

**DETERMINAÇÃO DE PERDAS DE FRUTOS
NOS MECANISMOS RECOLHEDOR E
TRANSPORTADOR DE COLHEDORAS DE
CAFÉ**

JÚLIO CÉSAR SILVA DE SOUZA

2009

JÚLIO CÉSAR SILVA DE SOUZA

**DETERMINAÇÃO DE PERDAS DE FRUTOS NOS MECANISMOS
RECOLHEDOR E TRANSPORTADOR DE COLHEDORAS DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Souza, Júlio César Silva de.

Determinação de perdas de frutos nos mecanismos recolhedor e transportador de colhedoras de café / Júlio César Silva de Souza. – Lavras : UFLA, 2009.

62 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Fábio Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Café. 2. Colheita mecanizada. 3. Perdas de colheita. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.73

633.735

JÚLIO CÉSAR SILVA DE SOUZA

**DETERMINAÇÃO DE PERDAS DE FRUTOS NOS MECANISMOS
RECOLHEDOR E TRANSPORTADOR DE COLHEDORAS DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 30 de julho de 2009

Pesquisador Dr. Antônio Carlos da Silva

UFLA

Prof. Dr. Marcelo de Carvalho Alves

UFMT

Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados,
capacita os escolhidos.

Albert Einstein.

Aos meus pais, Benigno e Neuza, pelo amor, incentivo, compreensão e apoio
nos momentos mais difíceis da minha vida.

As minhas irmãs, Renata e Amanda, que acreditaram nesta realização.

À minha sobrinha Júlia, que veio ao mundo trazendo muito alegria.

Aos meus avôs que se foram, saudades.

A todos os meus tios e tias, pela colaboração, carinho e apoio.

OFEREÇO E DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por mais uma vitória conquistada.

À Universidade Federal de Lavras, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Fábio Moreira da Silva, por todos os ensinamentos, além de todo companheirismo e confiança no meu trabalho.

Ao coorientador professor Jackson Antônio Barbosa, juntamente com o professor Marcelo de Carvalho Alves e o pesquisador Antônio Carlos da Silva, pelo apoio e amizade.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia da UFLA, pelos ensinamentos e pela ajuda, em especial à secretária Daniela, pela amizade e serviços prestados.

À empresa de Máquina Jacto SA Agrícola, pela disponibilidade e parceria nesse projeto.

À Fazenda Ipanema Coffees, por disponibilizar a área experimental, seus maquinários e equipamentos.

Ao amigo Ronan, pela grande contribuição na condução deste trabalho.

A Denise, por todo amor e apoio nos momentos mais difíceis.

Aos amigos que sempre torceram por mim e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para essa grande vitória.

A todos, o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1 A cultura do café no Brasil.....	4
3.2 O agronegócio do café.....	6
3.3 Colheita do café.....	8
3.4 Evolução das colhedoras de café.....	10
3.5 Colheita mecanizada do café.....	13
3.6 Desempenho operacional das colhedoras de café	16
3.7 Perdas na colheita mecanizada.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 Localização e caracterização do experimento	21
4.2 Colhedora	23
4.3 Ensaios.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Resultados das perdas médias de colheita nos mecanismos recolhedor e transportador horizontal.....	30
5.2 Modelagem das perdas médias de colheita para as diferentes configurações de lâminas avaliadas	34
5.3 Modelagem das perdas de frutos nos recolhedores e transportadores horizontais em cada lado do terreno em relação à linha dos cafeeiros.....	42
5.4 Resultados das perdas médias de frutos nos transportadores horizontais	45
6 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS.....	58

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Medida graduada utilizada para a obtenção do volume colhido em cada tratamento.....	22
FIGURA 2 Colhedora automotriz modelo K3 Millennium, Jacto.....	23
FIGURA 3 Conjunto de lâminas do recolhedor e grades do transportador horizontal.....	25
FIGURA 4 Batedores de folhas do transportador horizontal.....	26
FIGURA 5 Parcela demarcada sobre panos.....	27
FIGURA 6 Lâmina recolhedora original (escura) e protótipo (clara).....	28
FIGURA 7 Monitor eletrônico JSM K-3	29
FIGURA 8 Representação gráfica e equação de regressão para a perda de colheita com o recolhedor original 4LAM, em função da velocidade operacional.....	35
FIGURA 9 Representação gráfica e equação de regressão para a perda de colheita com o recolhedor original 5LAM, em função da velocidade operacional.....	36
FIGURA 10 Representação gráfica e equação de regressão para a perda de colheita com o recolhedor protótipo, em função da velocidade operacional.....	37
FIGURA 11 Representação gráfica e equação de regressão para a perda de colheita nas cultivares Acaiá e Icatu, em função da velocidade operacional.....	39
FIGURA 12 Representação gráfica e equação de regressão para perda de colheita, em função da velocidade operacional.....	40
FIGURA 13 Representação gráfica e equação de regressão para eficiência de colheita, em função da velocidade operacional.....	41
FIGURA 14 Representação gráfica e equação de regressão para o volume de frutos no chão, em cada lado do terreno, nos recolhedores, em função da velocidade operacional.....	43

FIGURA 15 Representação gráfica e equação de regressão para o volume de frutos no chão, em cada lado do terreno, nos transportadores horizontais, em função da velocidade operacional.....	44
FIGURA 16 Representação gráfica e equação de regressão para perda de frutos nos transportadores horizontais, em função da velocidade operacional.	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Especificações técnicas da colhedora K-3 Millennium.....	24
TABELA 2 Valores médios das perdas de colheita para velocidade operacional de 1.000 m/h.	30
TABELA 3 Valores médios das perdas de colheita para velocidade operacional de 1.600 m/h.	31
TABELA 4 Valores médios das perdas de colheita para velocidade operacional de 2.000 m/h.	32
TABELA 5 Valores médios das perdas de colheita para velocidade operacional de 2.500 m/h.	33
TABELA 6 Valores médios das perdas de colheita nas cultivares Acaiá e Icatu em cada recolhedor analisado.....	34
TABELA 7 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais para a velocidade operacional de 1.000 m/h.....	46
TABELA 8 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais para a velocidade operacional de 1.600 m/h.....	47
TABELA 9 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais para a velocidade operacional de 2.000 m/h.....	47
TABELA 10 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais para a velocidade operacional de 2.500 m/h.....	48
TABELA 11 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais em cada velocidade do transportador horizontal para as velocidades operacionais ensaiadas.....	49

RESUMO

SOUZA, Júlio César Silva de. **Determinação de perdas de frutos nos mecanismos recolhedor e transportador de colhedoras de café.** 2009. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

O emprego da mecanização agrícola no setor agropecuário é uma das grandes ferramentas do produtor rural na execução das operações de manejo das culturas, com eficiência e redução de custo. A colheita mecanizada é extremamente dinâmica, pois, a todo o momento, novas decisões devem ser tomadas e alterações de procedimento devem ser realizadas. Neste sentido, uma questão a ser avaliada e analisada, refere-se às perdas de frutos pelas colhedoras automotrizes. Esse trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar e quantificar o índice de perdas das colhedoras em condições de campo, em diferentes velocidades operacionais, buscando identificar as causas dessas perdas, avaliando diferentes configurações de recolhedores e diferentes velocidades do transportador horizontal da colhedora. Para isso, utilizou-se o recolhedor com lâminas originais da colhedora K3 Jacto e um modelo protótipo, desenvolvido pelo próprio fabricante. O experimento foi conduzido na Fazenda Ipanema Coffees, localizada no município de Alfenas, sul de Minas Gerais. Os ensaios foram feitos nas safras 2008 e 2009, em lavouras de cultivares Acaiaí e Icatu. Nos ensaios, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, dentro de uma mesma gleba, em parcelas aleatórias contendo, aproximadamente, 16 plantas. As determinações de perdas consistiram de um fatorial (4 x 3 x 2), sendo de 4 velocidades operacionais, 3 configurações de lâminas recolhedoras e 2 cultivares e de um fatorial (4 x 4), sendo de 4 velocidades operacionais e 4 velocidades do transportador horizontal. Por meio dos resultados obtidos, observou-se que a velocidade operacional de colheita influenciou significativamente a perda de frutos pela colhedora, tendo as maiores perdas ocorrido nas maiores velocidades. A perda média geral de colheita foi 13,47%, com 5,26% no transportador horizontal e 8,21% no mecanismo recolhedor. A perda no recolhedor com 25 pares de lâminas originais, utilizando molas mais fortes, foi significativamente menor. A velocidade de 3.420 m/h no transportador horizontal apresentou as menores perdas dentre as demais velocidades avaliadas.

