

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RECOLHIMENTO MECANIZADO DO CAFÉ EM FUNÇÃO DO
MANEJO DO SOLO E DA DECLIVIDADE DO TERRENO**

**Tiago de Oliveira Tavares
Engenheiro Agrônomo**

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RECOLHIMENTO MECANIZADO DO CAFÉ EM FUNÇÃO DO
MANEJO DO SOLO E DA DECLIVIDADE DO TERRENO**

Tiago de Oliveira Tavares

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Coorientadores: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo)

2016

T231r Tavares, Tiago de Oliveira
Recolhimento mecanizado do café em função do manejo do solo e da declividade do terreno / Tiago de Oliveira Tavares. -- Jaboticabal, 2016
xvi, 58 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Rouverson Pereira da Silva
Coorientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Coorientador: Carlos Alessandro Chioderoli
Banca examinadora: Rafael Scabello Bertonha, André Luís Teixeira Fernandes
Bibliografia

1. Colheita mecanizada. 2. Subsolagem. 3. Café de varrição. 4. Máquinas agrícolas. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.35:633.73

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

TIAGO DE OLIVEIRA TAVARES – nascido em Presidente Olegário, Minas Gerais, no dia 11 de novembro de 1990, filho de Nelson Luiz Tavares e Vanilda Andrade de Oliveira Tavares, cursou o Ensino Fundamental na Escola Estadual de Ponte Firme, município de Presidente Olegário. O Ensino Médio foi cursado na Escola Estadual Juvêncio Martins Ferreira também conhecida como Escola Agrícola de Unai/MG, tendo finalizado no ano de 2008. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2009 no curso de Agronomia, e recebeu o título de Engenheiro Agrônomo, pelo Centro Universitário do Planalto de Araxá – UNIARAXA, em Dezembro de 2013. Iniciou sua carreira na Cooperativa Agropecuário de Araxá - CAPAL, Minas Gerais, em Julho de 2010 como responsável técnico do Campo Experimental de Café da CAPAL, onde conduziu por quatro anos diversos experimentos na formação, condução e colheita da cultura do café. Sua função era a realização das pesquisas e divulgação em dias de campo, feiras e congressos. Em agosto de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no Programa de Ciência do Solo, na área de Máquinas Agrícolas, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, no Departamento de Engenharia Rural. No curso houve a realização de pesquisas com foco em máquinas de colheita em diversas culturas, inclusive em cafeicultura, área de maior concentração de estudos durante a carreira profissional. Em fevereiro de 2016, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

“A vitória de um profissional começa na sua preparação, mas a preparação nunca termina. Quem achar que sabe tudo de sua profissão está perdendo o jogo sem perceber.”

Prof. Gretz

Dedico primeiramente aos meus pais, Vanilda e Nelson, que sempre incentivaram a busca pelos meus sonhos e ensinaram os valores da vida. Eles, que sempre estiveram tão próximos, com muito amor, observando cada passo, cada pedra e cada vitória que tive em meu caminho. Dedico a meu irmão Luiz Augusto e minha irmã Luana que sempre foram tão amorosos, vibraram com minhas conquistas e apoiaram em momentos tristes. E, também à minha companheira, amiga e namorada Cristiane que me apoiou durante todo este tempo. Dedico ainda, a todos os profissionais ligados à cafeicultura brasileira. É com muita alegria que dedico este trabalho, principalmente a eles.

DEDICO

À todas as pessoas que contribuíram com minha caminhada até aqui.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre ter guiado meus caminhos e as minhas escolhas. A minha vida sempre foi repleta de Glória, não me lembro de momentos tristes. Sempre que recebi um “não” logo depois houve “algo melhor e maior” (...). Inimaginável a alegria de trilhar este caminho e chegar neste nível tão elevado em uma Universidade tão renomada. É Deus, só isso explica tamanha ascensão.

Aos meus pais e meus irmãos pelo carinho, conselhos e apoio em todos os dias de minha vida; sem eles jamais teria chegado até aqui. Esta vitória não é minha, é deles e para eles, meu maior motivo para lutar e se alegrar.

Ao meu orientador professor Dr. Rouverson Pereira da Silva, que só tenho a agradecer por ser mentor, amigo e de certa forma pai, sempre que precisou, transmitindo seus ensinamentos em inúmeras horas extras à sua obrigação, sempre impondo limites que fizeram eu me superar, tendo ainda o cuidado de dizer um “parabéns” ou “obrigado”, que faz muita diferença na formação de um aluno.

Aos professores Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani e Dr. Carlos Alessandro Chioderoli por contribuírem de perto com minha formação, coorientando as pesquisas aqui apresentadas. Agradeço também aos membros da banca, Prof. Dr. Rafael Scabello Bertonha e Prof. Dr. André Luís Teixeira Fernandes pelas colocações e sugestões para o aprimoramento deste trabalho na defesa final, assim como os professores Dr. Cristiano Zerbato e Dr. Fabio Alexandre Cavichioli que contribuíram na fase de qualificação.

Agradeço aos companheiros e amigos de caminhada do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola: Felipe, Murilo, Cristiano, Vantuir, Tássio, Adão, Carla, Lucas, Elizabeth, Marcelo, Aline, André, Franciele, Rafael e Patrícia, pelas parcerias e contribuições nas pesquisas realizadas. Assim como os estagiários, Bruno, Matheus, Victor, Luis Alexandre, Guilherme, Rodrigo e Paulo pelo grande auxílio nas avaliações.

Em especial, aos meus avós, Maria & Augustinho e Maura & Zico que sempre foram as bases familiares, impondo o certo e justo, sempre com grande devoção e crença em Deus, os quais tenho o prazer de sentir o amor e o carinho a cada dia em que tive

próximo; eles que sempre torceram e vibraram comigo e por mim em meus momentos felizes. Não deixando de lembrar também todos os tios e primos pela amizade, carinho e ensinamentos. Agradeço também a minha namorada Cristiane, com quem eu tenho o prazer de conviver a quase 4 anos, por todo apoio, carinho, amor, amizade e paciência.

Agradeço também às instituições e empresas, assim como aos seus colaboradores, que contribuíram na formação de quem sou hoje, como as Sementes Gaúcha, E.E. de Ponte Firme, Escola Agrícola de Unaí-MG, UNIPAM, UNIARAXÁ, Fazenda Paraíso e Cooperativa Agropecuária de Araxá - CAPAL. Assim como a Fazenda Gaúcha-Café e Fazenda Lajinha pela disponibilização de área, mão de obra, máquinas e recursos utilizados nas pesquisas realizadas. Em especial aos operadores Wanderson, Beto e Luismar pelo auxílio nas operações das máquinas.

Às Industrias Reunidas Colombo pela parceria e custeio no projeto, e em especial ao Eng. Agrícola Luiz Antonio Viseu pela disponibilidade e apoio nas ideias propostas para o presente estudo.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa.

A todos aqueles que, de uma forma, contribuíram para tornar este momento possível, fica aqui a minha gratidão.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	3
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
A cultura do café	4
Colheita mecanizada.....	5
Colheita do café da planta	6
Colheita do café de “varrição”	7
REFERÊNCIAS.....	14
CAPÍTULO 2 – VARRIÇÃO E RECOLHIMENTO EM QUATRO MANEJOS DO SOLO E DOIS VOLUMES DE CAFÉ	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS.....	37
CAPÍTULO 3 – TEMPOS, MOVIMENTOS E EFICIÊNCIA OPERACIONAL NO RECOLHIMENTO MECANIZADO DE CAFÉ EM QUATRO DECLIVIDADES	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT	42
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49

CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	55
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Estatística descritiva para os indicadores de qualidade das perdas e da eficiência na varrição e recolhimento mecanizados de café.	29
Tabela 2. Estatística descritiva para os indicadores de qualidade impurezas vegetais, minerais e eficiência limpeza da recolhedora, em porcentagem.....	31
Tabela 3. Divisão das atividades no recolhimento mecanizado do café.	46

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema funcional do arruador-soprador.....	8
Figura 2. Demonstração da operação de varrição mecanizada: antes da operação (a); após utilização do sistema soprador (b) e, após utilização do sistema varredor (c).....	9
Figura 3. Esquema funcional da recolhedora.....	10
Figura 4. Sistema de recolhimento em trabalho.....	11
Figura 5. Detalhe do sistema de limpeza (a) e válvula de regulagem do fluxo de ar (b).....	12
Figura 6. Desenho experimental. ST = Subsolagem e trituração; SG = Subsolagem e gradagem; SGT = Subsolagem, gradagem e trituração; Contr. = Controle ou manejo sem subsolagem.....	25
Figura 7. Esquema da armação utilização na avaliação de perdas.....	25
Figura 8. Cartas de controle para eficiência de varrição mecanizada do café em quatro manejos do solo.....	33
Figura 9. Cartas de controle para eficiência de recolhimento mecanizado do café em quatro manejos do solo.....	33
Figura 10. Cartas de controle para impurezas vegetais (a), impurezas minerais (b) e eficiência de limpeza (c) na operação de recolhimento mecanizado do café em quatro manejos do solo.....	36
Figura 11. Esquema experimental utilizado.....	45
Figura 12. Tempos estimados para descargas (a), manobras (b) e tempo em operação (c), em minutos ha ⁻¹ . Médias seguidas por mesmas letras não se diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.....	50
Figura 13. Eficiência operacional (a) e correlação entre tempos em operação e tempo em manobra (b) em função da declividade, equivalentes a 1 ha ⁻¹	51

- Figura 14. Capacidade de campo efetiva (CcE) e capacidade de campo operacional (CcO) em função da declividade, em hectares h^{-1} . Médias seguidas por mesmas letras não se diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade...52
- Figura 15. Eficiência de recolhimento e limpeza da recolhedora em função da declividade do terreno. Médias seguidas por mesmas letras não se diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.....54

RECOLHIMENTO MECANIZADO DO CAFÉ EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO E DECLIVIDADE DO TERRENO

RESUMO

A colheita do café de varrição é uma prática essencial na cafeicultura nos dias de hoje, pois o café caído de forma natural somado ao caído pela operação da colhedora fazem com que até 25% da produção esteja no solo, valor este dependente de vários fatores relacionados à planta e às colhedoras utilizadas. Nos últimos anos, a mecanização deste processo se tornou comum, principalmente devido à oneração e à indisponibilidade de mão de obra. Porém, os poucos estudos existentes com estas máquinas dificultam as tomadas de decisões quanto às suas regulagens. Observações de campo sugerem que as recolhedoras apresentem alta sensibilidade às condições do solo e do material a ser recolhido. O uso de subsolagem nas lavouras é o fato considerado pelos produtores como o maior problema do recolhimento necessitando de alguma alternativa para reduzir os efeitos negativos. A declividade também é vista como entrave, pois o serviço deve ser realizado com menor velocidade, o que reduz a capacidade operacional e interfere no planejamento da colheita. Neste trabalho foram realizados dois estudos: no primeiro analisou-se quali-quantitativamente as operações de varrição e recolhimento em quatro manejos do solo subsolado e, no segundo, verificou-se a capacidade e a eficiência operacionais em quatro faixas de declividade. Os manejos do solo estudados foram: grade após subsolagem; trituração após subsolagem; gradagem e trituração após subsolagem; além de um padrão de comparação sem subsolagem. Para o trabalho de declividade adotou-se entrelinhas com faixas de 0,0 a 5,0%; 5,1 a 10,0%; 10,1 a 15,0% e 15,1 a 20,0% de declividade. Os experimentos foram realizados em duas propriedades no município de Presidente Olegário – MG, sob delineamento disposto em faixas, sendo utilizado o controle estatístico de processos para avaliar a qualidade das operações no primeiro estudo e teste de médias para analisar as capacidades e eficiências operacionais no segundo estudo. No primeiro estudo, a maior qualidade foi obtida para o manejo com grade e triturador após subsolagem, favorecendo menor quantidade de perdas e menor nível de impureza do café recolhido. O manejo

apenas com grade após subsolagem apresentou os piores indicadores de qualidade. No segundo estudo, a declividade do terreno a partir de 15,1%, interferem no desempenho da colhedora, reduzindo significativamente a capacidade de campo efetiva e operacional. Declividades de até 20% não prejudicam a eficiência de limpeza, por outro lado, para eficiência de recolhimento, declividades superiores a 15% reduzem de forma significativa o desempenho das máquinas.

PALAVRAS-CHAVE: Colheita mecanizada, perdas na colheita, eficiência operacional, colhedora.

MECHANIZED COFFEE GATHERING IN FUNCTION OF THE SOIL MANAGEMENT AND LAND DECLIVITY

ABSTRACT

Sweeping coffee harvest is an essential practice in coffee production these days, because the fallen coffee in a natural way added to the fallen by the harvester operation make up 25% of production is in the soil, an amount dependent on several related factors to the plant and used harvesters. In recent years, the mechanization of this process has become common, mainly due to the encumbrance and the unavailability of manpower. However, few studies with these machines difficult the decisions made in respect of their settings. Field observations suggest that the harvesters have high sensitivity to ground conditions and the material to be gathered. The use of subsoiling in the fields is the fact considered by producers as the largest problem of the gathering needing an alternative to reduce the negative effects. The slope is also seen as an obstacle, because the service must be performed with lower speed, which reduces the operational capacity and interferes with the planning of the harvest. This work were realized two studies: the first analyzed qualitative and quantitatively the sweeping and gathering operations in four managements of soil subsoiled and in the second, it was the capacity and operational efficiency in four slopes ranges. The managements of the soil studied were: harrow after subsoiling; crushing after subsoiling; harrowing and crushing after subsoiling; beyond of

a standard comparison without subsoiling. For the work of slopes was adopted interrows with tracks 0.0 to 5.0%; 5.1 to 10.0%; 10.1 to 15.0% and 15.1 to 20.0% of slope. The experiments were conducted in two properties in the municipality of Presidente Olegário - MG, Brazil, under design disposed in strips, being used the statistical process control to assess the quality of operations in the first study and mean test to analyze the capacities and operational efficiencies in the second study. In the first study the highest quality is obtained for management with harrow and crusher after Subsoiling, favoring lower amount of losses and lower impurity level of the gathered coffee. The management only with harrow after Subsoiling has the worst indicators of quality. In the second study, the slope of the land, from 15.1%, interferes in the performance of the harvester, significantly reducing the effective field capacity and operational. Slopes up to 20% does not impair the cleaning efficiency, on the other hand, for gathering efficiency, slopes higher than 15% significantly reduces the performance of the machines.

