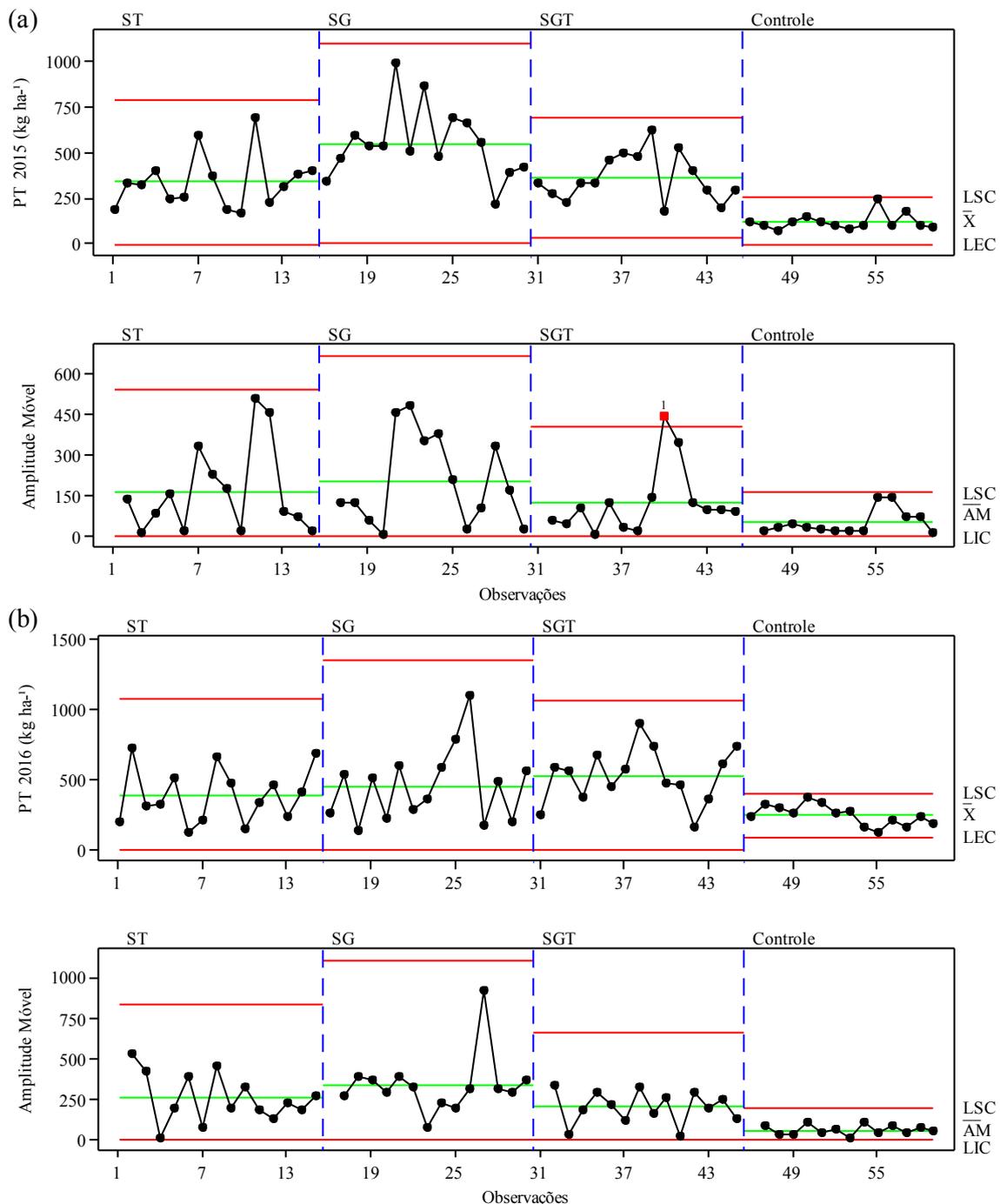


Figura 3. Cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel para perdas totais no processo de varrição e recolhimento mecanizado de café em função do manejo do solo nos anos de 2015 (a) e 2016 (b).

Porém, para o ano agrícola de 2016 as mesmas foram reduzidas cerca de 116% para o tratamento ST e 257% para o tratamento SG. Isso pode estar atribuído ao fato das entrelinhas do cafeeiro que foram realizadas as operações mecanizadas apresentarem menor rugosidade do solo com o passar do tempo, aumentando a eficiência das máquinas e conseqüentemente reduzindo as perdas. Observa-se também que o processo se encontrou dentro dos limites de controle para as cartas de controle de valores individuais; porém para as cartas de controle de amplitude móvel, foi encontrado um ponto fora de controle, ultrapassando o LSC, para o tratamento SGT no ano de 2015 (Figura 3a) no ponto 9, tornando o processo instável. Este ponto é decorrente de uma variação brusca das perdas entre os pontos 9 e 10. Acredita-se que

esta variação tenha ocorrido pela variação pontual da rugosidade do solo, sendo assim relacionado ao fator meio ambiente, uma vez que não houve modificação nas regulagens da máquina e manteve-se o método de avaliação.

CONCLUSÕES

Apesar das melhorias do manejo com triturador após a operação de subsolagem, todos os manejos com subsolagem apresentaram maiores perdas quando comparados com o manejo sem subsolagem.

REFERÊNCIAS

- ACOCK, A.C. **A gentle introduction to stata**. 4. ed. College Station: Stata, 2014. 570p.
- 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 Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15; p. 1648, 2012.
- MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 463 p.
- MONTGOMERY, D.C. **Statistical quality control**. v. 7, New York: Wiley, 2009. 504 p.
- PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the KöppenGeiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. **European Geosciences Union**. v. 4, n. 2, p.439-473. 2007.
- SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, p. 495-505, 2014.
- SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; CARVALHO FILHO, A.; SANTINATO, R. Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, p. 402, 2015.
- SILVA, R.P.; CORREA, C.F.; CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 292-304, 2008.
- SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A.; CASSIA, M.T.; VIDAL, D.O.; CAVICHIOLI, F.A. Quality of the operations of reduced soil preparation and mechanized transplanting of coffee plants. **Coffee Science**, Lavras v. 9, n.1, p.51-60, 2014.
- TAVARES, T.O. **Recolhimento mecanizado do café em função do manejo do solo e da declividade do terreno**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, 2016.

TAVARES, T.O.; SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A.; PAIXÃO, C.S.S.; SANTINATO, R. Qualidade do recolhimento mecanizado do café. **Coffee Science**, Lavras, v.10, n.3, 2015.

TAVARES, T.O.; BORBA, M. A.P.; OLIVEIRA, B.R.; SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A.; ORMOND, A.T. S. Effect of Soil Management Practices on the Sweeping Operation during Coffee Harvest. **Agronomy Journal**, Madison, v. 110, p. 1-8, 2018.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ROSALEN, D.L.; ZERBATO, C.; CASSIA, M.T. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore v.7, n.9, p.1396-1406, 2013.