* Comitê Orientador: Fábio Moreira da Silva – UFLA (Orientador);
Jackson Antônio Barbosa – UFLA.

ABSTRACT

SOUZA, Júlio César Silva de. **Determination of fruit losses at the collector and at the conveyor of the coffee harvesters**. 2009. 62 p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras*.

The use of the agricultural mechanization is one of the greatest farmers' tools to manage cultures efficiently and to reduce costs. The mechanized harvest is extremely dynamic because every moment new decisions need to be done and modifications in the process need to be accomplished. Therefore, one question to be evaluated is the self-propelling harvester fruit loss. This work aimed to evaluate and quantify harvester fruit loss index in field conditions, in different operational velocities, trying to identify the causes of these losses, evaluating different configuration of the collector and different velocities of the conveyor. In order to do this, it was used a collector with Jacto K3 original lamina and a prototype lamina developed by Jacto. The experiment was developed in Ipanema Coffees Farm located at Alfenas, south of Minas Gerais state. The analyses were made at the harvest time at 2008 and at 2009 in coffee field planted with Acaiá and Icatú cultivar. It was used the completely randomized design with 3 replications, at the same site, in random parcels with approximately 16 plants. The determination of the losses consists on a factorial (4 x 3 x 2) where 4 is the number of operational speed, 3 is the number of collector lamina configuration, and 2 is the number of cultivars, and one factorial (4 x 4) where 4 is the operational velocities and 4 is the conveyor velocities. Though the obtained results, it was observed that the harvest operational velocity influenced significantly in the fruit loss by the harvester where the greatest losses occurred in the highest velocities. The average general harvest loss was 13,47%, with 5,26% at the conveyor and 8,21% at the collector mechanism. The loss of the collector with 25 pars of original lamina, using a strong spring, was significantly minor. The 3.420 m/h conveyor velocity presented the minor loss among the other evaluated velocities.

* Guidance Committee: Fábio Moreira da Silva – UFLA (Major Professor),
Jackson Antônio Barbosa –UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A colheita mecanizada do café é uma realidade inquestionável na maioria das áreas de cultura e está em franca expansão. A introdução dessa forma de colheita nestas áreas ocorreu mediante as vantagens em relação ao sistema de colheita manual, sobretudo pela redução de custos. Com a mecanização, aumentou-se a capacidade produtiva da mão-de-obra à medida que o trabalho manual foi sendo substituído por mecanismos que dispunham de fontes de potência superiores à humana, inicialmente por meio da tração animal e, atualmente, com o uso de máquinas e equipamentos motomecanizados.

A colheita do café pode ser realizada tanto de forma manual quanto mecanizada e o processo intermediário, semimecanizado, é uma tendência que se tem verificado. Isso porque nele trabalha-se com o emprego equilibrado de mão-de-obra e máquinas, principalmente em regiões onde a topografia, o tamanho ou o espaçamento das lavouras são limitantes para a mecanização total da colheita. Ressalta-se, no entanto, que a colheita realizada pelo processo manual não dispensa totalmente a mecanização, pois, geralmente, o transporte é feito de maneira que a não utilizar o homem e nem a colheita mecânica dispensa totalmente o serviço de mão-de-obra, já que as colhedoras não colhem todo o café da planta, ficando o restante para ser colhido numa operação denominada repasse, no caso, manual.

A colheita mecanizada é extremamente dinâmica, pois, a todo o momento, novas decisões devem ser tomadas e alterações de procedimento devem ser realizadas. Nesse sentido, uma questão a ser avaliada e analisada refere-se às perdas de frutos pelas colhedoras automotrizes. Essas perdas são caracterizadas pelos frutos de café que foram derriçados mecanicamente da planta e que não foram recolhidos, ficando, assim, caídos no chão. O fato de considerar o volume de frutos caídos no chão, no cálculo da eficiência de

colheita, se faz necessário, uma vez que os frutos foram retirados das plantas pela colhedora e serão recolhidos posteriormente na varrição e recolhimento.

Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o índice de perdas das colhedoras em condições de campo, em diferentes velocidades operacionais, buscando quantificar as causas dessas perdas em diferentes configurações de recolhedores e velocidades do transportador horizontal e assim detectar os fatores que as intensificam, no intuito de se indicar as possíveis soluções.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a perda média de colheita das colhedoras de café, em diferentes velocidades operacionais.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a perda média de colheita no mecanismo recolhedor com diferentes configurações de lâminas recolhedoras e em diferentes velocidades operacionais de colheita.
- Determinar as perdas de frutos ocorridas nos transportadores horizontais sob diferentes velocidades e em diferentes velocidades de colheita.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura do café no Brasil

O cafeeiro é originário da Etiópia, centro da África, e foi disseminado pelo mundo a partir da época das grandes descobertas. O cultivo de café iniciou-se ao norte do Brasil, mais precisamente em Belém, em 1727, trazido da Guiana Francesa para o Brasil pelo sargento-mor Francisco de Mello Palheta. Foi estabelecido no Maranhão e na Bahia e, posteriormente, em 1770, no Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Espírito Santo. No Brasil, devido à grande diversidade climática e de solos, há condições favoráveis ao desenvolvimento do café em várias regiões. Essa diversidade tornou possível a expansão da cafeicultura por vastas áreas.

O Brasil sempre é associado à cultura do café, cuja atividade constitui uma expressiva força econômica ao longo de toda a história da nação. Segundo Anuário de Agricultura Brasileira - AGRIANUAL (2008), o Brasil é o maior produtor mundial, seguido do Vietnã e da Colômbia e o segundo maior consumidor, representando 56% da produção mundial.

Segundo dados da Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais - FAEMG (2007), Minas Gerais é líder na produção cafeeira do Brasil, com cerca de 50% da safra. Os maiores pólos de produção estão localizados no sul do estado e no cerrado, fronteira aberta graças à tecnologia, que tornou o solo pobre da região apto à cultura do café.

Pedroso (2008) cita que, recentemente, o café vem invertendo sua rota de expansão. Antes, seguiu a rota sul; atualmente, segue rumo à região centro-norte, ocupando o cerrado mineiro, o sertão baiano e regiões de Rondônia e de Mato Grosso. Nestas novas fronteiras agrícolas, o uso da mecanização vem se tornando cada vez mais importante e com mais intensidade, principalmente em áreas de topografia favorável, onde até mesmo a colheita já vem sendo realizada

de forma mecanizada, utilizando-se colhedoras automotrizes e tracionadas (Silva, 2004).