KEYWORDS: Mechanical harvesting, crop losses, operational efficiency, harvester.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor, maior exportador e segundo maior consumidor de café mundial, e este grão participa significativamente do PIB, contribuindo para economia do país (CONAB, 2015). Apesar de o café ser o segundo produto primário que mais gera riqueza em todo o mundo, os produtores brasileiros passaram nos últimos anos por várias crises, seja em relação ao mercado e preços baixos, seja devido aos fatores climáticos, reduzindo drasticamente a produtividade das lavouras. Estas ocorrências exigem que os produtores busquem alternativas para minimizar os custos, tornando a atividade mais sustentável e menos arriscada.

Segundo MATIELLO et al. (2010), a colheita corresponde, em média, a 30% do custo de produção. Devido à grande participação da colheita nos custos de produção da cafeicultura, esta atividade recebeu grande quantidade de estudos nos últimos 35 anos. A colhedora foi inventada e muito estudada e melhorada antes de se tornar comumente usual nas propriedades agrícolas. No final dos anos 90, iniciou-se uma mudança de cenário, pois já se encontravam máquinas trabalhando de forma eficiente nas fazendas de maior porte. Desde o início, verificou-se a necessidade de se mecanizar também a operação de recolhimento do café caído no solo, e as primeiras iniciativas eficazes para a colheita do café de varrição exigiam a utilização de três máquinas: soprador, peneira e recolhedora.

Aos poucos, as menores propriedades foram adotando, por meio de terceirização, o método de colheita mecanizada. Este detalhe fez com que surgissem várias empresas e máquinas no mercado, assim como prestadores de serviços terceirizados. Atualmente, não se mecaniza somente em áreas de cafeicultura de montanha com declividade acima de 30%. Segundo INAES (2010) 50% da produção brasileira encontra-se no estado de Minas Gerais, no qual 70% das áreas produtivas são de cafeicultura de montanha, nas quais em grande parte não é possível colher com as atuais máquinas.

Existe uma quantidade considerável de estudos sobre a colheita mecanizada do café enquanto na planta, mas por outro lado, são escassos os trabalhos analisando a qualidade e eficiência do recolhimento mecanizado do café com as atuais máquinas, dificultando as tomadas de decisões dos profissionais da área. Normalmente, os produtores se baseiam em informações empíricas, não averiguadas e validadas cientificamente. O que se sabe é que a eficiência das máquinas de recolhimento é muito dependente das condições ambientais e culturais da lavoura. Dentre estas, os produtores mencionam a dificuldade em realizar o recolhimento em locais recém subsolados, pois as máquinas não conseguem coletar os grãos, o que resulta em elevado nível de perdas. Outro ponto é a limitação do sistema de limpeza da recolhedora, uma vez que dificilmente não se atinge grandes quantidades de impurezas no café recolhido, sendo este um problema para manejo dos grãos pós colhidos.

Acredita-se também que a declividade possa interferir significativamente no desempenho da operação. A recolhedora muitas vezes possui centro de gravidade elevado e, aliado à massa da mesma, que muitas vezes é maior que o trator, pode gerar riscos de tombamento. Por este motivo é recomendado reduzir a velocidade operacional e não trabalhar com a caçamba muito cheia, o que incorre em redução da capacidade de campo operacional.

Neste sentido, para levantar informações sobre possíveis manejos em solos subsolados e verificação da limitação pela declividade no processo de colheita do café de varrição, esta dissertação foi estruturada em quatro capítulos. No primeiro capítulo, foram abordadas informações sobre a cultura do café, colheita e recolhimento, assim como, o funcionamento e regulagens das máquinas. No segundo capítulo, foram apresentados os resultados do estudo que analisou o recolhimento em quatro manejos de solo, visando contribuir para elucidar os efeitos negativos da operação de subsolagem no recolhimento mecanizado do café. No terceiro capítulo, são apresentados os resultados da análise de tempos e movimentos, assim como a eficiência operacional em quatro faixas de declividades encontradas na maior parte da cafeicultura nacional (0,0 a 5,0%; 5,1 a 10,0%; 10,1 a 15,0% e 15,1 a 20,0%). Por fim, no quarto capítulo realizou-se

o fechamento do trabalho e, com base nos resultados obtidos, foram apresentadas as considerações finais.

OBJETIVOS

Pressupondo-se que o uso de diferentes formas de manejo do solo, bem como que as diferentes condições de declividade possam afetar a realização das operações de varrição e recolhimento, objetivou-se neste trabalho.

1. Avaliar os indicadores de qualidade do recolhimento mecanizado do café em quatro manejos do solo utilizando controle de valores individuais.
2. Avaliar a capacidade e eficiência operacional do recolhimento mecanizado do café em quatro faixas de declividades.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cultura do café

O cafeeiro é uma planta originária da Etiópia que pertence à Família Rubiaceae, a qual abrange mais de 10.000 espécies agrupadas em 630 gêneros. Embora exista um grande número de espécies de café, somente a *Coffea arábica* L. e a *Coffea canephora* têm importância econômica, uma vez que, aproximadamente, 70% do café comercializado provêm das cultivares arábica e 30% das cultivares de robusta (ALVES, 2012).

A cafeicultura no cenário mundial apresenta grande importância econômica. O comércio dos frutos representa o segundo mais valioso produto primário comercializado mundialmente, ficando atrás apenas do petróleo. Seu cultivo, processamento, comercialização, transporte e mercado proporcionam milhões de empregos em todo o mundo (SINDICAFE, 2009; CONAB, 2015).

Atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo ainda o segundo maior consumidor. Na safra de 2015, ano considerado de baixa, a produção foi de 43.235 mil de sacas beneficiadas (CONAB, 2015). Segundo o levantamento do MAPA (2015), existem cerca de 287 mil produtores, predominando mini e pequenos, distribuídos em 15 estados, porém, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná e Goiás, respondem em, cerca de 98,65% da produção nacional.

A cafeicultura do Cerrado recebe destaque pelo diferencial tecnológico utilizado na produção dos grãos. As características do solo e clima do Cerrado favorecem na obtenção de maiores produtividades, principalmente pela utilização apropriada de irrigação, mecanização (topografia favorável) e adubação, dentre outras práticas (FERNANDES et al., 2012a).

Para garantir o sucesso na atividade cafeeira, é necessário realizar um planejamento antes da instalação da lavoura. Devem-se levantar indicadores climáticos, características físico-químicas do solo, assim como adequação do

cultivo ao nível tecnológico que será adotado durante o desenvolvimento e colheita da cultura (MATIELLO et al., 2010).

A indisponibilidade e oneração da mão de obra “forçou” os cafeicultores buscarem alternativas que possibilitassem reduzir os custos pela adoção dos sistemas mecanizados de colheita (SILVA et al., 2003). Desta forma, a mecanização está presente em todas as fases produtivas da cafeicultura, notadamente na colheita, fase de maior representatividade diante dos custos de produção (LANNA & REIS, 2012).

Colheita mecanizada

A realização da colheita mecanizada do café requer um prévio planejamento a ser efetuado antes da instalação da lavoura. Neste sentido, é necessário efetuar o transplântio com entrelinhas e carregadores favoráveis ao deslocamento e manobras das máquinas. Para as máquinas atualmente disponíveis no mercado brasileiro, recomenda-se a utilização de espaçamentos de 2,5 a 4,5 m entre as linhas e 0,5 a 1,0 m entre as plantas. Estes espaçamentos facilitam o trânsito do maquinário, viabilizando os tratos e a exploração em maior escala (FERNANDES et al., 2012a). O alinhamento do plantio também deve ser considerado no momento da sulcagem e transplântio. Este alinhamento controla, junto com espaçamento adequado, o fenômeno de “expulsão de plantas”, caso não se tenha este cuidado, as plantas expulsas pela competição por luminosidade serão arrancadas pela colhedora (MATIELLO et al., 2010).

A colheita mecanizada do café acontece em duas fases: na primeira ocorre a derricha e o recolhimento do café contido nas plantas, enquanto que na segunda fase tem-se o recolhimento do café presente no solo, comumente chamado de “café de varrição” (TAVARES et al., 2015a). A queda do café no solo pode acontecer por vários motivos, tais como: variedades com maior facilidade de desprendimento dos frutos, estágio avançado de maturação dos frutos (SILVA et al., 2010), incidência de pragas e doenças, pluviosidade, ou ainda, pela própria ação da colheita mecanizada (SANTINATO et al., 2015).

Colheita do café da planta

A colhedora opera a cavaleiro sobre a linha de café, envolvendo as plantas, por dois cilindros munidos de hastes vibratórias, que derriçam os frutos que, removidos dos ramos, caem no interior da colhedora, sendo submetidos ao sistema de limpeza e posteriormente transportados para o sistema de armazenamento e transporte (SANTINATO et al., 2014a).

Apesar de conceitualmente se ter pouca alteração das colhedoras, dos ajustes, incrementos tecnológicos, assim como do aprimoramento dos operadores, a colheita mecanizada hoje é amplamente utilizada na cafeicultura moderna. O entrave seria a declividade acentuada, mesmo assim, com auxílio de um sistema de nivelamento, os modelos mais novos de colhedoras podem colher em declividades de até 30% (SILVA et al., 2015b).

A eficiência das colhedoras é altamente dependente das condições da lavoura assim como de suas regulagens. Normalmente, nas lavouras brasileiras, ocorrem de uma a quatro floradas a partir de setembro, este fato faz com que haja necessidade de se ajustar a colhedora a cada situação. Quando se tem apenas uma grande florada, os frutos chegam ao estágio de colheita de maneira uniforme, podendo colhê-los de uma só vez. Por outro lado, quando se tem várias floradas, os frutos também apresentam grande desuniformidade no período de colheita, dificultando a colheita de uma só vez (CAMARGO & CAMARGO, 2001; SILVA et al., 2015a).

SILVA et al. (2010) citam que a força necessária para o desprendimento dos frutos verdes varia de 2,10 a 3,85 N a mais que frutos maduros ao longo da colheita. Desta forma, se a colhedora fosse regulada para realizar colheita plena (uma só operação), as hastes deveriam transferir elevada energia sobre os frutos. SILVA et al. (2015b) enfatizam que a regulagem da máquina deve ser escolhida com cuidado, pois a sobrecarga energética das hastes sobre os ramos e frutos podem elevar demasiadamente os danos às plantas.

Para evitar a elevação do nível de danos às plantas assim como aumentar a quantidade de café colhido no estágio maduro utiliza-se a colheita mecanizada seletiva

(SANTINATO et al., 2015). A colheita seletiva consiste em realizar mais de uma operação de colheita, com menores vibrações da haste e maior velocidade de deslocamento (SILVA et al., 2015a). No entanto, como na maioria das operações agrícolas mecanizadas a colheita mecanizada não obtém 100% de eficiência, pois apesar das melhorias na máquina e no método de colheita, as colhedoras possuem algumas deficiências (SANTINATO et al., 2014b). Um exemplo de deficiência é o sistema recolhedor, quando se tem quantidades elevadas de café e material vegetal, desprendidos em decorrência da colheita, podendo haver dificuldade de separação, fazendo com que parte deste café caia sob a saia do cafeeiro juntamente com as folhas, elevando a quantidade de café caído no solo (SILVA et al., 2010).

A colheita mecanizada plena e/ou seletiva pode gerar queda de 10 a 20% dos frutos no solo, parte pela capacidade limitada do sistema de recolhimento e parte pelo arremesso, para fora da máquina, dos frutos pelo contato das hastes vibratórias (SANTINATO et al., 2013). Além do café caído pela colheita mecanizada, esses frutos são somados aos que caem naturalmente antes da colheita. Em levantamento realizado por SANTINATO et al. (2014c) foi observado que o café cai de forma exponencial ao longo de sua maturação, podendo chegar até 27% nos casos extremos em que se deixa secar todos os frutos na planta. Porém, respeitando-se o momento correto de se iniciar a colheita, os níveis normais de café caído naturalmente variam de 5 a 10%. Este fato demonstra a necessidade econômica de se recolher esse café caído, pois caso não seja recolhido, o nível de perdas representará um elevado prejuízo econômico para o produtor (MATIELLO et al., 2010). Segundo GAGLIANONE (2015), o recolhimento manual apresenta baixa capacidade operacional e alto custo, sendo muitas vezes inviável e, portanto, é uma operação que deve ser substituída pela mecanização ao longo do tempo.

Colheita do café de “varrição”

Esta fase é composta por duas etapas ou duas operações mecanizadas. A primeira consiste em retirar todo o material presente sob as plantas, inclusive o café, e enleira-lo no centro da entrelinha. Já a segunda etapa, recolhe-se esta leira e separa-se o café das impurezas (GAGLIANONE, 2015).

Para a primeira etapa, realiza-se a operação de varrição mecanizada, utilizando-se um arruador/soprador montado, tracionado e acionado por um trator com potência nominal igual ou superior a 44,2 kW (60 cv) no motor, trabalhando em velocidade de até 3 km h⁻¹. 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 (TAVARES et al., 2015a). O esquema funcional do arruador-soprador está exposto na Figura 1.



Figura 1. Esquema funcional do arruador-soprador.

Para iniciar o serviço, o operador eleva a roda de transporte e aciona, por meio do sistema hidráulico, os sistemas que serão utilizados. A qualidade da operação deve ser frequentemente monitorada pelo operador e quando há ineficiência no sistema soprador, os dutos condutores de ar devem ser reajustados. Caso se observem grãos

remanescentes, fora do espaço das leiras, deve-se ajustar os discos varredores, fazendo com que os mesmos exerçam maior pressão sobre o solo, aumentando a capacidade de varrição. Por outro lado, quando a varrição não permite presença de grãos remanescentes e faz leiras com grande conteúdo de impurezas minerais (solo), deve-se reajustar reduzindo a pressão dos discos varredores sobre o solo, permitindo varrer os frutos sem o ajuntamento de solo (TAVARES et al., 2015b). Observa-se na Figura 2 o trabalho realizado pelo arruador-soprador na preparação das leiras para o posterior recolhimento.