O Brasil, por possuir vastas áreas com café, variações na forma de manejo das lavouras e no ambiente, pode classificar a cafeicultura em seis padrões mais típicos, segundo Matiello (2001). Cada uma delas apresenta características próprias e problemas específicos com bases tecnológicas diferenciadas para a sua solução.

A cafeicultura do cerrado é encontra-se em crescimento, junto com a cultura da soja, possibilitado pelas modernas técnicas de manejo e irrigação, com lavouras empresariais e prioridade para a mecanização. Atualmente, no estado de Minas Gerais, existem cerca de 2,4 bilhões de pés de café, concentrando-se, nas regiões de Alto Paranaíba, Triângulo, Sul e oeste de Minas.

A cafeicultura das montanhas, nas regiões serranas da Zona da Mata de Minas, Espírito Santo, parte do Sul de Minas e áreas vizinhas de São Paulo e estado do Rio de Janeiro, na maioria dos casos, está estabelecida em pequenas propriedades, exigindo maior necessidade de mão-de-obra. A cultura de café robusta ou do conillon concentra-se, na maior parte, nas zonas baixas e quentes dos estados do Espírito Santo e de Rondônia; em menor escala, é encontrada no sul da Bahia, no Vale do Rio Doce, em Minas e no Mato Grosso, no Acre e no Pará. Na maioria dos casos, é cultivado por pequenos produtores e, em muitas áreas, por meeiros ou parceiros (Matiello, 2001). Citam-se ainda, a cafeicultura do Amazonas, de Rondônia, das zonas de arenito em São Paulo, do Paraná e a do nordeste, que abrange áreas de planalto nos estados da Bahia, Pernambuco e Ceará, com predomínio de médios produtores e algumas empresas cafeeiras, com área de boa topografia e facilidade para a mecanização (Matiello, 2001).

Há pouco tempo surgiu uma nova área cafeeira no estado de Minas Gerais, localizada no Alto Médio São Francisco, descrita por Matiello (2004) como uma área de características climáticas para a implantação de cafés da

espécie canéfora. Nela vem sendo cultivada, porém, a espécie arábica, que necessita de cuidados especiais de manejo para a adaptação. Esta área apresenta topografia favorável, com facilidade para a mecanização. Das áreas cafeeiras em Minas Gerais, muitas já são mecanizadas, inclusive a colheita, podendo-se citar como exemplo as regiões do Cerrado Mineiro, onde as lavouras são novas e planejadas, atendendo à prática da colheita mecanizada (Santinato et al., 1998a).

No Sul de Minas Gerais, onde as lavouras cafeeiras assemelham-se à cafeicultura de cerrado e, em parte, à cafeicultura das montanhas, a colheita mecanizada teve importante crescimento a partir de 1996 e o uso de colhedoras automotrizes apresenta boas condições de expansão em regiões onde a topografia permite (Silva et al., 1998). Considerando as diferentes regiões cafeeiras do Brasil, pode-se perceber que há grande possibilidade de expansão da colheita mecanizada, sobretudo nas regiões classificadas por Matiello (2001) como de cafeicultura de cerrado e do nordeste, pois apresentam topografia favorável e grandes áreas empresariais onde a mecanização se justifica.

3.2 O agronegócio do café

A cadeia agroindustrial brasileira de café é um dos setores mais importantes da economia brasileira, pela sua expressiva participação na pauta de exportações e na geração de emprego e renda, representando, em médio e em longo prazo, um dos principais produtos estratégicos para o país (Teixeira, 2002). O setor produtivo tem tomado consciência de que é parte de todo o processo que envolve a cafeicultura, integrando uma área que inclui os setores industriais, comerciais, de transportes, de maquinário, de mão-de-obra e de produtos agroquímicos. Todos estes setores somados fazem parte do agronegócio do café (Souza, 2003).

Pedroso (2008) afirma que existem, no Brasil, mais de trezentos mil cafeicultores em atividade. Além do setor produtivo, as comercializações

movimentam um considerável número de pessoas e de dinheiro, sendo inúmeros os profissionais que atuam nesta área. Existem, aproximadamente, 150 empresas com registro de exportação e 1.700 indústrias de torrefação e moagem, 11 indústrias de café solúvel, além de cooperativas e corretores que atuam no mercado diariamente, efetuando negócios com café.

Dados da Organização Internacional do Café - OIC (2008) demonstraram que, em 2004, o consumo mundial de café aumentou 4% em relação ao ano de 2003, sendo a produção total de 118,3 milhões de sacas. O principal consumidor mundial, em 2004, foram os Estados Unidos, com 20,78 milhões de sacas; o Brasil vem em segundo lugar e a Alemanha em terceiro. O consumo brasileiro, no ano de 2004, foi próximo de 15 milhões de sacas, 8,7% a mais que em 2003 (Coffee Business, 2007).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2009), a primeira estimativa de produção de 2009 indica que, no país, deverão ser colhidas entre 36,9 e 38,8 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado. O resultado dessa primeira pesquisa representa uma redução entre 19,8% e 15,6%, comparada à produção de 46,0 milhões de sacas obtidas na safra anterior. A produção do café arábica representa 74,6%, sendo estimada entre 26,8 a 28,3 milhões de sacas. O estado de Minas Gerais é o maior produtor (66%), com produção estimada entre 17,7 a 18,6 milhões de sacas. O café robusta (conilon), com participação de 25,4% da produção total de café no país, tem, como primeira estimativa, produção entre 10,0 e 10,5 milhões de sacas. O estado do Espírito Santo, com produção estimada entre 6,9 e 7,3 milhões de sacas, é o maior estado produtor de robusta, com participação de 69,1% da produção nacional.

A área cultivada com café, estimada em 2.350,8 mil hectares, é 0,5% inferior aos 2.362,5 mil hectares cultivados na safra anterior. Desse total, 90,3%

(2.122,6 mil hectares) estão em produção e os 9,7% (228,2 mil hectares) restantes estão em formação.

Sendo o café uma commodity e tendo seu preço atrelado ao dólar, sofre com as variações de cotações do mercado, ficando o produtor muito susceptível às flutuações de preço do produto, que são afetadas constantemente pela produção, consumo e estoques mundiais (Castro Júnior, 2002). Apesar da importância do café no cenário produtivo nacional, as constantes variações de preço afetam, principalmente, os produtores, que são a base da cadeia produtiva.

Estes, porém, podem beneficiar-se da tecnologia disponível, tendo como exemplo a mecanização da colheita e do processo produtivo, a fim de obterem menores custos de produção e, conseqüentemente, maior lucro para a atividade, mesmo em períodos de baixos preços do produto. Dessa forma, a mecanização pode garantir retorno ao cafeicultor e a participação do Brasil no cenário internacional como maior país produtor e exportador de café (Silva, 2004).

3.3 Colheita do café

Dentro do processo produtivo do café, a colheita se destaca como a atividade mais onerosa e que envolve uma série de operações, tais como arruação, derriça, varrição, recolhimento, abanação e transporte. A arruação é a operação que consiste na limpeza do chão abaixo da saia do café, preparando-o para a colheita, que é feita para que o café, quando cair, não se misture com terra solta e restos vegetais. Esse processo de limpeza também facilita a varrição e o recolhimento do café de chão. A arruação pode ser feita manualmente, por meio da utilização de rastelos ou enxadas, ou dos arruadores mecânicos. Segundo Silva et al. (2006), com o surgimento das máquinas enleiradoras e recolhedoras do café, intensificou-se a utilização dos trituradores, que são máquinas que trituram todo o cisco, inclusive ramos e galhos caídos nas entre ruas dos cafeeiros, prática que controla a invasão de plantas daninhas e mantém camada

triturada de detritos protegendo o solo, tornando as operações de enleiramento e recolhimento mecanizadas mais eficientes.