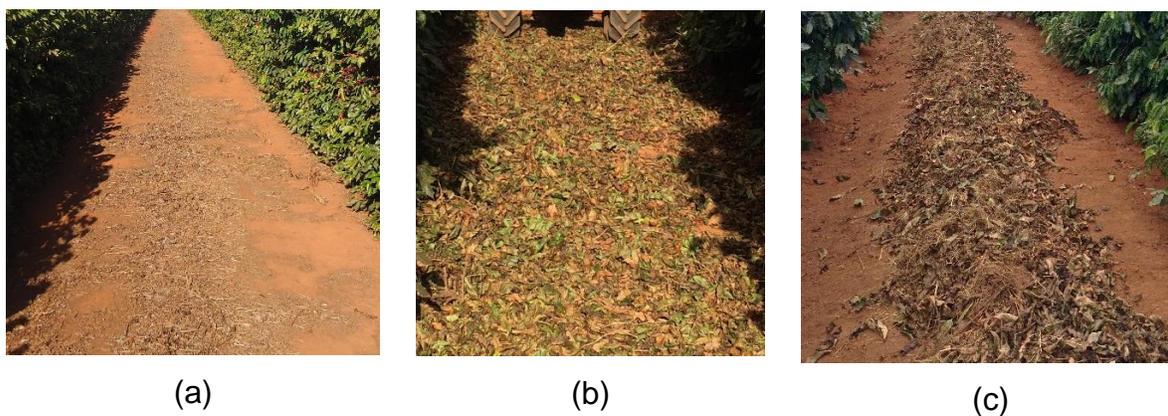


Figura 2. Demonstração da operação de varrição mecanizada: antes da operação (a); após utilização do sistema soprador (b) e, após utilização do sistema varredor (c).

No recolhimento mecanizado utiliza-se uma recolhedora acionada por um trator, de preferência 4 x 2 TDA, devido à massa da mesma, com potência nominal de 55,2 kW (75 cv) no motor. É recomendado trabalhar com 540 rpm na TDP e velocidades operacionais de até 2 km h⁻¹.

A recolhedora é constituída por uma esteira recolhedora, 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 (TAVARES et al.,2015a).

Por meio do esquema funcional da recolhedora (Figura 3) nota-se os componentes que realizam as três fases no processamento do café. Na primeira fase ocorre o recolhimento pela esteira recolhedora e recolhedor. Posteriormente, na segunda fase, acontece a separação do café dentre as impurezas, realizada pela atuação conjunta do cilindro, peneiras e turbina de ar. Por fim, o elevador transporta o café e o armazena na caçamba graneleira.



- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| (1) Esteira Recolhedora | (4) Peneira de limpeza |
| (2) Rolo recolhedor | (5) Turbina de ar |
| (3) Cilindro Axial | (6) Caçamba graneleira basculante |

Figura 3. Esquema funcional da recolhedora.

Da mesma forma que a varrição, o operador deve monitorar integralmente a qualidade da operação de recolhimento. Deve-se observar principalmente três pontos, sendo eles: verificar periodicamente se a plataforma está recolhendo satisfatoriamente as leiras ou se está ficando café sem recolher; verificar também a saída da turbina de ar, observando se o café está sendo eliminado junto com as impurezas; por fim, o café, na caçamba graneleira, deve apresentar nível satisfatório de pureza (TAVARES et al., 2015c).

Caso a eficiência do recolhimento não esteja satisfatória, o operador deverá reduzir a velocidade de descolamento, uma vez que a rotação da esteira e do rolo recolhedor é equivalente a rotação da TDP, devendo, portanto, não deve ser alterada, obedecendo as recomendações do trator. A redução da velocidade faz com que a esteira fique por mais tempo em contato com o solo (rotações por metro), elevando a capacidade de recolhimento. Por outro lado, se as condições do solo permitirem recolher satisfatoriamente o café, a velocidade não deverá ser reduzida por dois motivos: o primeiro é relacionado com a capacidade operacional, pois quanto maior, melhor; e o segundo é a redução de impurezas minerais, pois quando se tem menor tempo de contato da plataforma recolhedor com o solo captura-se menor quantidade de impurezas minerais (solo), o que favorece o sistema interno de limpeza (TAVARES et al., 2015a).



Figura 4. Sistema de recolhimento em trabalho.

No sistema de limpeza (Figura 5a), os possíveis problemas ocorrem principalmente nas peneiras e turbina de ar. Em algumas situações de elevado nível de impurezas vegetais, lavouras subsoladas por exemplo, as peneiras apresentam limitações na capacidade de separação, resultando em elevado nível de impureza no café. Normalmente nesse caso, pode-se reduzir a velocidade operacional, desta forma o fluxo de material que entra na recolhedor é menor, favorecendo o processo de separação do sistema. Outra forma é a substituição da peneira original da recolhedor

por outra de maior orifício, o que permite maior vazão e separação das impurezas, porém, deve-se observar se os grãos de café não estão passando pelos orifícios, em caso afirmativo, não é recomendada a substituição. Quanto à turbina de ar, quando é observado eliminação de grãos de café pela ventilação, deve-se ajustar a abertura do fluxo de ar (Figura 5b), fechando a entrada de ar, este procedimento resulta na redução da potência de sucção e para de eliminar os grãos. Desta forma, deve-se regular o ar para que se tenha eliminação satisfatória de impurezas leves em conjunto com a não eliminação de grãos (TAVARES et al., 2015c).



(a)



(b)

Figura 5. Detalhe do sistema de limpeza (a) e válvula de regulagem do fluxo de ar (b).

Nas operações mecanizadas de varrição e recolhimento assim, como em todas as outras deve-se buscar sempre realizar o serviço com o máximo de eficiência e qualidade no menor tempo possível. Existem vários trabalhos na literatura que enfatizam que, principalmente na colheita, necessita-se de agilidade visando colher maior área em um curto período de tempo, conhecido como janela de colheita, possibilitando adequar de maneira correta a frota à área que será colhida (ARALDI et al., 2013; CERVI et al., 2015)

Desta forma, as operações de varrição e recolhimento devem ser monitoradas para elencar os fatores que reduzem suas eficiências e suas capacidades operacionais. Estas informações devem ser utilizadas para conseguir maior assertividade no dimensionamento e no planejamento da colheita do café de varrição. Em pesquisa realizada por TAVARES et al. (2015a), nota-se que, mesmo realizando todos o procedimento prévios recomendados para se ter uma boa eficiência do recolhimento, existe alta variabilidade que afeta a qualidade do processo.

Em observações de campo, notou-se a grande dificuldade de se realizar a colheita em lavouras onde se utilizou a operação de subsolagem, mesmo com alguns manejos posteriores que busquem reduzir os efeitos negativos. No cerrado, pela característica do solo e pelo intenso trânsito de máquinas sempre no mesmo local, a compactação é uma realidade observada ao longo do tempo, sendo crucial assim as subsolagens com intervalos regulares, dependentes do tipo de solo (FERNANDES et al, 2012b). Por este motivo, tornam-se necessários estudos que busquem alternativas para o recolhimento em locais com subsolagem.

Outro ponto que se acredita afetar negativamente a operação de recolhimento do café seria a declividade, não se sabe ao certo até qual declive pode-se realizar o recolhimento de forma satisfatória. Acredita-se ainda que a declividade acentuada possa reduzir inclusive a capacidade operacional do conjunto trator-recolhedora. Na colheita mecanizada do café da planta, MADEIRA (2014), estudando declividade de até 30% verificou que em declividades acima de 20% a colhedora demanda 21,6% a mais de tempo para realizar a colheita que em declividades menores, principalmente devido às dificuldades de manobras.

Apesar de, atualmente, o recolhimento mecanizado do café encontrar-se em ascensão, pesquisadores citam que o ideal seria a realização de uma colheita plena, enquanto o café se encontra na planta, sendo então possível eliminar a operação de recolhimento do café caído no solo. Os principais motivos alegados estão relacionados ao fator ambiental, pois o recolhimento promove a emissão de grande quantidade de poeira no ar, aliado à segurança alimentar, uma vez que nos frutos caídos no solo ocorre maior fermentação, incorrendo em maior susceptibilidade à ocorrência de ocratoxina, substância tóxica à alimentação humana (BATISTA & CHALFOUN, 2007).

REFERÊNCIAS

ALVES, J.D. Contribuições da fisiologia vegetal para uma cafeicultura sustentável. In: SILVA, J.C; SILVA, A.A.S. **Sustentabilidade produtiva do cerrado**. Uberlândia: Comoser, 2012. 242 p.

ARALDI, P.F.; SCHLOSSER, J.F.; FRANTZ, U.G.; RIBAS, R.L.; SANTOS, P.M. Eficiência operacional na colheita mecanizada em lavouras de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p.445-451, 2013.

BATISTA, L.R.; CHALFOUN, S.M. Incidência de ocratoxina A em diferentes frações do café (*Coffea arabica* L.): bóia, mistura e varrição após secagem em terreiros de terra, asfalto e cimento. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 31, n. 3, p. 804-813, 2007.

CERVI, R.G.; ESPERANCINI, M.S.T.; SILVA, H.O.F.; ISLER, P.R.; OLIVEIRA, P.A. Avaliação do desempenho operacional da colheita e transbordo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n.3, p.232-241, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: café, safra 2015, dezembro/2015**. Brasília: Conab, 2015. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_02_47_boletim_cafe_dezembro_2015_2.pdf>

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012a.

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**, Goiânia, v.8, n.15; p. 1648, 2012b.

GAGLIANONE, C.D. **Qualidade operacional do recolhimento mecanizado do café de varrição**. 2015. (TCC de Graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 38 p., 2015.

INAES. Instituto Antonio de Salvo. **Caracterização da cafeicultura de montanha de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Inaes, 2010. Disponível em: <<http://www.sistemaafaemg.org.br/web/files/1791326436247148171218200173247190199432722.pdf>>

LANNA, G. B. M.; REIS, P. R. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. *Coffee Science*, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, 2012.

MADEIRA, P.B.E.F.S. **Colheita mecanizada do café em função da declividade**. 2015. (TCC de Graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 53 p., 2015.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: **Café**, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>>

MATIELLO, J.B; SANTINATO, R; GARCIA, A.W; ALMEIRA, S.R; FERNADES, D.R. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. Varginha: Gráfica Santo Antônio, 2010. 542 p.

SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; RUAS, R.A.A.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Avaliação operacional da colheita de café mecanizada utilizando até seis passadas da colhedora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 39, Poços de Caldas. **Trabalhos apresentados...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 2013. p.198-199.

SANTINATO, F.; TAVARES, T.O.; SANTINATO, R.; DUARTE, A.P.; SILVA, R.P.; RUAS, R.A.A. Recomendações para a colheita do café. In: SILVA, J. C; SILVA, A. A. S.; ASSIS, R.T. **Sustentabilidade agricultura hoje**. Uberaba: Composer, 2014a. 189 p.

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, n. 4, p. 495-505, 2014b.

SANTINATO, F.; TAVARES, T.O.; SILVA, R.P.; VIEIRA, L.C.; SANTINATO, R. Determinação da velocidade da queda natural dos frutos de café associando-a ao estágio de maturação dos frutos nos três terços da planta em lavoura de sequeiro em Araxá, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40, Poços de Caldas. **Trabalhos apresentados...** Serra Negra: MAPA/PROCAFÉ, 2014c. p.223-224.

SANTINATO, F. RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; CARVALHO FILHO, A.; SANTINATO, R. Número de operações mecanizadas na colheita do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.10, p.1809-1814, 2015.

SILVA, F. C.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; BARROS, M. M.; SALES, R. S. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiros ao longo do período de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, 2010.

SILVA, F.C.; SILVA, F.M.; ALVES, M.C.; FERRAZ, G.S.; SALES, R.S. Efficiency of coffee mechanical and selective harvesting in different vibration during harvest time. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 56 - 64, 2015a.

SILVA, F.M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R.F.; TOURINO, E.S. Avaliação da colheita do café totalmente mecanizada. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.2, p.309-315, 2003.

SILVA, R.P.; SANTINATO, F.; TAVARES, T.O.; SANTINATO, R. **Cartilha LAMMA do produtor rural: Colheita mecanizada do café**. Jaboticabal: SBEA, 2015b. 32 p.

SINDICAFE. Sindicato da Indústria de Café do Estado de Minas Gerais. **Café no mundo**, 2009. Disponível em: <<http://sindicafe-mg.com.br/plus/modulos/conteudo/?tac=cafe-no-mundo>>

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. 4, p. 455 - 463, 2015a.

TAVARES, T.O.; SILVA, R.P.; SANTINATO, F.; BORBA, M.A.P.; OLIVEIRA, B.R. Operação de arruação mecanizada de café em quatro manejos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 41, Poços de Caldas. **Trabalhos apresentados...** Serra Negra: MAPA/PROCAFÉ, 2015b. p.314-315.

TAVARES, T.O.; SILVA, R.P.; SANTINATO, F.; ORMOND, A.T.S.; SANTOS, A.F. Desempenho operacional da Miac Master Café II no recolhimento mecanizado de café em quatro manejos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS

CAFEEIRAS, 41, Poços de Caldas. **Trabalhos apresentados...** Serra Negra: MAPA/PROCAFÉ, 2015c. p. 255-256.

CAPÍTULO 2 – VARRIÇÃO E RECOLHIMENTO EM QUATRO MANEJOS DO SOLO E DOIS VOLUMES DE CAFÉ

RESUMO

A colheita mecanizada de café de varrição é uma operação que apresenta alta sensibilidade às condições do solo e do material a ser recolhido. Sabendo-se que a colheita do café de varrição é prejudicada em lavoura cafeeira quando há utilização de subsolagem nas entrelinhas, objetivou-se avaliar três manejos posteriores à subsolagem, comparando-os com o manejo sem subsolagem, sob dois volumes de café no chão, verificando suas influências na qualidade das operações mecanizadas de varrição e recolhimento do café. O experimento foi realizado em área agrícola do município de Presidente Olegário, MG, em lavoura comercial de dez anos, com espaçamento de quatro metros nas entrelinhas. Os manejos estudados foram realizados em setembro de 2014, utilizando-se quatro entrelinhas de 350 m de comprimento, sendo uma para cada manejo. Estudaram-se os seguintes manejos: subsolador e triturador; subsolador e grade; subsolador, grade e triturador e sem subsolagem (Controle), com os volumes de 0,6 e 1,2 Mg de café benef.ha⁻¹. As operações de varrição e o recolhimento foram realizadas em julho de 2015 avaliando-se a eficiência das máquinas em varrer, recolher e limpar o café. Concluiu-se que o manejo com subsolador, grade e triturador resulta em melhor qualidade das operações, apresentando também eficiências mais próximas do manejo sem subsolagem.

PALAVRAS-CHAVE: cartas de controle, colheita mecanizada, qualidade, subsolagem.

SWEEPING AND GATHERING IN FOUR SOIL MANAGERMENTS AND TWO COFFEE VOLUMES

ABSTRACT

The mechanized harvesting of droopy coffee “varrição”, is a operation that is highly sensitive to soil conditions and the material to be collected. We know that coffee harvesting fallen on the soil is damaged in crop coffee which used the subsoiling between the lines, had the objective of evaluate three subsequent managements subsoiling comparing them with management without subsoiling, and two volumes of droopy coffee, checking their influences on mechanized operations sweeping and coffee gathering. The experiment was conducted in agricultural field in the city of Presidente Olegário, MG, Brazil, in commercial farming a decade, cultivated in circles, spaced four meters between. The studied managements were conducted in September 2014 using four lines of 350 m in length, one for each management. A study was made for the following managements: subsoiler and crusher; subsoiler and harrow; subsoiler, harrow and crusher and without subsoiling (control), with quantities of 0,6 and 1,2 Mg of coffee benef. ha⁻¹. Sweeping and gathering operations were conducted in July 2015 assessing the efficiency of the machines in sweep, scoop and clean the coffee. It was concluded that management with subsoiler, grill and crusher was what got higher quality still having closer management efficiencies without subsoiling.

KEYWORDS: control charts, mechanical harvesting, quality, subsoiling.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura tem passado por grandes modificações, principalmente no sentido de adequar as lavouras à mecanização em diferentes operações antes realizadas de forma manual (CUNHA et al., 2015). Muitas destas modificações ocorrem devido à escassez de mão de obra, alto custo de produção e instabilidade de preço do produto final, forçando os produtores a buscar, por meio da mecanização, maior agilidade nas operações, permitindo reduzir a demanda com serviços manuais e custos, garantindo menor vulnerabilidade da atividade (FERNANDES et al. 2012a).

Dentre as atividades realizadas durante o processo produtivo da cultura do café, a colheita possui maior participação no custo de produção final, tornando-se em algum momento, até mesmo inviável quando realizada manualmente (LANNA & REIS, 2012). Alguns trabalhos de pesquisa mostram que com a utilização da colheita mecanizada pode-se reduzir de 23 a 67% do custo quando comparado à colheita manual (SANTINATO et al., 2015a).

Essas diferenças de reduções de custos são dependentes da capacidade operacional e do número de operações da colhedora (SANTINATO et al., 2015b; SILVA et al., 2013a), bem como do método de recolhimento do café de varrição (TAVARES et al., 2015). De maneira geral os principais fatores que limitam o desempenho das colhedoras são: desuniformidade e estágio de maturação dos frutos, intensidade de vibração das hastes e velocidade de deslocamento (SILVA et al., 2015). Um dos maiores entraves das atuais colhedoras é o sistema de recolhimento (lâminas e esteiras), gerando queda de 10 a 20% do café no chão, obrigando o produtor a realizar a operação de recolhimento (SANTINATO et al., 2014).

O recolhimento, quando efetivado de forma mecanizada, permite a realização de serviços com maior desempenho e menor custo que quando realizado manualmente (SANTINATO et al., 2015a; SATINATO et al., 2015c), porém, as recolhedoras ainda são sensíveis às variações de solo, da lavoura e das próprias condições do material a ser recolhido (TAVARES et al., 2015). Um dos principais entraves que mais limitam o funcionamento destas máquinas é a realização do recolhimento em lavouras posteriormente à subsolagem.

A subsolagem é normalmente recomendada aos cafeicultores para promover a descompactação do solo das entrelinhas da lavoura, melhorando as condições de desenvolvimento radicular da cultura (FERNANDES et al., 2012b). Essa prática é importante devido ao fluxo contínuo de máquinas nas entrelinhas, que causam compactação do solo ao longo do tempo (SOUZA et al., 2014). Porém, a subsolagem pode ter por consequência o aumento da rugosidade do solo, além de possíveis fissuras ao longo do perfil, com intuito de melhorar a infiltração de água e translocação de ar (SEKI et al., 2015). Estas características são indesejáveis para o recolhimento mecanizado, pois aumentam as perdas e reduzem a eficiência de limpeza das recolhedoras (TAVARES et al., 2015).

Sabendo da importância da subsolagem na produtividade da cultura do café ao longo dos anos (FERNANDES et al., 2012b), são necessários trabalhos que estudem manejos que reduzam estes reflexos negativos na segunda fase da colheita do café, sendo esta composta pela varrição e pelo recolhimento (TAVARES et al., 2015).

Uma forma de constatar a confiabilidade de um manejo ao longo do tempo é utilizar o controle estatístico de processo (CEP), que demonstra os resultados graficamente de forma sequencial, permitindo verificar o comportamento médio, a variabilidade e a estabilidade de algum processo que esteja sendo analisado (VOLTARELLI et al., 2013; BARROS & MILAN, 2010). Esta ferramenta vem ganhando espaço no meio agrícola, auxiliando na comparação de métodos operacionais, máquinas e do comportamento vegetal (ZERBATO et al., 2014; SILVA et al., 2013b; TOLEDO et al., 2013; NORONHA et al., 2011).

Pressupondo que o manejo do solo com subsolagem possa afetar o desempenho e a eficiência das operações de varrição e recolhimento de café, objetivou-se neste avaliar três manejos posteriores à subsolagem, comparando-os com o manejo sem subsolagem, sob dois volumes de café no chão, verificando suas possíveis influências na qualidade das operações mecanizadas de varrição e recolhimento do café.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Presidente Olegário - MG, localizado próximo às coordenadas geodésicas latitude 18°02'04" S e longitude 47°27'38" W, com altitude e declividade médias de 917 metros e 3%, respectivamente. O solo do local é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico textura média pela classificação da EMBRAPA (2006). O clima é classificado como Cwa, de acordo com a classificação de PEEL et al. (2007). A lavoura utilizada possuía de 9 a 10 anos de idade, com a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 transplantada em círculo no espaçamento de 4,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas (5000 plantas ha⁻¹), irrigada via pivô central com emissores tipo Lepa (Low Energy Precision Application).

Foram comparados quatro manejos do solo, realizados em 2014, sendo, um manejo sem subsolagem e três manejos com subsolagem, sendo utilizados: triturador após subsolagem (ST); grade leve após subsolagem (SG) e, o terceiro, gradagem seguida da operação com triturador (SGT). Ressalta-se que quatro anos antes da realização dos manejos, ocorreu a subsolagem em todas as entrelinhas da lavoura.

Anteriormente à instalação do experimento, realizou-se a caracterização do solo, verificando-se a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) e o teor de água no solo. A verificação do teor de água do solo foi realizada em dez pontos aleatórios na área, na camada de 0-0,3 m, utilizando a metodologia base seca/estufa proposta por EMBRAPA (1997). A RMSP foi mensurada com auxílio de um penetrômetro georreferenciado motorizado – PNT 2000/M (DLG), em 20 pontos aleatórios na área, na camada 0 - 0,5 m, no local de trânsito dos rodados das máquinas. Por meio das avaliações de caracterização obteve-se teor médio de água no solo de 14,4% na camada de 0 - 0,3 m e o índice de cone na camada 0 - 0,5 m foi de 7,4 MPa.

A subsolagem foi realizada, em setembro de 2014, na profundidade de 0,40 m por um subsolador de duas hastes com ponteira semi-alada, com espaçamento entre hastes de 2 m e largura da ponteira igual a 0,60 m. Este equipamento é de uso exclusivo na cultura do café, o qual busca, com as meias asas voltadas para as plantas de café, descompactar apenas os locais de maior concentração radicular, não revolvendo assim

toda a entrelinha da cultura. Para a operação, o subsolador foi acoplado a um trator 4x2 TDA com potência nominal de 81 kW (110 cv), trabalhando à velocidade média de 3 km h⁻¹. A gradagem foi realizada com uma grade leve tipo tandem com discos de 16". Para a operação de trituração, utilizou-se um triturador equipado com 14 martelos dentados. Em ambas as operações, utilizou-se um trator 4x2 TDA, com potência nominal de 55,2 kW (75 cv) no motor, operando a 5 e 2 km h⁻¹, para a gradagem e a trituração, respectivamente.

No período de setembro de 2014 a agosto de 2015 foram realizadas seis pulverizações, quatro adubações, três aplicações de herbicida, uma operação de trituração e a colheita. Após a colheita, realizou-se o repasse manual, derriçando os frutos remanescentes no solo para posterior operação de varrição e recolhimento realizadas em agosto de 2015.

A operação de varrição foi realizada pelo conjunto mecanizado composto pelo arruador-soprador 2x1 Varre Tudo acoplado a um trator 4x2 TDA com potência nominal de 55,2 kW (75 cv), com velocidade média de 2,5 km h⁻¹ e 540 rpm na TDP. O recolhimento foi realizado por uma recolhedora Master Café 2 tracionada por um trator 4x2 TDA com potência nominal de 55,2 kW (75 cv), operado na velocidade média de 1,3 km h⁻¹ e 540 rpm na TDP.

Para a avaliação da qualidade da operação de varrição e recolhimento foram utilizadas quatro entrelinhas de 350 m de comprimento, uma para cada manejo estudado. Inicialmente determinou-se, em quatro pontos (um em cada entrelinha), o volume de café presente em cada parcela, rastelando-se a entrelinha em uma área de 30 m², obtendo-se a carga de café existente de 0,246 Mg ha⁻¹ (4,1 sacos benef. ha⁻¹). Em seguida, ajustou-se manualmente, sendo adicionado os volumes suficientes para atingir 0,6 e 1,2 Mg ha⁻¹ (10 e 20 sacos benef. ha⁻¹), valores estipulados a partir do café de varrição da safra 2014/15. Os tratamentos foram distribuídos na área experimental conforme mostrado na Figura 6.

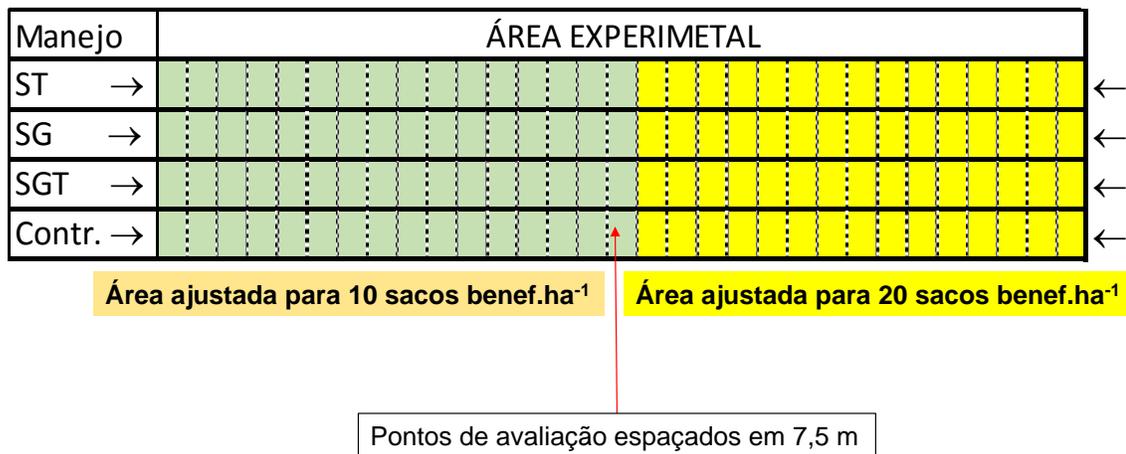


Figura 6. Desenho experimental. ST = Subsolagem e trituração; SG = Subsolagem e gradagem; SGT = Subsolagem, gradagem e trituração; Contr. = Controle ou manejo sem subsolagem.

Após as operações de varrição e recolhimento, avaliaram-se as eficiências dos equipamentos, bem como as impurezas minerais e vegetais no recolhimento. Os índices de eficiência foram calculados por meio dos níveis de perdas de cada ponto (café não coletado pelas máquinas). Estas perdas foram coletadas com auxílio de uma armação metálica de 3,8 m² (3,8m x 1,0 m) subdividida em três partes, sendo duas de 1,1 m² nas extremidades e uma de 1,6 m² na parte central (Figura 7), colocada perpendicularmente nas entrelinhas após as operações de varrição e recolhimento.

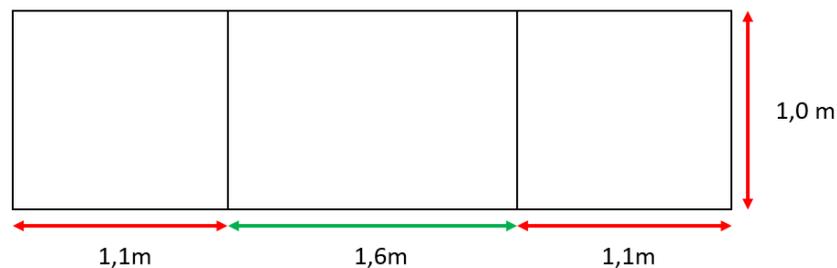


Figura 7. Esquema da armação utilização na avaliação de perdas.

Foram coletados os frutos encontrados na região central da armação, que representa o local de atuação da recolhedora e, conseqüentemente as perdas do

recolhimento; já os frutos encontrados nas laterais da armação também foram coletados, somados e representaram as perdas da varrição. As eficiências de varrição e recolhimento foram calculadas conforme as equações 1 e 2, respectivamente.

$$EV = \frac{(C_i - P)}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

$$ER = \frac{(CL - P)}{CL} \times 100 \quad (2)$$

em que:

EV: Eficiência de Varrição (%)

C_i: Volume de café total sob as plantas (kg m⁻¹)

P: Perdas ou café remanescente (kg m⁻¹)

ER: Eficiência de Recolhimento (%)

CL: Volume de café total nas leiras (kg m⁻¹)

No recolhimento, foram coletadas amostras de volume igual a 1 L na saída do elevador (dentro da caçamba graneleira), que tiveram suas massas medidas e foram processadas, separando-se o café das impurezas vegetais e minerais. De posse das massas obteve-se os valores percentuais de impurezas vegetais (Equação 3), impurezas minerais (Equação 4) e eficiência de limpeza (Equação 5), conforme metodologia de descrita por TAVARES et al. (2015).

$$IV = \frac{MV}{(MC + MM + MV)} \times 100 \quad (3)$$

$$IM = \frac{MM}{(MC + MM + MV)} \times 100 \quad (4)$$

$$EL = \frac{MC}{(MC + MM + MV)} \times 100 \quad (5)$$

Em que:

IV: Impureza vegetal (%);

IM: Impureza mineral (%);

EL: Eficiência de limpeza (%);

MV: Massa da impureza vegetal da amostra (g);

MM: Massa da impureza mineral da amostra (g);

MC: Massa do café da amostra (g).