A colheita do café é variável de região para região, em função da altitude, da latitude e das condições climáticas locais. Quando maior a altitude, mais tardia será a maturação e maior o tempo disponível para a colheita Instituto Brasileiro do Café - IBC (1974).

A quantidade de café existente na planta, a quantidade de café caído no chão e o tempo de duração da safra são os fatores a serem considerados para o início da colheita. É importante que todos os fatores de produção estejam adequados conforme a exigência da cultura, pois se trata de um produto em que o preço é pago baseado em parâmetros qualitativos e, por isso, de nada adiantará proceder uma colheita eficiente e com qualidade, se os demais fatores não estiverem adequados.

Segundo Pereira (1999), a colheita deve ser programada conforme o período de maturação da lavoura. A arruação e a colheita devem iniciar quando as plantas apresentarem a maioria dos frutos no estágio cereja (80% a 90%) e sempre pelo talhão com o maior percentual de frutos maduros, em função da perda de peso e qualidade dos frutos.

Por se processar em um curto período de tempo, Silva & Salvador (1998) citam que a colheita inicia-se, de modo geral, em abril e em maio, em regiões de baixa altitude, como Alto Paranaíba, Triângulo, sul e oeste de Minas; na Mogiana, em São Paulo, no oeste da Bahia, áreas menores de Goiás e Mato Grosso, estendendo-se até agosto e setembro em regiões de maior altitude, como a Zona da Mata de Minas, o estado do Espírito Santo, parte do sul de Minas Gerais e áreas vizinhas de São Paulo e Rio de Janeiro. Na maioria das regiões, a colheita compreende um período médio de 100 dias e diversos fatores devem ser analisados para o início da safra.

A colheita de café, comparativamente à de outras culturas, é mais difícil de ser executada, em razão do formato da planta, da desuniformidade de maturação e do elevado teor de umidade dos frutos, o que prejudica a mecanização das operações (Filgueiras, 2001). Nas pequenas propriedades, nos plantios adensados e, principalmente, nas áreas montanhosas, Matiello & Pinto (1998) afirmam que a possibilidade da mecanização da colheita é bastante reduzida, restando ao cafeicultor somente a colheita de forma manual. Porém, nos últimos anos, vêm sendo introduzidos equipamentos derriçadores e, nas regiões onde se tem observado falta de mão-de-obra para a colheita do café, está ocorrendo a substituição do trabalho manual por mecanismos com potência superior à humana, sendo uma alternativa os sistemas semimecanizados com derriçadora portátil (Silva et al., 1997).

A colheita do café é uma operação complexa, apresentando várias etapas, e que demanda 30% do custo de produção e 40% da mão-de-obra empregada, segundo afirmam Cruz Neto & Matiello (1981). Essa elevada demanda de mão-de-obra, que se concentra em um período de 100 dias, tem sido limitante para a exploração da cultura. Acredita-se, assim, que, para um futuro próximo, haverá uma grande expansão da mecanização das operações de colheita, tratando-se de um processo fundamental e irreversível, que visa, sobretudo, à valorização do homem e à maximização dos resultados das safras. Sendo assim, o uso de colhedoras torna-se uma opção interessante, pois, em determinadas condições, essas máquinas podem realizar o trabalho de até 250 homens (Silva, 2004).

3.4 Evolução das colhedoras de café

O ponto de partida do projeto para a construção das colhedoras de café, que culminou com os modelos atuais, aconteceu na Divisão de Solos, Mecânica Agrícola e Tecnologia, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Seção de

Colheita e Processamento de Produtos Agrícolas, nos anos de 1963 e 1964 (Fava, 1990). Segundo este autor, antes de 1963, a bibliografia não tinha acrescentado nada significativo ao início dos estudos sobre a colheita mecanizada do café, pois os relatos encontrados, em sua maioria, eram sobre as características físicas e mecânicas da derriça dos frutos, sobre vibração e transmissão da vibração nas plantas de café.

Em 1972, ocorreu um fato que desencadearia uma série de efeitos sobre o projeto de colhedoras de café e Fava (1990) o descreveu como sendo o interesse de uma empresa americana, a Havery Harverdters Co., fabricante de uma colhedora de cerejas (cerejas arbustivas do tipo blueberry, blackberry, etc.) em testar sua máquina em café. Então, os representantes desta empresa estabeleceram contato com o IAC para a troca de informações a respeito da colheita mecânica e para testar sua viabilidade nos cafezais brasileiros.

Em 1974, surgiu o projeto “Jacto”, com o objetivo de conhecer melhor a derriça do café, dedicando-se estudos ao órgão ativo da colhedora, o conjunto derriçador ou rotor. Desse estudo, acertou-se a construção de um derriçador montado no sistema de levante hidráulico de um trator cafeeiro. Com os dados obtidos, foi projetado um conjunto autopropelido em forma de pórtico, tendo como fonte motriz um trator agrícola. O objetivo principal deste conjunto foi o de levantar parâmetros de derriça, frequência e amplitude de vibração, características da haste vibratória e transmissão de energia à planta. Este pórtico foi testado nas safras de 1975 e 1976 (Fava, 1990).

Em 1977, foi construída a primeira colhedora automotriz, denominada de K-2, com acionamentos totalmente hidráulicos. Foi testada em estradas e lavouras de café, simulando seu deslocamento para o trabalho, onde muitos problemas foram relatados.

Em 1978, esses problemas foram corrigidos e, então, novas avaliações pós-safra permitiram concluir que já se tinha em mãos uma colhedora de café.

Em 1979, foram construídas cinco réplicas, que receberam a denominação de K-3, com as quais foram ampliadas as condições de testes. Neste ano também foi feito o lançamento oficial da colhedora ao público. Na safra de 1980, o projeto foi aprovado para a comercialização, tornando-se uma opção real para o produtor de café (Fava, 1990).

Silva (2004) descreveu a colhedora K-3, da Jacto, como sendo uma máquina que opera a cavaleiro nas linhas das plantas, apoiada sobre quatro rodas, possuindo varetas, ou hastes, vibratórias, sustentadas por dois cilindros laterais que envolvem as plantas. Devido à vibração das varetas, os frutos se soltam e são coletados por um conjunto de lâminas retráteis, os recolhedores, que fecham o espaço sob a saia do cafeeiro. Os frutos colhidos são levados pelos transportadores, horizontais e verticais, até o sistema de limpeza, onde as impurezas são separadas por processo de ventilação. Limpos, os frutos são ensacados e retirados por operadores auxiliares ou descarregados a granel em carretas que acompanham a colhedora durante a colheita. Esta colhedora pode trabalhar em terrenos com declividade de até 15%.

No mercado, ainda existem outros modelos de colhedoras com princípio de funcionamento muito semelhante ao da K-3, diferindo em alguns detalhes, como o depósito de descarga lateral presente na colhedora Korvan e o número de rodas que, tanto na Korvan quanto nas colhedoras Case e Eletron TDI, são em número de três (Silva, 2004).

Também existem as colhedoras tracionadas que, segundo Silva (2004), apresentam sistema de colheita igual ao das colhedoras automotrizes, diferindo dessas por necessitarem de um trator para tracioná-las. Estas são acopladas ao sistema de três pontos do trator, sendo acionadas pela tomada de potência, (TDP), podendo trabalhar em terrenos com até 10% de declividade. Um exemplo é o modelo KTR, da empresa Jacto, existindo no mercado outros fabricantes. O processo de colheita mecanizada tem passado por grandes

avanços nessas últimas duas décadas, graças ao desenvolvimento tecnológico e a melhorias no processo de colheita (Silva & Salvador, 1998).