Os resultados obtidos nas avaliações foram analisados primeiramente por meio da estatística descritiva e, posteriormente, por meio das cartas de controle para valores individuais, utilizando-se o software Minitab® 16. Em relação à estatística descritiva, utilizou-se a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Verificou-se ainda a normalidade dos dados por meio do teste de Anderson-Darling, conforme estipulado por ACOCK (2008).

As cartas de controle para valores individuais foram utilizadas para monitorar a qualidade e a 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). Quando necessário, utilizaram-se limites de controle específicos (LB), impedindo por exemplo, valores menores que 0 e maiores que 100 para eficiência das operações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores de eficiência das operações de varrição e recolhimento apresentaram distribuições não normais, pelo teste de normalidade Anderson Darling (Tabela 1), para os manejos sem subsolagem (cont. 10 e 20) e subsolador, grade e triturador na maior carga de café (SGT 20). Os valores de desvio padrão e coeficiente de variação foram muito altos apenas para SG 10 na eficiência de varrição, enquanto que na eficiência de recolhimento apenas os tratamentos Cont.10, Cont. 20 e SGT 20 não apresentaram coeficientes de variação e desvios padrão muito altos (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002).

Para eficiência de varrição (Tabela 1), constatou-se que os valores médios deste indicador de qualidade situaram-se em torno de 88 e 92% no manejo sem subsolagem, quando se tinham 0,6 e 1,2 Mg de café benef. ha⁻¹ (10 e 20 sacas benef. ha⁻¹) sob as plantas, respectivamente, mostrando que, apesar dos tratamentos realizados antes da colheita, as perdas ainda foram elevadas. Dentre os manejos com subsolador, observa-se que estes sempre apresentaram maior eficiência no maior volume de café no chão (SG 20, ST 20 e SGT 20), o que se deve à maior participação do café no material a ser retirado da projeção da saia das plantas. Nota-se também que o uso da gradagem após a subsolagem (SG) promoveu maiores perdas, reduzindo a eficiência de varrição para 74 e 44% nas áreas de 20 e 10 sacas benef. ha⁻¹, respectivamente. Os manejos em que se utilizou o triturador (ST e SGT) em ambos os volumes de café, obtiveram eficiência de varrição mais próximas ao padrão (controle), sendo estas 86, 80, 86 e 77% para ST 20, ST 10, SGT 20 e SGT 10, respectivamente.

Ainda na Tabela 1, nota-se que a média de eficiência de recolhimento mais distante do padrão (controle) foi encontrada no manejo com grade posterior à subsolagem, no menor volume de café (SG 10), com média de 31% de eficiência enquanto que o tratamento controle foi 86% (Cont. 10). Por outro lado, o manejo com grade e triturador pós-subsolagem, na maior carga de café (SGT 20) apresentou média de 83%, porém, no mesmo manejo com um volume de 10 sacos benef. ha⁻¹ de café a eficiência foi de 48%. Acredita-se que em menor volume de café, no momento da varrição

os frutos possam ser soterrados com maior facilidade, uma vez que estes manejos deixam o solo mais desagregado. A menor média foi obtida com o uso de grade, em menor volume de café (SG 10). Esse equipamento favorece a desagregação superficial do solo, além de não conseguir eliminar com eficiência os torrões formados na subsolagem.

Tabela 1. Estatística descritiva para os indicadores de qualidade das perdas e da eficiência na varrição e recolhimento mecanizados de café.

IQ	Tratamento	Média	σ	CV	AD
			(%)		
EFICIÊNCIA DE VARRIÇÃO	ST.20	85,72	9,36	10,91	0,54 ^N
	ST.10	80,63	9,47	11,74	0,51 ^N
	SG.20	74,29	16,02	21,57	0,73 ^N
	SG.10	44,10	22,38	50,74	0,36 ^N
	SGT.20	86,26	10,91	16,34	0,54 ^A
	SGT.10	77,31	10,41	13,47	0,39 ^N
	Cont.20	92,42	4,63	5,00	2,37 ^A
	Cont.10	88,09	6,71	7,61	1,18 ^A
EFICIÊNCIA DE RECOLHIMENTO	ST.20	55,71	32,04	57,51	0,84 ^N
	ST.10	53,66	25,39	47,32	0,76 ^N
	SG.20	61,20	26,54	43,37	0,62 ^N
	SG.10	31,26	29,46	94,24	0,64 ^N
	SGT.20	82,76	14,26	17,23	1,71 ^A
	SGT.10	48,01	24,08	50,14	0,52 ^N
	Cont.20	87,19	12,25	14,05	2,16 ^A
	Cont.10	85,97	11,14	12,96	2,43 ^A

IQ– Indicador de qualidade; σ – Desvio padrão; CV (%) – Coeficiente de variação; AD – Teste de normalidade de Anderson Darling (N: distribuição normal; A: distribuição não normal). Cont.- Sem subsolagem; SG - Subsolagem e gradagem; ST - Subsolagem e trituração; SGT - Subsolagem, gradagem e trituração. 10 - volume de café a ser colhido equivalente a 10 sacos de café benef.ha⁻¹; 20 - café equivalente a 20 sacos de café benef.ha⁻¹.

Pela estatística descritiva referente ao processo de limpeza da recolhedora (Tabela 2), pode-se verificar que todos os manejos, nos três indicadores de qualidade, apresentaram distribuições normais pelo teste de Anderson Darling. A maioria dos

indicadores de qualidade apresentou valores de coeficientes de variação altos ou muito altos conforme classificação proposta por PIMENTEL-GOMES e GARCIA (2002). Ressalta-se, entretanto, que em trabalhos de colheita realizados por outros autores é comum a ocorrência de valores elevados dos coeficientes de variação (CASSIA et al., 2013; SANTINATO et al., 2014).

Verificou-se ainda que os manejos praticamente não afetaram o nível de pureza vegetal junto ao café na caçamba graneleira, na qual os valores variaram, na média, de 3 a 5% da massa total do material depositado na caçamba. Já para impurezas minerais os valores médios foram elevados quando se manejou com ST e SG (60 a 70% da massa total), enquanto que os índices obtidos no manejo sem subsolagem (Controle) foram de 25 a 30%. O manejo que mais reduziu o nível de impurezas minerais em meio ao material recolhido foi o que combinou subsolador, grade e triturador (SGT), notadamente no maior volume de café (1200 kg ha^{-1}), com média de 30% de impureza mineral. De maneira geral, este manejo apresentou índices de 5 a 10% superiores ao controle (padrão), resultado este interessante quando comparado aos demais manejos, que apresentaram de 30 a 40% a mais de impurezas vegetais.

Este resultado, observado no SGT, é justificado primeiramente pela maior uniformização da superfície solo quando se trabalha com os três equipamentos em conjunto, favorecendo a melhor adequação da plataforma da recolhedora à superfície do solo, melhorando a captura dos frutos e a separação inicial. A segunda justificativa se deve ao maior fracionamento dos torrões produzidos pela subsolagem com auxílio da grade e do triturador, facilitando o peneiramento do solo no sistema de limpeza da recolhedora.

Sabendo-se que a eficiência de limpeza da recolhedora consiste em se separar as impurezas minerais e vegetais dos frutos recolhidos, é possível verificar na Tabela 2, que a utilização dos manejos com triturador e da grade independentes após a subsolagem (ST e SG) tiveram eficiências de limpeza não satisfatórias, com médias de 25 a 35%, valor muito distante do valor-alvo de 65 a 70% (sem subsolagem). Por outro lado, verifica-se que ao se combinar a grade e o triturador após a subsolagem a eficiência eleva-se

para níveis médios de 50 a 65%, sendo este o manejo com valores mais próximos ao padrão.

Tabela 2. Estatística descritiva para os indicadores de qualidade impurezas vegetais, minerais e eficiência limpeza da recolhedora, em porcentagem.

IQ	Tratamento	Média	σ	CV	AD
			(%)		
IMPUREZA VEGETAL	ST.20	4,02	1,03	25,50	0,16 ^N
	ST.10	3,75	1,59	42,45	0,66 ^N
	SG.20	3,78	1,23	32,63	0,18 ^N
	SG.10	2,65	0,91	34,50	0,71 ^N
	SGT.20	5,07	1,21	23,84	0,70 ^N
	SGT.10	3,90	1,54	39,59	0,73 ^N
	Cont.20	3,76	1,73	45,86	0,55 ^N
	Cont.10	3,83	0,84	21,98	0,53 ^N
IMPUREZA MINERAL	ST.20	59,58	7,27	12,21	0,55 ^N
	ST.10	67,83	7,09	10,46	0,61 ^N
	SG.20	67,16	6,57	9,78	0,20 ^N
	SG.10	70,16	6,40	9,13	0,17 ^N
	SGT.20	29,87	6,22	20,83	0,70 ^N
	SGT.10	45,78	14,10	30,80	0,09 ^N
	Cont.20	26,35	9,47	35,94	0,42 ^N
	Cont.10	30,25	7,81	25,81	0,57 ^N
EFICIÊNCIA DE LIMPEZA	ST.20	36,40	6,41	17,60	0,66 ^N
	ST.10	28,42	5,75	20,23	0,47 ^N
	SG.20	29,05	5,85	20,15	0,25 ^N
	SG.10	27,19	6,22	22,87	0,16 ^N
	SGT.20	65,07	5,53	8,50	0,56 ^N
	SGT.10	50,32	13,44	26,71	0,74 ^N
	Cont.20	69,89	9,73	13,93	0,75 ^N
	Cont.10	65,91	7,53	11,42	0,53 ^N

IQ– Indicador de qualidade; σ – Desvio padrão; CV (%) – Coeficiente de variação; Cs – Coeficiente de assimetria; Ck – Coeficiente de curtose; AD – Teste de normalidade de Anderson Darling (N: distribuição normal; A: distribuição não normal). Cont.- Sem subsolagem; SG - Subsolagem e gradagem; ST - Subsolagem e trituração; SGT - Subsolagem, gradagem e trituração. 10 - volume de café a ser colhido equivalente a 10 sacos de café benef.ha⁻¹; 20 - café equivalente a 20 sacos de café benef.ha⁻¹.

Analisando-se a qualidade do processo para eficiência de varrição (Figura 8), observou-se que todos os manejos realizados com menor carga de café apresentaram estabilidade do processo, enquanto que na maior carga isso só ocorreu para o tratamento SG 20. Dentre os manejos com o uso do subsolador juntamente com os tratos posteriores, a combinação com a grade resultou em operações de menor qualidade devido à elevada variabilidade dos valores de eficiência. Estes pontos fora dos limites de controle podem ser atribuídos principalmente ao fator meio ambiente, pois pode ter havido alguma irregularidade do terreno nestes pontos específicos, impedindo ou dificultando a retirada do café da saia das plantas, reduzindo além do normal a eficiência da máquina, principalmente, quando se teve maior carga de café. O ponto fora de controle no tratamento SGT 20 foi o que apresentou maior discrepância. Acredita-se que além do fator meio ambiente, o fator mão de obra possa ter exercido influência para que se tivesse elevada redução da eficiência de varrição, podendo ser um momento de regulagem da altura dos discos varredores do arruador-soprador, impedindo a retirada dos grãos debaixo das plantas.

FERNANDES et al. (2012b) explicam que a utilização da subsolagem aumenta a rugosidade do solo, característica que pode reduzir a eficiência da varrição mecanizada, o que explica a maior eficiência quando se utilizou o triturador o qual desfaz com maior eficácia os torrões e irregularidades do solo causados pela subsolagem. TAVARES et al. (2015) ressaltam a grande influência das condições ambientais e culturais na qualidade da colheita do café de varrição, afirmando ser necessário realizar um bom preparo pré-colheita (arruação) para que se reduzam as perdas e se eleve a eficiência das máquinas. CASSIA et al. (2013) enfatizam a importância de se analisar quali-quantitativamente a eficiência das operações mecanizadas na cafeicultura, observando também a qualidade das mesmas, tornando-as mais confiáveis para serem realizadas pelos produtores, garantindo melhores resultados.

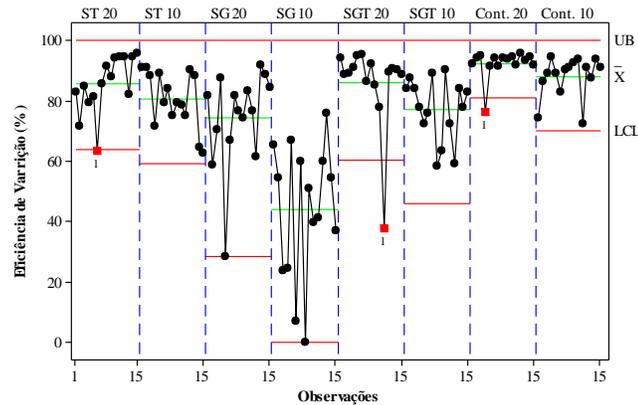


Figura 8. Cartas de controle para eficiência de varrição mecanizada do café em quatro manejos do solo.

Para eficiência de recolhimento (Figura 9) apenas os tratamentos ST 20, SGT 20, Cont. 20 e Cont. 10 apresentaram instabilidade do processo, enquanto que os demais foram estáveis. Novamente constatou-se elevada variabilidade nos manejos com uso da subsolagem, enquanto que a menor variabilidade foi obtida no quando se utilizou grade e triturador após a subsolagem com maior volume de café (SGT 20). Para os pontos fora de controle encontrados nos manejos ST 20, SGT 20, Cont. 20 e Cont. 10, acredita-se que possam ser atribuídos principalmente ao fator meio ambiente, nos quais possíveis irregularidades no terreno possam reduzir a acessibilidade da plataforma da recolhedora, elevando o nível de perdas.

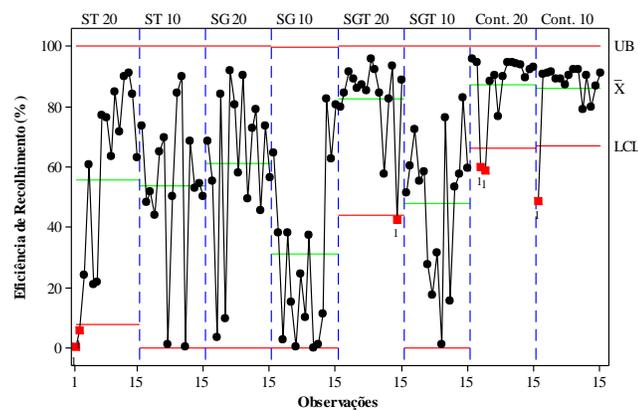


Figura 9. Cartas de controle para eficiência de recolhimento mecanizado do café em quatro manejos do solo.

Os valores-padrão de eficiência encontrados nos manejos sem subsolagem corroboram com os obtidos por TAVARES et al. (2015), que situaram-se em torno de 80%, mostrando a necessidade de melhoria das máquinas para que se possa reduzir as perdas. SILVA et al. (2014), analisando a qualidade do preparo de solo no café, observaram que a variabilidade do processo pode ser elevada, 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). SANTINATO et al. (2014) enfatizam a importância de se elevar a qualidade da colheita mecanizada do café, garantindo melhor uso das máquinas elevando sua eficiência. Sabendo-se da importância do recolhimento mecanizado na viabilização da colheita do café de varrição (SANTINATO et al., 2015a), estudos que visam melhorar a qualidade desta operação se tornam importantes para aumentar o desempenho do conjunto mecanizado.

Analisando-se as cartas de controle das impurezas vegetais (Figura 10a) verificaram-se menores variabilidades no nível de impurezas vegetais quando se tinha o menor volume de café a ser recolhido (600 kg de café benef. ha⁻¹), possivelmente por se ter menor volume de material entrando na máquina, facilitando e estabilizando o processo de limpeza. Porém, ocorreram pontos fora dos limites de controle nos manejos ST 10 e SGT 10, nos quais se observaram níveis de impureza vegetal acima dos limites normais. Esses valores podem ser influenciados por diversos motivos tais como: o próprio nível de resíduo vegetal das leiras, antes do recolhimento, que possui alta variabilidade; a alta variabilidade do material que entra na recolhedora que altera o fluxo do material recolhido, podendo auxiliar ou prejudicar a capacidade de limpeza da mesma.

Pelas cartas de controle para impurezas minerais (Figura 10b) notou-se ainda que os manejos ST 10, SGT20 e SGT 10 tiveram pontos fora dos limites de controle, causando instabilidade nos processos. Acredita-se que estes apresentem forte relação com o método de varrição, nos quais aconteceram pontos acima dos limites quando se tem maior carreamento de solo para as leiras, por meio da operação de varrição, assim como pontos abaixo dos limites quando ocorre o contrário, porém, deve-se tomar cuidado

para reduzir a intensidade da pressão sobre o solo e inclinação dos discos varredores do arruado-soprador pois isso pode elevar as perdas de grãos de café.

Do ponto de vista qualitativo, notou-se que a variabilidade da eficiência de limpeza dos manejos subsolados foram menores que o Controle (sem subsolagem), com exceção do SGT 10 que apresentou resultados mais dispersos ao redor da média. Ainda neste sentido, notou-se um ponto fora do limite de controle, porém este extrapolou o limite superior e por mais que tenha causado instabilidade, é um ponto que atingiu melhor valor de eficiência, sendo assim desejável. Por outro lado, para o manejo SGT 20, se teve um ponto abaixo do limite inferior de controle (LIC) resultando em maior nível de impureza mineral como citado na Figura 10b.

Os valores de eficiência de limpeza da recolhadora, no manejo controle, deste trabalho (70%) foram inferiores aos citados por TAVARES et al. (2015) (80%), possivelmente devido à velocidade de trabalho, que neste trabalho foi menor, permitindo que o rolo recolhedor ficasse mais tempo em contato com o material a ser recolhido e com o solo, levando maior nível de impureza para o interior da máquina. Os mesmos autores, explicando o funcionamento de limpeza da máquina, ressaltam que as peneiras não conseguem separar torrões de tamanho similar aos frutos de café causando a elevação das impurezas minerais na caçamba graneleira. Por este motivo, a eficiência de limpeza foi melhor no manejo em que se utilizou grade e triturador após a subsolagem, no qual a junção das duas operações desfez com maior eficiência os torrões, facilitando o peneiramento interno da recolhadora. A menor quantidade de impureza em meio ao café de varrição facilita todos os processos posteriores, sejam de secagem direta ou passagem pela via-úmida (lavador), facilitando a limpeza e secagem do café (FERNANDES et al., 2012a; MATIELLO et al., 2010).

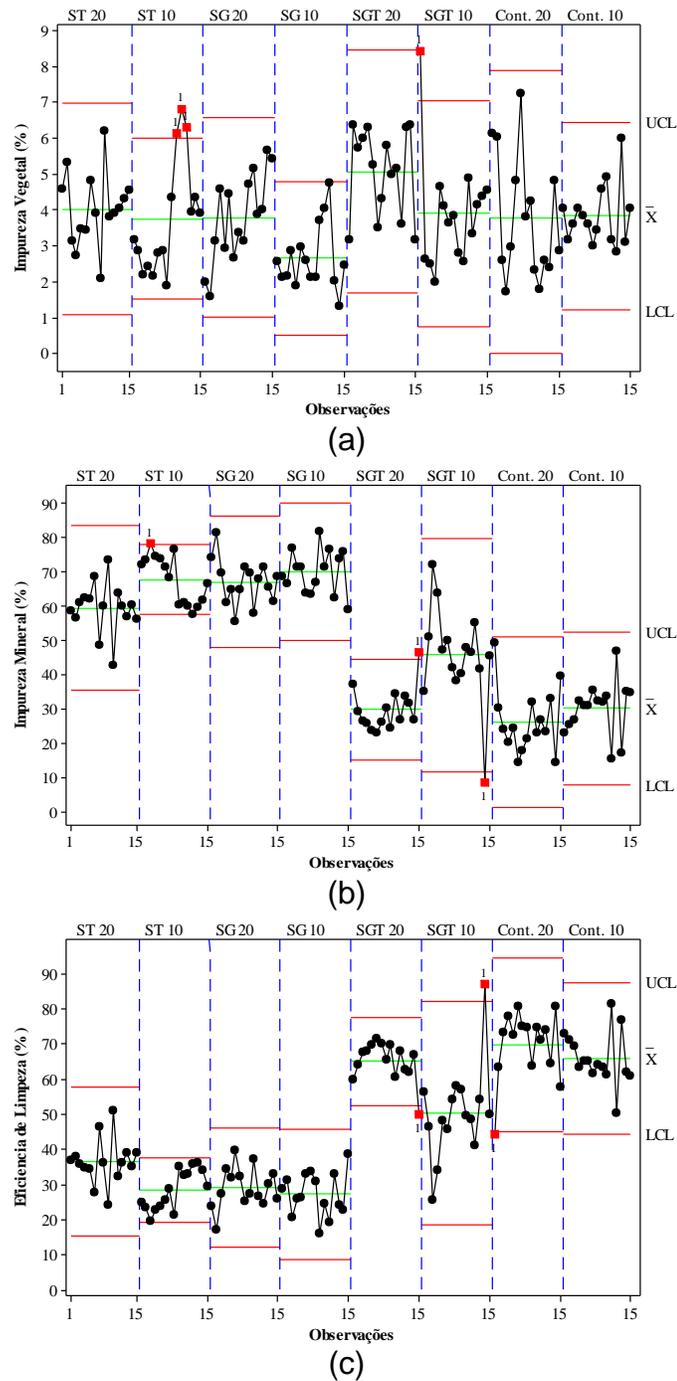


Figura 10. Cartas de controle para impurezas vegetais (a), impurezas minerais (b) e eficiência de limpeza (c) na operação de recolhimento mecanizado do café em quatro manejos do solo.

CONCLUSÕES

O manejo das entrelinhas subsoladas e manejadas com grade e triturador conjuntamente favorece as operações mecanizadas de varrição e recolhimento e resulta em qualidade no processo.

A utilização apenas da grade após a subsolagem resulta nos piores valores de eficiência das máquinas de colheita de café de varrição.

O manejo com grade e triturador é o que mais se aproxima no manejo sem subsolagem, porém, apresenta altos níveis de perdas.

REFERÊNCIAS

ACOCK, A. C. Descriptive statistics and graphs for one variable. In: _____. (Ed.). **A gentle introduction to stata**. Texas: Stata Corp., 2010. cap. 5, p. 87-113.

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

CASSIA M.T.; SILVA R.P.; CHIODEROLI C.A.; NORONHA R.H.F.; SANTOS E.P. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Rio Grande do Sul, v. 43, n. 1, p. 28-34, 2013.

CUNHA, J.P.B; SILVA, F.M.; ANDRADE, F.; MACHADO, T.A.; BATISTA, F.A. Análise técnica e econômica de diferentes sistemas de transplântio de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 289-297, 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2. d. Brasília, DF, 2006 Rio de Janeiro. 412 p.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012a.

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**, Goiânia, v.8, n.15; p. 1648, 2012b.

LANNA, G. B. M.; REIS, P. R. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, 2012.

MATIELLO, J. B; SANTINATO, R; GARCIA, A. W; ALMEIRA, S. R; FERNADES, D. R. **Cultura de café no Brasil manual de recomendações**. Varginha: Gráfica Santo Antônio, 2010. 542 p.

NORONHA, R.H.F.; SILVA, R.P.; CHIODEROLI, C.A.; SANTOS, E.P.; CASSIA, M.T. 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.

PEEL M.; FINLAYSON B.; MCMAHON T. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrol Earth Syst Sc.**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

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.; 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, n. 4, 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**, v. 10, p. 402, 2015a.

SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; CARVALHO FILHO, A.; SANTINATO, R. Número de operações mecanizadas na colheita do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.10, p.1809-1814, 2015b.

SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; DUARTE, A.P.; SANTINATO, R. Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 402 - 411, 2015c.

SEKI, A.S.; SEKI, F.G.; JASPER, S.P.; SILVA, P.R.A.; BENEZ, S.H. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 460-468, 2015.

SILVA, F.C.; SILVA, F.M.; SILVA, A.C.; BARROS, M.M.; PALMA, M.A.Z. 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, 2013a.

SILVA, F.C.; SILVA, F.M.; ALVES, M.C.; FERRAZ, G.S.; SALES, R.S. Efficiency of coffee mechanical and selective harvesting in different vibration during harvest time. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 56 - 64, 2015.

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. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p.61-69, 2013b.

SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A.; CASSIA, M.T.; VIDAL, D.O.; CAVICHIOLI, F.A. 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, 2014.

SOUZA, J.M.; BONOMO, R.; PIRES, F.R.; BONOMO, D.Z. Curva de retenção de água e condutividade hidráulica do solo, em lavoura de café conilon submetida à subsolagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 226-236, 2014.

TAVARES, T.O.; SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A.; PAIXÃO, C.S.S.; SATINATO, R. Qualidade do recolhimento mecanizado do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 455 - 463, 2015.

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.; 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**, v. 7, p. 1396-1406, 2013.

ZERBATO, C.; FURLANI, C.E.A.; VOLTARELLI, M.A.; BERTONHA, R.S.; SILVA, R.P. Quality control to seeding systems and densities in peanut crop. **Australian Journal of Crop Science**, v. 6, p. 992-998, 2014.

CAPÍTULO 3 – TEMPOS, MOVIMENTOS E EFICIÊNCIA OPERACIONAL NO RECOLHIMENTO MECANIZADO DE CAFÉ EM QUATRO DECLIVIDADES

RESUMO

O recolhimento mecanizado de café é uma operação essencial na cafeicultura moderna, porém, ainda é uma atividade com poucos estudos que relacionem os fatores que podem interferir no seu desempenho operacional. Pressupondo-se que a declividade do terreno possa ser um destes fatores, objetivou-se avaliar o desempenho operacional de um conjunto mecanizado de recolhimento de café em diferentes declividades do terreno. Os tratamentos consistiram no recolhimento mecanizado de café em quatro faixas de declividades (0,0 a 5,0%; 5,1 a 10,0%; 10,1 a 15,0% e 15,1 a 20,0%) distribuídas em delineamento experimental em faixas, com três repetições. A avaliação do desempenho operacional foi materializada por meio da análise de tempos e movimentos, coletando-se os tempos em operação, descarga e manobras, além da análise das eficiências de recolhimento e limpeza. A operação foi realizada em lavoura com 1.133 kg de café em coco ha⁻¹ a ser recolhido. A declividade do terreno, a partir de 15,1%, interfere no desempenho da recolhedora, reduzindo significativamente a capacidade de campo efetiva e operacional. Declividades de até 20% não prejudicam a eficiência de limpeza, por outro lado, para eficiência de recolhimento, declividades superiores a 15% reduzem de forma significativa o desempenho das máquinas.

PALAVRAS-CHAVE: Inclinação do terreno; colheita mecanizada; desempenho de máquinas.

TIMES, MOVEMENTS AND OPERATIONAL EFFICIENCY IN MECHANIZED GATHERING OF COFFEE IN FOUR SOIL SLOPE

ABSTRACT

The mechanized gathering of coffee is an essential operation in modern coffee crop, however, is still an activity with few studies that emphasize the factors that could interfere in its operating performance. Assuming that the slope of the land can be one of these factors, aimed to evaluate operational performance of a mechanized set of coffee gathering in different terrain slopes. The treatments consisted of mechanized gathering of coffee slope in four bands (0.0 to 5.0%, 5.1 to 10.0%; 10.1 to 15.0 and 15,1% to 20,0%) distributed in experimental design strips with three replications. The evaluation of the operating performance was materialized by means of the analysis times and movements, collecting up time in operation, unloading and maneuvering, as well as efficiencies analysis of gathering and cleaning. The operation was performed in crop with 1.133 kg of coffee in coconut ha⁻¹ to be gathered. The slope of the land, from 15.1%, interferes in performance of the harvester, significantly reducing the effective field capacity and operational. Slopes of up to 20% does not harm the cleaning efficiency, on the other hand, for gathering efficiency, slopes higher than 15% significantly reduce the performance of the machines.

KEYWORDS: Land slope; mechanical harvesting; machine performance.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira vivenciou, nos últimos anos, uma mudança de cenário, no qual ocorreu a elevação dos custos com insumos e mão de obra, porém, sem o equivalente aumento nos preços recebidos pela produção (FERNANDES et al., 2012). Desta forma, os produtores tiveram que se adequar, reduzindo os custos possíveis e elevando a produtividade das lavouras. O caminho foi investir em tecnologias que aumentassem os rendimentos e reduzissem a demanda por mão de obra, como por exemplo, a substituição da colheita manual pela mecanizada (LANNA & REIS, 2012).