3.5 Colheita mecanizada do café

A colheita mecanizada do café está se difundindo rapidamente nas várias regiões produtoras, principalmente naquelas em que as lavouras são novas, planejadas e plantadas em espaçamento que permita o tráfego de máquinas e em topografia favorável para se realizar a colheita mecanizada. Segundo Fava (1990), é um resultado de um longo período de trabalho que se iniciou com idéias e planos e se concretizou com trabalho intenso de experimentação e pesquisas de campo. Com a introdução da mecanização na colheita do café, aumentou a capacidade produtiva da mão-de-obra, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da produção, a obtenção de um produto de melhor qualidade e para minimizar os problemas de escassez de mão-de-obra no período da colheita.

Segundo Silva et al. (1998), a colheita do café com colhedoras automotrizes na região do sul de Minas Gerais apresenta boas condições de expansão, superando as primeiras expectativas, devido à necessidade de os produtores fazerem uma colheita rápida, com menor custo operacional e com café de melhor qualidade final. Para Kashima (1990), a possibilidade de mecanização da colheita é a grande saída para o país continuar com a liderança mundial de café, por meio da competitividade nos custos e na qualidade do produto. Em um estudo comparativo sobre o custo da colheita no sistema manual e no mecanizado, Silva et al. (2000a) e Silva (2004) observaram redução de custos no sistema mecanizado, em relação ao manual, da ordem de 41% a 50%, para lavouras com produção de 1.800 a 2.100 L.ha⁻¹ de café beneficiado. Nesses estudos, a velocidade de colheita foi de 0,28 m.s⁻¹ no primeiro estágio, chamado de primeira passada e de 0,22 m s⁻¹ no segundo estágio ou na segunda

passada. Com base em pesquisas sobre o desempenho de colheita mecanizada do cafeeiro, pode-se afirmar que o aumento da velocidade de colheita implicará diretamente na redução de custos, sem prejuízos ou perdas ao sistema produtivo ou danos às plantas (Silva et al., 2003).

As técnicas para a condução de um cafezal têm sofrido constante evolução em função de novas recomendações de plantio, tratos culturais, desenvolvimento tecnológico de novos produtos, máquinas e equipamentos, entre outras bases de sustentação que, aliadas à racionalização do trabalho, visam o aumento da produtividade da mão-de-obra. Esse desenvolvimento tecnológico foi favorável, sobretudo, para o processo de colheita mecanizada.

Este processo de modernização teve início, segundo relatos de Fava et al. (1979) e Cruz Neto & Matiello (1981), na década de 1970. Hoje, essa prática está se tornando possível em grande número de lavouras no Brasil.

Kashima (1990) afirma que a colheita mecânica do café seria uma grande realidade e que poderia contribuir de forma decisiva, preenchendo o “vazio” deixado pela dificuldade de mão-de-obra, além de ser uma ferramenta para o produtor programar a colheita no tempo certo.

Silva & Salvador (1998) relatam que a introdução da derrça mecânica do café, pelo princípio de vibração, em substituição a manual, poderá ser feita gradualmente e com sucesso, desde que se observem as recomendações técnicas operacionais, em função dos tipos e das condições das lavouras. Porém, observaram que muitas lavouras não foram implantadas e manejadas para o emprego da mecanização da colheita, principalmente na região Sul de Minas Gerais. Um dos pontos limitantes do uso das colhedoras reside no fato de não colherem 100% dos frutos dos cafeeiros, necessitando, assim, da operação de repasse que, normalmente, é feita manualmente no final da colheita, juntamente com a operação de varrição. O repasse é uma operação cara e, em alguns casos, economicamente inviável, visto que, normalmente, o café recolhido é de peso,

tipo e qualidade inferior (Viana & Souza, 2002). Contudo, é necessário ser feito, por questões fitossanitárias, evitando, assim, o surgimento da brocas (Stevanato et al., 2002).

Em substituição à operação manual de repasse, muitos produtores passaram a fazer a colheita em duas etapas; a primeira, colhendo o máximo possível de café maduro e a segunda, 20 a 30 dias depois, colhendo o restante dos frutos, em substituição à operação manual de repasse (Silva et al., 2002). A colheita mecanizada é extremamente dinâmica, pois, a todo o momento, novas decisões devem ser tomadas e alterações de procedimento devem ser realizadas, ações essas que devem basear-se no conhecimento técnico e também econômico do empreendimento (Souza Filho, 2002). Sendo assim, a colheita de café com o uso de colhedoras deve ser baseada em critérios técnicos e científicos, em que a intensidade de vibração e a velocidade da colheita devem ser os principais fatores analisados, pois estes interferem diretamente nos resultados de desempenho de colheita, além de determinar os danos causados à planta.

A colheita mecânica do café é realizada por meio de varetas colocadas em cilindros oscilantes na colhedora, os quais trabalham na vertical, envolvendo os cafeeiros lateralmente, derriçando os frutos pelo efeito da vibração. Parchomchuk & Cooke (1971) afirmam que o desprendimento dos frutos de café ocorre quando as forças inerciais, devido ao movimento no fruto, tornam-se maiores do que a força de tração necessária para causar o desprendimento.

Souza et al. (2005) descrevem que o número de ciclos necessários ao desprendimento dos frutos é proporcional ao tempo de desprendimento e o estágio de maturação que influencia este parâmetro indica o tempo de aplicação da vibração que deve ser considerado no processo de colheita de frutos do cafeeiro, visando à colheita seletiva. Ainda, segundo os autores, as maiores amplitudes de vibração tendem a apresentar valores de números de ciclos semelhantes, independentemente do estágio de maturação dos frutos, o que

indica que se poderia dar preferência às baixas amplitudes, quando o objetivo é a melhoria na seleção dos frutos.

A redução do custo de produção no processo de colheita do café é diretamente proporcional ao grau de mecanização das operações, que atinge seu ápice com o emprego de colhedoras automotrizes. Em pequenas propriedades, em plantios adensados e em áreas montanhosas, a colheita só pode ser realizada manualmente ou com auxílio de derriçadoras portáteis de operação manual. A colheita mecânica é muito dinâmica, pois, a todo o momento, novas decisões devem ser tomadas e alterações de procedimento devem ser realizadas, medidas que devem ser baseadas no conhecimento técnico-científico e também com viabilidade econômica do empreendimento.

3.6 Desempenho operacional das colhedoras de café

A colheita mecânica do café se pauta no princípio da vibração, em que varetas vibratórias entremeiam a copa dos cafeeiros e fazem a derriça dos frutos. Frutos verdes se desprendem com níveis mais elevados de vibração ou mediante o impacto direto da vareta, enquanto os frutos cereja, passa e seco se desprendem com vibrações mais baixas (Silva et al., 2007). Mediante este comportamento, três regulagens podem ser feitas nas colhedoras, com a finalidade de se obter maior eficiência na colheita seletiva, que são: a vibração, a velocidade operacional e a distribuição de varetas vibratórias. No entanto, é necessário estudar a interação entre esses fatores, de modo a possibilitar uma regulagem da colhedora e aumentar a eficiência da colheita de acordo com a maturação dos frutos na lavoura.

Silva et al. (2002) relataram ser possível realizar a colheita seletiva do café por meio do ajuste da vibração das varetas da colhedora entre 10,83 a 14,16 Hz, para que ocorra maior desprendimento dos frutos cereja, deixando os verdes na planta. Segundo Oliveira (2006), a eficiência de colheita sofreu influência

direta da vibração das varetas da colhedora KTR® e inversa da variação da velocidade. Segundo o autor, houve um aumento na eficiência de colheita de 29,25%, assim como de 31,12% de desfolha, comparando-se a menor com a maior vibração. No entanto, nesse caso, não foi considerada a interação entre as variáveis relacionadas com a eficiência de colheita nem com o índice de maturação dos frutos.

Avaliando o desempenho operacional da colheita mecanizada com várias passadas da colhedora de café, Silva et al. (2000b) concluíram que foi possível evitar a operação de repasse com duas ou três passadas da colhedora, com eficiência operacional de 90% a 97%. Considerando apenas duas passadas, colhendo a planta toda, a maior eficiência de colheita deu-se iniciando a colheita com 40% a 30% de verde, com vibração de 12,50 Hz e velocidade de 1,0 km.h⁻¹ e segunda passada com 30% a 20% de verde, com vibração de 14,17 Hz e velocidade de 0,8 km.h⁻¹.

Silva et al. (1999) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora em lavouras típicas da região Sul de Minas Gerais, buscando levantar dados que justificassem essa prática operacional e subsidiassem o desenvolvimento de novas pesquisas, em virtude da expansão da colheita mecanizada na região. Os autores concluíram que, com duas passadas da colhedora, colheram-se 72% da produção, não tendo repasse manual e restando 28% de café caído no chão.

A possibilidade de fazer a colheita com mais de uma passada da colhedora é uma opção interessante que pode dispensar a operação de repasse. Silva et al. (2000b) apresentam resultados de desempenho operacional com eficiência média de colheita com uma passada da colhedora de 55 medidas de 60 L h⁻¹, colhendo 85% da carga pendente, restando 15% entre os frutos que não foram derriçados e os que caem no chão. O repasse é uma operação importante

sob o ponto de vista fitossanitário, impedindo que frutos fiquem na planta, intensificando o ataque de pragas. Contudo, o repasse é uma operação de elevado custo.

3.7 Perdas na colheita mecanizada

O emprego da mecanização agrícola no setor agropecuário, sem dúvida, é uma das grandes ferramentas do produtor rural na execução das operações de manejo das culturas, com eficiência e redução de custo. Na cultura do café e, principalmente na operação de colheita, a velocidade com que a mesma deve ser efetuada implicará na qualidade do produto e na redução de perdas, aumentando os lucros do cafeicultor.

No Sul de Minas, maior região produtora de café do país, devido à limitada disponibilidade de mão-de-obra na época da safra, a mecanização das operações da colheita vem crescendo rapidamente. Este crescimento teve início em 1996, com a operação de derriça. Com a evolução e o domínio do processo de colheita, a partir do ano 2000, o grande desafio da colheita mecanizada passou a ser a operação de recolhimento do café derriçado ou caído no chão, visto que, mesmo fazendo a colheita com duas passadas da colhedora, cerca de 10% a 20% do volume colhido cai no chão, necessitando da posterior operação de varrição, levantamento e abanação do denominado café de chão (Silva et al., 2007).

Atualmente, o diferencial na cultura do café e, principalmente, na operação de colheita passou a ser a eficiência de colheita. A velocidade operacional com que a mesma deve ser efetuada implicará na qualidade do produto e na redução de perdas, aumentando os lucros do cafeicultor. Nesse sentido, uma das questões a serem avaliadas e analisadas, são as perdas de frutos pelas colhedoras automotrizes ou tracionadas no ato da colheita. Essas perdas são caracterizadas pelos frutos de café que foram derriçados mecanicamente da

planta e que não foram recolhidos, ficando, assim, caídos no chão. O fato de considerar o volume de frutos caídos no chão, no cálculo da eficiência de colheita, se faz necessário, uma vez que os mesmos foram retirados das plantas pela colhedora e serão recolhidos posteriormente na varrição e no recolhimento.

Silva et al. (2003) verificaram que o volume de frutos caídos da colhedora no chão totalizou até 23,1% da produção. Esse resultado está coerente com o encontrado por Santinato et al. (1998a) que observaram, em média, após duas passadas da colhedora, 25,3% e 28,0% de frutos caídos no chão, com 1,7% e 0,0% de frutos restantes nas plantas. Com três passadas da colhedora, chegou-se a colher 86,1% da carga pendente que, acrescido dos frutos que caíram da colhedora no chão (12,5%), chegou a 98,6%, restando apenas 1,4% de frutos nas plantas.

Estudando a colheita mecânica de café com várias passadas da colhedora, Santinato et al. (1998b) observaram que, com duas passadas, trabalhando com velocidade de 1,2 km.h⁻¹ e vibração de 10,00, 13,33 e 16,67 Hz, colheram-se, respectivamente, para cada vibração, 57,3%, 78,6% e 76,9% da carga pendente na primeira passada e 19,3%, 11,8% e 7,6% na segunda passada, com 14,9%, 6,4% e 13,4% de café caído no chão e repasse de 8,5%, 3,2% e 2,1%.

Oliveira (2006) observou que, para a primeira passada da colhedora, não houve influência direta da vibração no volume de café caído no chão. Já para a segunda passada, o volume de café caído no chão sofreu influência direta da variação de velocidade, pois, o aumento de velocidade ocasionou maiores volumes de café caído no chão e a quantidade de café caído no chão sofreu um incremento de 61,2% no volume para a maior velocidade. O volume de café caído no chão na segunda passada foi, em média, de 0,86 L.planta⁻¹, correspondendo a 27% do volume colhido e a 7,82% da carga pendente. Esses valores para a primeira e a segunda passada totalizaram o volume de 19,54% da

carga pendente, o qual está de acordo com os já citados pela literatura, a exemplo de Santinato et al. (1998a) e Silva et al. (1999) que encontraram valores de até 28% para café caído no chão. Segundo Oliveira (2006), este volume de café caído no chão pode ser reflexo da elevação da velocidade de colheita e de uma possível falta de regulagem da colhedora para as condições empregadas.

Silva et al. (2003), avaliando a colheita do café totalmente mecanizada, verificaram que, com duas passadas da colhedora, foi possível colher, em média, 91,4% da carga pendente, restando 5,1% de frutos na planta, tendo 3,5% dos frutos caído antes da colheita. Na operação de colheita do café, a velocidade com que a mesma deve ser efetuada implicará na qualidade do produto e na redução de perdas, aumentando, dessa forma, os lucros do cafeicultor (Silva et al., 2003). Sendo assim, o aumento de velocidade de colheita torna-se uma opção interessante para análise, pois pode trazer benefícios aos produtores, como redução de custos e melhor programação para a colheita, já que o período de realização desta é bastante reduzido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Conquista, do grupo Ipanema Coffees, localizada no município de Alfenas, sul de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas de 21°18'20"S e 45°55'07"W, com altitude média de 830 m e declividade média de 8%.

Os ensaios referentes às perdas de frutos nos mecanismos recolhedor e transportador horizontal foram realizados nas safras 2008 e 2009, utilizando a colhedora automotriz modelo K3. Na safra 2008, essas perdas foram avaliadas simultaneamente nos dois mecanismos e, na safra 2009, avaliadas especificamente nos transportadores horizontais.