A colheita mecanizada do café atualmente é constituída de duas fases, sendo a primeira representada pela colheita do café na planta, enquanto que na segunda, tem-se o recolhimento do café caído no chão, também chamado de café de varrição (TAVARES et al., 2015). A substituição total da colheita manual pela mecanizada possibilita reduzir o custo da colheita em até 60% (SANTINATO et al., 2015; LANNA & REIS, 2012; SILVA et al., 2003).

Embora grande parte das regiões produtoras optem por colher de forma mecanizada, áreas com relevos declivosos podem reduzir ou até mesmo impedir a utilização das máquinas (FERNANDES et al., 2012). HÖFIG e ARAUJO-JUNIOR (2015) classificam a declividade do solo com potencialidade à mecanização na cultura do café em extremamente apta (0 a 5%), muito apta (5,1 a 10%), apta (10,1 a 15%) moderadamente apta (15,1 a 20%) e não recomendada (> 20%). Por outro lado, SANTINATO et al. (2016) citam que melhorias recentes das colhedoras, assim como o bom planejamento das lavouras, têm favorecido a colheita em áreas com até 30% de declividade.

Na segunda fase da colheita mecanizada, referente à varrição e ao recolhimento, são poucos os estudos disponíveis na bibliografia. De acordo com TAVARES et al. (2015), muitos são os fatores que interferem na qualidade destas operações, tais como: desníveis e irregularidades do terreno, quantidade de impurezas e quantidade de café. Por outro lado, não se tem informação se a declividade do terreno interfere na eficiência da operação de recolhimento mecanizado do café.

Em um dos poucos trabalhos realizados avaliando efeitos da declividade em operações mecanizadas, PEREIRA et al. (2012) estudando subsolagem encontraram que à medida em que se aumenta a declividade, a profundidade atingida pelo subsolador diminui. Por outro lado, ROBERT et al. (2013) não verificaram perdas significativas na capacidade operacional de uma colhedora florestal até a declividade de 27%. Sendo assim é passível de se estudar cada operação para verificar suas limitações quanto à declividade de suas áreas trabalháveis.

Em levantamentos realizados por BERNARDES et al. (2012), em Minas Gerais, estado que representa 50% da produção nacional, são encontradas lavouras em praticamente todas as faixas de declividade, porém, existe um predomínio de lavouras em declividades entre 5 e 15%.

Pressupondo-se que a declividade possa afetar o desempenho da operação de recolhimento mecanizado do café, objetivou-se neste trabalho avaliar, por meio das análises de tempos e movimentos assim como a eficiência de recolhimento e limpeza e o desempenho da colhedora em quatro faixas de declividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em agosto de 2015, em área agrícola do município de Presidente Olegário, MG, nas coordenadas geodésicas latitude 18°33'43" Sul e longitude 46°20'03" Oeste, com altitude de 1030 metros. O solo do local é classificado como LATOSSOLO AMARELO Distroférico pela classificação da EMBRAPA (2006), tendo textura arenosa com 70% de areia. Já o clima é Aw de acordo com a classificação de PEEL et al. (2007), com precipitação média de 1400 mm anuais.

A área experimental corresponde a 2,0 ha com linhas de 235 m de comprimento, da variedade Catuaí Vermelho IAC 144, cultivada em nível no espaçamento de 4,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas (5.000 plantas ha⁻¹), com 32 meses de idade, irrigada por gotejamento.

O recolhimento do café foi realizado utilizando o conjunto mecanizado composto por um trator 4 x 2 com potência nominal de 55,2 kW (75 cv) e uma colhedora Master café II, operando com 540 rpm de rotação na TDP e velocidade teórica de 1,0 km h⁻¹.

Ressalta-se ainda que, por se tratar de área com declive maior que 15%, o trator apresentava lastros líquidos e metálicos, além de trabalhar com maior bitola (1,23 m). Neste sentido, equipou-se o eixo dianteiro com 240 kg de lastro metálico e 220 kg de lastro líquido e, no eixo traseiro, utilizou-se 200 kg de lastro metálico e 350 kg de lastro líquido, fornecendo maior estabilidade e segurança na operação.

Os tratamentos consistiram em recolher mecanicamente o café caído, em quatro faixas de declividades: 0,0 a 5,0%; 5,1 a 10,0%; 10,1 a 15,0% e 15,1 a 20,0% (Figura 11). Esta declividade foi avaliada por meio da média de 15 pontos por entrelinha, espaçados em 15 metros entre si, com auxílio de um clinômetro digital 1.4 Apk. Desta forma, o delineamento experimental utilizado foi em faixas, com três repetições (3 entrelinhas de café para cada tratamento).

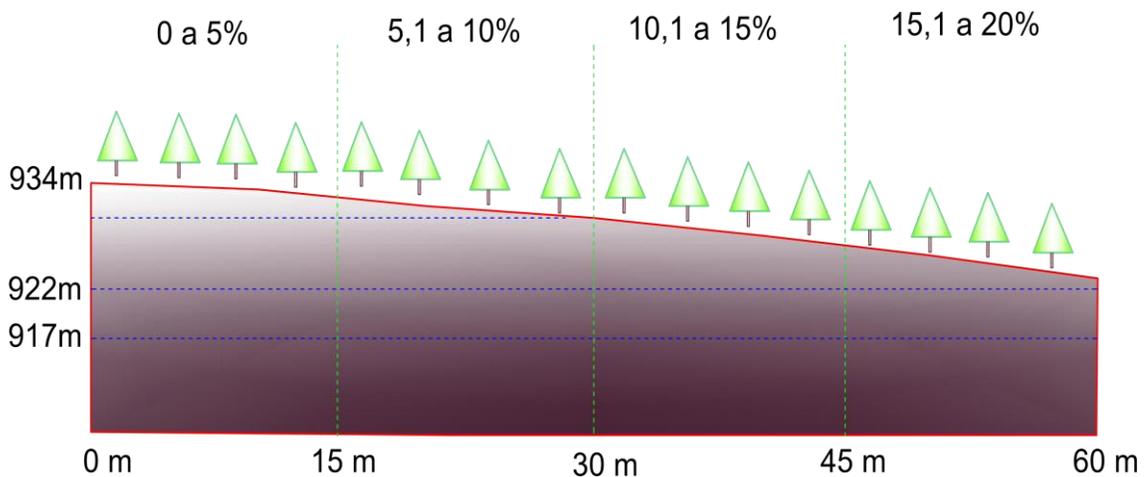


Figura 11. Esquema experimental utilizado.

Anteriormente à análise de eficiência de recolhimento realizou-se a caracterização da área. Determinou-se a quantidade de café presente em cada parcela, rastelando-se na entrelinha uma área de 30m², obtendo-se a carga de café existente de 1.133 kg ha⁻¹ (8,1 sacos benef.ha⁻¹).

Durante a operação, avaliaram-se os tempos e movimentos, medindo-se, com auxílio de cronômetro e caderneta de campo, os tempos gastos recolhendo, fazendo manobras e descarregando, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Divisão das atividades no recolhimento mecanizado do café.

Atividade	Descrição
1. Tempo total	Tempo no qual a recolhedora inicia o trabalho (recolhimento) até término da descarga, incluindo tempo do recolhimento, manobra e descarga.
2. Tempo recolhendo	Tempo demandado para o recolhimento do café, compreendendo o tempo em que a plataforma recolhedora se mantém posicionada sobre o solo recolhendo as leiras.
3. Tempo de manobras	Tempo gasto para o transporte da recolhedora de uma rua para outra, contado desde o momento em que se levanta a plataforma recolhedora do solo, no final da entrelinha, até o reposicionamento da mesma no solo no início da outra entrelinha.
4. Tempo de descarga	Tempo necessário para descarregar e retornar à lavoura, sendo o tempo contado após a retirada da plataforma do solo, incluindo o deslocamento até unidade de transporte (caçamba, carreta ou caminhão), a descarga e o retorno à lavoura, quando a plataforma recolhedora é posicionada novamente sobre o solo.

Após a aquisição dos dados, os tempos obtidos foram extrapolados para a área de um hectare. A eficiência operacional foi calculada conforme normas ASABE EP 496.3 (2011), enquanto que a eficiência de tempo e as capacidades de campo operacional e efetiva foram determinadas conforme MIALHE (1974).

A capacidade de campo efetiva foi adaptada de MIALHE (1974) e calculada por meio da Equação 1.

$$CcE = \frac{V \times L}{10} \quad (1)$$

em que:

CcE: Capacidade de Campo Efetiva (ha h⁻¹);

V: velocidade de deslocamento (km h⁻¹);

L: espaçamento entrelinhas do cafeeiro (m);

10: fator de adequação de unidades.

Já capacidade de campo operacional foi adaptada de MIALHE (1996) de acordo com a Equação 2. Vale ressaltar que a eficiência da recolhedora representa o percentual do tempo em que a mesma encontra-se efetivamente em operação, descontando-se as manobras e a descarga frente ao tempo total (Equação 3).

$$CcO = \frac{V \times L \times Ef}{10} \quad (2)$$

em que:

CcO: Capacidade de Campo Operacional (ha h⁻¹);

V: velocidade de deslocamento (km h⁻¹);

L: espaçamento entrelinhas do cafeeiro (m);

Ef: Eficiência da recolhedora;

10: fator de adequação de unidades.

$$Ef = \left\{ \frac{Tr}{Tr + Tm + Td} \right\} \times 100 \quad (3)$$

em que:

Ef: Eficiência da recolhedora (%);

Tr: Tempo recolhendo (s);

Tm: Tempo em manobra (s);

Td: Tempo de descarga (s).

Para avaliação de eficiência de limpeza, coletaram-se, diretamente do elevador que carrega o material colhido para o depósito da máquina, três sub amostras de 1 L, por repetição, totalizando doze amostras por tratamento. Em seguida, separaram-se manualmente as impurezas minerais e vegetais do café. Os materiais tiveram sua massa determinada em balança com precisão de 0,1 g e os valores foram transformados em porcentagem, de forma a se obter a pureza e a impureza de cada amostra, sendo que a porcentagem de pureza representa a eficiência de separação da recolhedora.

A eficiência de recolhimento foi calculada por meio dos níveis de perdas em cada ponto amostral (café não recolhido pela máquina) conforme a equação 4. Novamente, coletaram-se três pontos aleatórios por entrelinha, totalizando doze pontos por tratamento. Estas perdas foram coletadas com auxílio de uma armação metálica de 3,8 m² (3,8m x 1,0 m) subdividida em três partes, sendo duas de 1,1 m² nas extremidades e uma de 1,6 m² na parte central, colocada perpendicularmente nas entrelinhas após a operação de recolhimento. Foram coletados inicialmente os frutos encontrados na região central da armação, que representa o local de atuação da recolhedora e, conseqüentemente, as perdas do recolhimento.

$$ER = \frac{(CL - P)}{CL} \times 100 \quad (4)$$

em que:

ER: Eficiência de Varrição (%);

CL: Quantidade de café total nas leiras (kg m⁻²);

P: Perdas ou café remanescente (kg m⁻²).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F de Snedecor e, quando procedente, ao teste de Tukey, ambos a 5% probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 12, observam-se os tempos gastos para descargas (TD), manobras (TM) e em operação (TO) para realizar o recolhimento em um hectare. Visto que o tempo de descarga é influenciado pela distância entre a área e o local de descarga (carreta), utilizou-se neste trabalho a média das descargas para a área total avaliada, obtendo-se o tempo médio de dezesseis minutos de descarga por hectare para as condições de trabalho. Por outro lado, os tempos de manobras e operação foram afetados pelas declividades. Para os tempos de manobra, notou-se que em áreas de 10,1 a 15,0% e de 15,1 a 20,0% de declividade ocorreu aumento nos tempos gastos em manobras na ordem de 37 e 106%, respectivamente, em relação ao recolhimento realizado em áreas planas (0,0 a 5,0%). O mesmo ocorreu para os tempos gastos em operações para recolher, na qual ao se operar em área de 15,1 a 20,0% de declividade houve aumento de 1h29min ha⁻¹ (111%) no tempo gasto quando comparado ao mesmo percurso em local plano (0 a 5%). Isto ocorreu pelo fato de que, em maiores declividades, existem pontos de maior inclinação que obrigam o operador a trocar de marchas a todo momento para reduzir a velocidade e os riscos de tombamento da recolhedora.

Resultados similares foram encontrados por LEITE et al. (2014) em colheita mecanizada florestal, nos quais ao se trabalhar em áreas de 17% de declividade há aumento de 11% dos tempos gastos para realização da mesma quantidade de serviço em relação à área com 7% de declividade, aumentando o custo da colheita. Höfig & Araujo-Junior (2014) ressaltam a importância de se considerar a declividade no planejamento da mecanização cafeeira, tratando aptidão de cada nível de declividade de maneira singular.