Na safra 2008, os ensaios foram conduzidos em uma área de 2,8 ha de lavoura da cultivar Acaiá, com 10 anos de idade, plantada em curvas de nível, no espaçamento de 3,8 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, com população média de 4.386 plantas.ha⁻¹ e também numa área de 2,76 ha de lavoura da cultivar Icatu, com 10 anos de idade, plantada no espaçamento de 3,8 m entre linhas e 0,75 m entre plantas, totalizando uma população média de 3.508 plantas.ha⁻¹. Os ensaios realizados na safra 2009 foram conduzidos em uma área de 2,29 ha de lavoura da cultivar Acaiá, com 6 anos de idade, plantada em nível, no espaçamento de 3,8 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, com população média de 4.386 plantas.ha⁻¹.

Para os ensaios, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, dentro de uma mesma gleba, em parcelas aleatórias contendo 13 plantas na lavoura Icatu e 16 plantas na lavoura Acaiá. As determinações de perdas na safra 2008 consistiram de um fatorial (4 x 3 x 2), sendo de 4 velocidades operacionais, 3 configurações de lâminas recolhedoras

em 2 cultivares e, na safra 2009, um fatorial (4 x 4), sendo de 4 velocidades operacionais e 4 velocidades do transportador horizontal.

Para a obtenção da carga pendente média, realizou-se a colheita manual derriçando-se os frutos sobre panos em dez plantas aleatórias e medidos em litros para cada parcela. O volume de frutos foi coletado diretamente na bica da colhedora, utilizando-se uma medida graduada de 60L (Figura 1). Para isso, em cada parcela foi definida uma velocidade operacional, a saber: 1.000, 1.600, 2.000 e 2.500 m/h. A vibração das varetas da máquina foi fixada em torno de 950 ciclos/minuto (16 Hz) em cada linha de plantio, a fim de verificar na parcela o efeito de cada velocidade operacional na perda de frutos caídos no chão.



FIGURA 1 Medida graduada utilizada para a obtenção do volume colhido em cada tratamento.

Os dados levantados foram tabulados utilizando-se o programa Microsoft Office Excel® e, para avaliação estatística, o programa Sisvar®

(Ferreira, 2000). Para a análise comparativa das médias, utilizou-se o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Após a análise de variância, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se do coeficiente de determinação.

4.2 Colhedora

Para os ensaios, foi utilizada a mesma colhedora, modelo K-3 Millennium (Figura 2), fabricado pela empresa “Jacto Máquinas Agrícolas S.A.



FIGURA 2 Colhedora automotriz modelo K3 Millennium, Jacto.

A colhedora foi disponibilizada pela fazenda Ipanema Coffees, bem como a equipe de trabalho. Na Tabela 1 encontram-se as suas especificações técnicas.

TABELA 1 Especificações técnicas da colhedora K-3 Millennium

Altura máxima (Cabine)	5,00 m
Altura mínima	4,70 m
Altura máxima de colheita	3,50 m
Largura com descarga	3,75 m
Largura sem descarga	3,20 m
Raio de giro	5,72 m
Comprimento máximo (com cabine e graneleiro)	6,00 m
Bitola	2,70 m
Motor	MWM Internacional
Velocidade de trabalho	0,7 a 2,5 km/h
Velocidade de transporte	Até 15 km/h
Declividade máxima do terreno	10 %
GPS	Opcional
Pneus (dianteiros e traseiros)	Modelo 500/45-22,5 – 12PR, 26 lbf/pol ²

Fonte: Jacto S/A.

Os frutos colhidos foram coletados por um conjunto de lâminas recolhedoras. O sistema recolhedor (Figura 3) é dotado de lâminas retráteis, que se abrem nos troncos das plantas e se fecham nos intervalos, quando a máquina passa pelos cafeeiros. As lâminas estão distribuídas nos dois lados do recolhedor e são mantidas em posição fechada por molas, permitindo a abertura quando em contato com o tronco dos cafeeiros e o fechamento nos intervalos entre plantas, evitando, assim, maiores perdas de frutos colhidos.

Os frutos colhidos são levados até o sistema de limpeza por transportadores internos nos sentidos horizontais e verticais, onde as impurezas são separadas por um processo de ventilação. O transportador horizontal é um mecanismo composto por grades que tem como função transportar os frutos colhidos, juntamente com as folhas, galhos e impurezas.



FIGURA 3 Conjunto de lâminas do recolhedor e grades do transportador horizontal.

Para a redução de perdas nos transportadores horizontais, existem os batedores de folhas (Figura 4). O mesmo é composto por duas peças giratórias acopladas na parte traseira do transportador, sendo acionado por uma corrente própria. O batedor de folhas tem como função reduzir a perda dos frutos colhidos, separando os mesmos das folhas, galhos, gravetos e impurezas.



FIGURA 4 Batedores de folhas do transportador horizontal.

4.3 Ensaio

Os ensaios foram realizados com uma passada da colhedora, sempre no mesmo sentido de deslocamento, tendo o chão recoberto por panos (Figura 5) em cada lado da linha dos cafeeiros, em toda a parcela. Para quantificar as perdas, foi medido, com um recipiente graduado de 1 litro, o volume de frutos que estavam caindo no chão, por meio dos mecanismos recolhedores e transportadores horizontais.

O volume total derriçado foi calculado pelo somatório do volume de frutos colhidos pela máquina e o volume de frutos caídos no chão no ato da colheita. As perdas foram medidas em volume e calculadas percentualmente por meio da equação (1).

$$IP(\%) = \frac{VCH}{VCM + VCH} \text{ (Equação 1)}$$

em que

IP - índice de perdas, (%);

VCH - volume caído no chão, L.parcela⁻¹;

VCM - volume colhido pela máquina, L.parcela⁻¹



FIGURA 5 Parcela demarcada sobre panos.

Os ensaios de perdas foram feitos com dois diferentes modelos de lâminas recolhedoras (Figura 6), sendo uma a lâmina original e a outra, um modelo protótipo, denominado bumerangue. Com as lâminas originais, os ensaios foram feitos utilizando-se 4 e 5 lâminas por barra que compõe o recolhedor, caracterizadas, respectivamente, como: Original 4LAM, utilizando molas originais e Original 5LAM, utilizando molas mais fortes, sendo o recolhedor composto por 5 barras de cada lado, totalizando 20 e 25 pares de lâminas. Os ensaios realizados com as lâminas protótipo também foram feitos com 25 pares de lâminas e molas mais fortes.

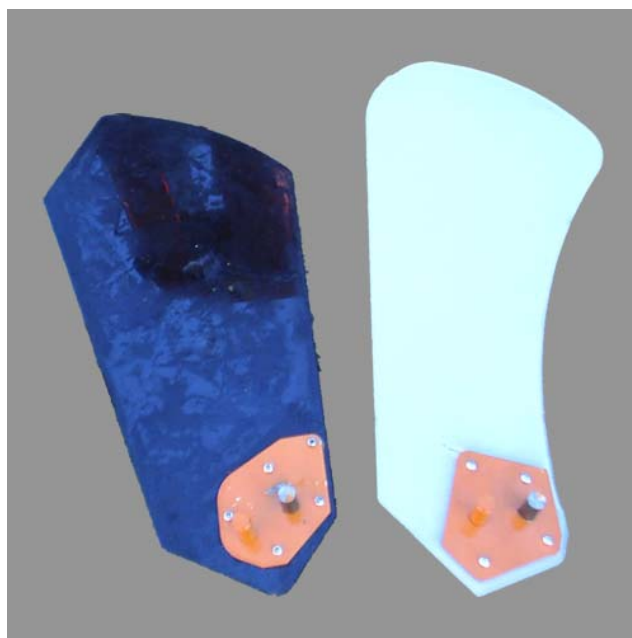


FIGURA 6 Lâmina recolhadora original (escura) e protótipo (clara).