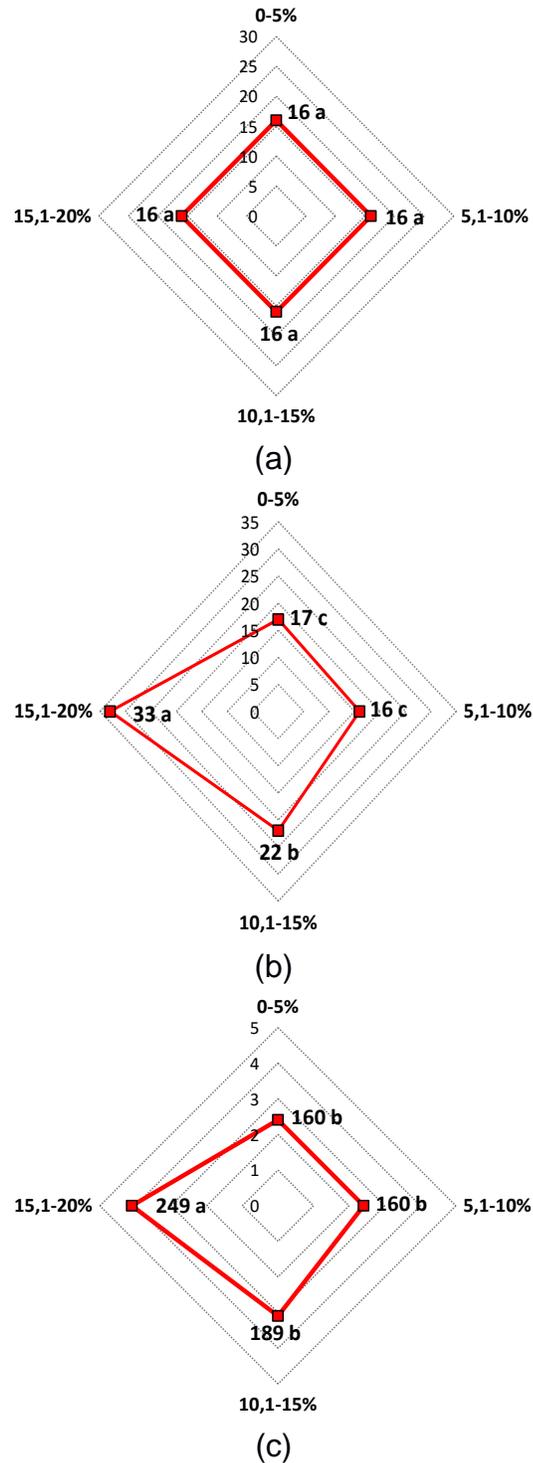
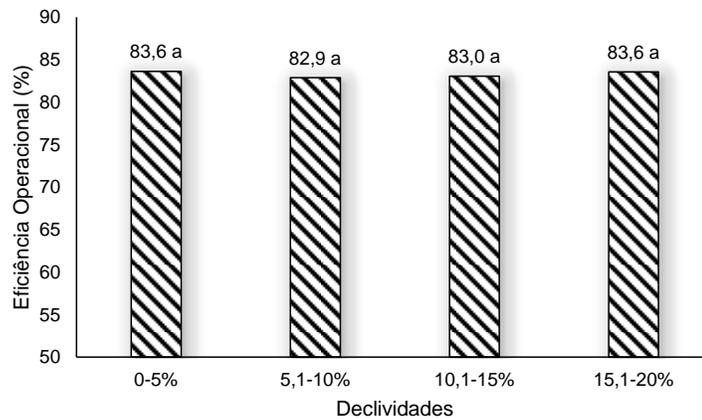
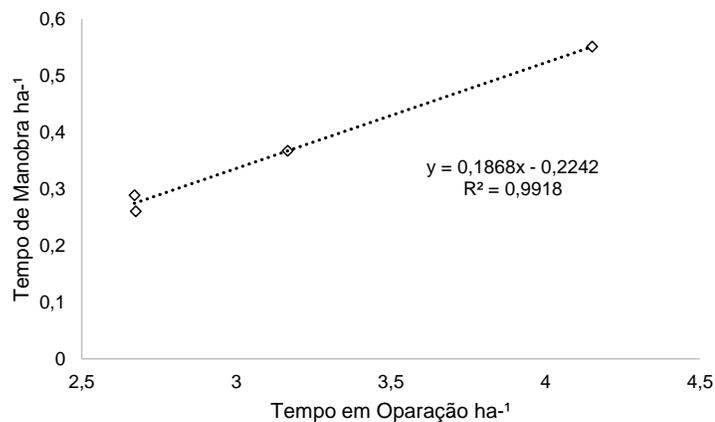


Figura 12. Tempos estimados para descargas (a), manobras (b) e tempo em operação (c), em minutos ha^{-1} . Médias seguidas por mesmas letras não se diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A eficiência operacional não foi afetada pelas declividades (Figura 13a), apresentando valores entre 82,9 e 83,6%. Este fato é justificado pelos tempos de operação e manobra serem prejudicados de forma proporcional com o aumento da declividade (Figura 13b). Fato este também observado por PEREIRA et al. (2012), no qual a declividade elevou o tempo total da operação de subsolagem em área de pastagem. Por outro lado, ROBERT et al. (2013) não encontraram diferenças estudando o desempenho de uma colhedora florestal trabalhando em elevadas declividades, fato este, ocorrido devido à presença de rodados de esteira.



(a)



(b)

Figura 13. Eficiência operacional (a) e correlação entre tempos em operação e tempo em manobra (b) em função da declividade, equivalentes a 1 ha⁻¹.

De forma geral, em locais com maior irregularidade, a operação de recolhimento tem seus rendimentos prejudicados de forma significativa, podendo incorrer em erros no planejamento prévio dos tempos gastos para realização desta operação. Este tempo interfere nas capacidades de campo operacional e efetiva (Figura 14), que decrescem de forma similar à medida em que se aumenta a declividade do terreno. O motivo de apresentarem comportamento similar é unicamente devido ao fato de não ter havido diferença na eficiência operacional (Figura 13a) para as declividades estudadas. Portanto, neste caso, a capacidade de campo operacional equivale a aproximadamente 83% da capacidade de campo efetiva.

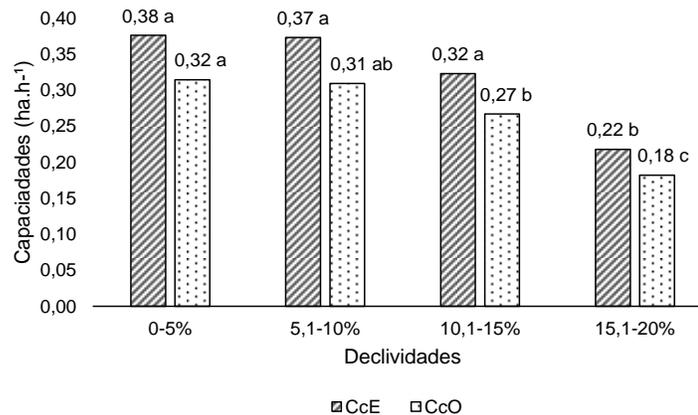


Figura 14. Capacidade de campo efetiva (CcE) e capacidade de campo operacional (CcO) em função da declividade, em hectares h⁻¹. Médias seguidas por mesmas letras não se diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Ainda na Figura 14, observou-se que para a velocidade de trabalho padrão utilizada na fazenda seria possível realizar o recolhimento de 0,31 ha no período de uma hora (sem paradas), em áreas de 0,0 a 10,0% de declividade, entretanto, para áreas com 10,1 a 15,0% e 15,1 a 20,0% de declive houve redução de 13 e 42%, respectivamente, da capacidade de campo operacional. Este fato deve ser considerado no planejamento da colheita, sendo possível adequar o número de conjuntos trator-recolhedora para se realizar o recolhimento no período requerido.

MOLIN et al. (2006) citam que as informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões. Desta forma, é necessário adequar o número de conjuntos mecanizados à situação da lavoura e o tempo para realização do serviço. Corroborando com isto, LEITE et al., (2014) citam que para a colheita mecanizada de eucalipto há uma demanda de serviço 11% maior em locais mais declivosos quando comparada com locais mais planos.

Além das características operacionais deve-se também analisar a qualidade da operação em si. Desta forma, utilizou-se de duas variáveis: eficiência de recolhimento e de limpeza. Os resultados obtidos estão expostos na Figura 15, pelos quais nota-se que a eficiência de recolhimento é influenciada significativamente pelas declividades, fato este não observado na eficiência de limpeza.

A recolhedora recolheu em média 70,1% do café presente no chão, sendo que o restante do café não foi recolhido por dois motivos: o primeiro pelo fato de a área ser de primeira safra, apresentando certa irregularidade da superfície do solo. Normalmente esta irregularidade é corrigida ao longo dos anos por consequência de outros tratamentos, tais como controle de plantas daninhas com triturador (trincha); o segundo motivo seria relacionado ao tipo de solo, que possuía alta porcentagem de areia, favorecendo no momento da arruação, o soterramento dos frutos, impedindo que os mesmos fossem capturados pela plataforma da recolhedora.

TAVARES et al. (2015) explicam que as recolhedoras possuem grande sensibilidade à forma e composição das leiras, assim como a desuniformidade superficial do solo, sendo necessário a realização de operações anteriores que facilitem o processo de recolhimento e limpeza do café de varrição. SANTINATO et al. (2015) ressaltam que a mecanização das atividades de colheita possui importante papel para redução dos custos assim como eleva a capacidade operacional, sendo de grande importância para sustentabilidade da atividade.

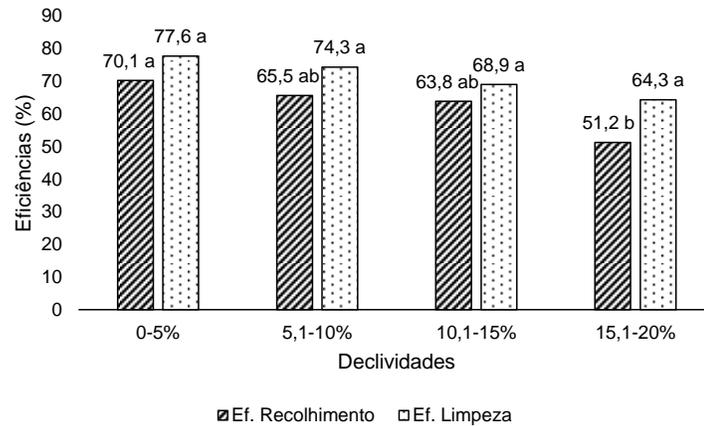


Figura 15. Eficiência de recolhimento e limpeza da recolhedora em função da declividade do terreno. Médias seguidas por mesmas letras não se diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A eficiência de limpeza teve médias entre 77,6 e 64,3%, valores inferiores aos encontrados por TAVARES et al. (2015), realizado em lavoura adulta com relevo suave (3% de declividade), em que obtiveram média de 85% de eficiência de limpeza. Nota-se ainda que, a declividade não afetou significativamente no processo de limpeza da recolhedora. A priori isto pode ser explicado pela existência de repartições nas peneiras de limpeza, o que impede que o material se concentre apenas de um lado da recolhedora quando a mesma se encontra inclinada. Desta forma, o material é distribuído durante o processo de limpeza, auxilia na capacidade de separação e eliminação de impurezas. Caso não existissem estas repartições, o material se concentraria apenas de um lado e não ocorreria a separação do café das impurezas, podendo aumentá-las no café recolhido e elevar os níveis de perdas.

CONCLUSÕES

O recolhimento mecanizado do café pode ser realizado com o mesmo desempenho em declividades de 0 a 15% de declividade.

O recolhimento em declividades superiores a 15% promove a redução das capacidades de campo operacional e efetiva, quando comparado com o recolhimento em áreas planas.

Em áreas com declividades acima de 15,1% ocorre aumento da demanda de conjuntos mecanizados, devendo este fato ser considerado no dimensionamento da frota.

A eficiência de limpeza não é prejudicada em declividades de até 20%, mas, por outro lado, a eficiência de recolhimento, a partir de 15,1% de declividade, foi prejudicada significativamente.

REFERÊNCIAS

ASABE (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL BIOLOGICAL ENGINEERS). ASABE EP 496 JUN11: Agricultural machinery management data. In: _____. ASABE Standards 2011: standards engineering practices data. St. Joseph, 2011. 6 p.

BERNARDES, T.; MOREIRA, M.A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B.F.T. Diagnóstico físico-ambiental da cafeicultura no estado de Minas Gerais – Brasil. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 139-151, 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF, 2006 Rio de Janeiro. 412 p.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

HÖFIG, P.; ARAUJO-JUNIOR, 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.

LANNA, G. B. M.; REIS, P. R. Influência da mecaniza o da colheita na viabilidade econ mico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, 2012.

LEITE, E.S.; MINETTE, L.J.; FERNANDES, H.C.; SOUZA, A.P.; AMARAL, E.J.; LACERDA, E.G. Desempenho do harvester na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividade. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.1, p.01-07, 2014.

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

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificações**. Piracicaba: CNPq-PADCT/TIB; FEALQ, 1996. p. 600 – 650.

MOLIN, J.P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M.G.T.; CASTRO, C.N.; GIMENEZ, L.M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.759-767, set./dez. 2006.

PEREIRA, D.P.; FIEDLER, N.C.; LIMA, J.S.S.; GUIMARÃES, P.P.; MÔRA, R.; CARMO, F.C.A. Eficiência da subsolagem na profundidade de preparo do solo em função da declividade do terreno. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 607-612, 2012.

ROBERT, R.C.G.; SILVA, F.A.P.C.; ROCHA, M.P.; AMARAL, E.J.; GUEDES, I.L. Avaliação do desempenho operacional do harvester 911.3 X3M em áreas declivosas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 183-190, 2013.

SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; DUARTE, A.P.; SANTINATO, R. Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 402 - 411, 2015.

SANTINATO, F.; COSTA, T.M.; SILVA, R.P.; TAVARES, T.O.; ALCÂNTARA, A.S. Uso de extensores flexíveis na derriça em lavouras de café de primeira safra. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, 2016.

SILVA, F.M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R.F.; TOURINO, E.S. Avaliação da colheita do café totalmente mecanizada. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.2, p.309-315, 2003.

TAVARES, T.O.; SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A.; PAIXÃO, C.S.S.; SATINATO, R. Qualidade do recolhimento mecanizado do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 455-463, 2015.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, considerou-se que:

A qualidade do processo de recolhimento mecanizado do café é muito afetada pelo manejo do solo. O uso da subsolagem, independente do manejo realizado posteriormente, resulta em níveis elevados de perdas, tanto na varrição como no recolhimento. O manejo que mais se aproximou dos valores encontrados no terreno sem subsolagem foi o que utilizou grade e triturador, por outro lado a utilização apenas da grade pós-subsolagem resultou nos valores mais baixos de eficiência e menor qualidade.

Fatores estes também observados no sistema de limpeza da recolhedora, onde a utilização de grade ou triturador após a subsolagem faz com que entre na recolhedora, junto com o material vegetal e café, grande quantidade de torrões de tamanho similar aos frutos de café, desta forma a recolhedora não consegue separar com eficiência as impurezas minerais, resultando em elevado nível de impurezas ajunto ao café recolhido. Por outro lado, quando se utilizada conjuntamente grade e triturador, o solo superficial apresenta visualmente menor nível de torrões, fato este que facilita o processo de peneiramento e exaustão da recolhedora, obtendo menor nível de impurezas junto ao café recolhido.

A recolhedora trabalha com a mesma eficiência até 15% de declividade. Em áreas de 15,1 a 20% a capacidade operacional reduz 42% em comparação à área plana. Esta diferença deve ser considerada no planejamento da colheita, permitindo ajustar o número de conjuntos mecanizados à área para não extrapolar o tempo estimado e programado para colheita. Além da capacidade de campo, a eficiência de recolhimento também é prejudicada de forma significativa nas maiores declividades, aumentando as perdas em 26,9% em comparação ao local plano (0 a 5%), por outro lado, o desempenho do sistema de limpeza não foi prejudicado significativamente até 20% de declividade.