A fim de discriminar as perdas que estavam ocorrendo somente no mecanismo transportador horizontal da colhedora, foram quantificados, especificamente na safra 2009, os volumes de frutos que estavam caindo no chão em diferentes velocidades do transportador horizontal. Para isso, foram utilizados anteparos, presos nas extremidades traseiras dos transportadores horizontais, para receber os frutos que estavam caindo no chão. Os ensaios foram realizados em quatro diferentes velocidades do transportador horizontal, a saber: 1.368, 1.692, 3.420 e 5.400 m/h. Essas velocidades foram encontradas medindo-se o comprimento total desse transportador e o tempo que o mesmo leva para dar uma volta completa. Depois de medidas essas velocidades, as mesmas foram comparadas com a leitura de rotação do transportador horizontal no medidor eletrônico JSM K-3, buscando, dessa forma, comparar essas leituras com as velocidades de ensaio. O monitor eletrônico JSM K-3 (Figura 7) tem a

função de monitorar a rotação dos transportadores de frutos e osciladores e a velocidade de deslocamento da máquina, bastando ao operador regular a mesma manualmente por meio de válvulas que se encontram no painel principal da máquina. A leitura de rotação pode variar de 5 rpm até 200 rpm.



FIGURA 7 Monitor eletrônico JSM K-3

Para as quatro velocidades do transportador horizontal, o medidor eletrônico JSM K-3 apresentou leituras de 40, 55, 100 e 155 rpm, ou seja, 40 rpm para velocidade de 1.368 m/h, 55 rpm para velocidade de 1.692 m/h, 100 rpm para velocidade de 3.420 m/h e 155 rpm para velocidade de 5.400 m/h. Essas leituras foram fixadas e utilizadas nos ensaios realizados.

Para cada velocidade operacional, foram testadas as velocidades de 1.368, 1.692, 3.420 e 5.400 m/h, no transportador horizontal, com três repetições. A vibração das varetas na máquina foi fixada em torno de 950 ciclos/minuto (16 Hz) em cada linha de plantio, a fim de verificar, em cada parcela, o efeito de cada velocidade do transportador horizontal e cada velocidade operacional na perda de frutos colhidos, bem como a interação das mesmas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados das perdas médias de colheita nos mecanismos recolhedor e transportador horizontal

Os ensaios referentes às perdas da colhedora para as diferentes configurações de lâminas avaliadas foram realizados no período de 07/07/2008 a 29/07/2008. A carga pendente média foi determinada por amostragem no dia 07/07/2008, resultando em 8 L.planta⁻¹, para lavoura Acaíá e 8,6 L.planta⁻¹, para a lavoura Icatu.

Os dados de perdas foram analisados detalhadamente nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, no intuito de avaliar a diferença de perdas entre os modelos de lâminas recolhedoras em cada velocidade operacional ensaiada, bem como a diferença de perdas entre as cultivares para cada lâmina.

Na Tabela 2 são apresentadas somente as perdas médias de colheita para velocidade operacional de 1.000 m/h.

TABELA 2 Valores médios das perdas de colheita para velocidade operacional de 1.000 m/h.

Cultivar *	Lâminas *			Média (%)
	Original 4LAM	Original 5LAM	Protótipo	
Acaíá	7,50 Ab	4,60 Aa	8,82 Ab	6,97 A
Icatu	7,74 Ab	7,50 Bb	8,50 Ab	7,91 B
Média (%)	7,62 b	6,05 a	8,66 b	7,44

CV (%) = 11,55

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

*Significativo, pelo teste f (p<0,05).

Verificou-se que a menor perda nessa velocidade foi para o recolhedor com cinco lâminas originais por barra, que apresentou um valor médio de 6,05% e diferiu significativamente das outras lâminas avaliadas.

A perda média na lavoura Icatu foi de 7,91% e não diferiu significativamente nas lâminas analisadas. A perda média das cultivares nessa velocidade operacional foi de 7,44%.

Na Tabela 3, cujos dados se referem à velocidade de 1.600 m/h, observou-se que as perdas médias de colheita nas cultivares analisadas diferiram significativamente. Os valores médios de perdas na cultivar Icatu foram de 10,20%, contra 12,03% na cultivar Acaiá, com média geral de 11,12%.

Os resultados demonstraram o mesmo comportamento até então observado nos ensaios com a velocidade operacional de 1.000 m/h para lavoura Acaiá, nos quais se verificou que o recolhedor com cinco lâminas originais apresentou a menor perda e diferiu significativamente das outras lâminas avaliadas.

TABELA 3 Valores médios das perdas de colheita para velocidade operacional de 1.600 m/h.

Cultivar *	Lâminas *			Média (%)
	Original 4LAM	Original 5LAM	Protótipo	
Acaiá	13,38 Bb	9,16 Aa	13,57 Bb	12,03 B
Icatu	7,85 Aa	11,82 Bb	10,92 Ab	10,20 A
Média (%)	10,61 a	10,49 a	12,24 b	11,12

CV (%) = 9,95

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

*Significativo pelo teste f (p<0,05).

Na Tabela 4 estão apresentados, os valores médios das perdas de colheita na velocidade operacional de 2.000 m/h. Verifica-se que essas perdas

não diferiram significativamente nas cultivares analisadas, sendo de 15,36% na cultivar Acaiá e de 14,45% na cultivar Icatu, com média geral de 14,91%.

TABELA 4 Valores médios das perdas de colheita para velocidade operacional de 2.000 m/h.

Cultivar	Lâminas ^{ns}			Média (%)
	Original 4LAM	Original 5LAM	Protótipo	
Acaiá	17,33 Ba	14,25 Aa	14,52 Aa	15,36 ^{ns}
Icatu *	12,02 Aa	17,21 Ab	14,14 Aa	14,45
Média (%)	14,67 a	15,73 a	14,33 a	14,91

CV (%) = 11,29

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

*Significativo pelo teste f ($p < 0,05$)

ns – não significativo

Os valores apresentados na Tabela 5 referem-se às perdas médias de colheita para a velocidade operacional de 2.500 m/h. Essa velocidade chega a ser 3,27 vezes maior que a usada por Silva et al. (2000a), de 0,8 km.h⁻¹ e 2,18 vezes maior que a velocidade usada por Santinato et al. (1998a), que trabalharam com 1,2 km.h⁻¹.

Observou-se que as perdas de frutos nessa velocidade operacional não diferiram significativamente nas diferentes configurações de lâminas avaliadas. As menores perdas foram observadas para a cultivar Acaiá e diferiram significativamente das perdas na cultivar Icatu. A média geral das perdas de frutos foi de 20,42%.

TABELA 5 Valores médios das perdas de colheita para velocidade operacional de 2.500 m/h.

Cultivar *	Lâminas ^{ns}			Média (%)
	Original 4LAM	Original 5LAM	Protótipo	
Acaíá	19,30 Aa	17,72 Aa	16,77 Aa	17,93 A
Icatu	25,09 Ba	19,71 Aa	23,95 Ba	22,92 B
Média (%)	22,20	18,71	20,36	20,42

CV (%) = 14,23

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

*Significativo pelo teste f ($p < 0,05$).

ns – não significativo

Na Tabela 6 são apresentadas, pelo teste de Scott-Knott, as análises de médias gerais das perdas de colheita em cada configuração de lâmina avaliada, bem como a diferença entre elas em cada cultivar analisada.

A perda média de colheita no recolhedor original com cinco lâminas foi de 12,74%, sendo 1,03% menor que as ocorridas no recolhedor original com quatro lâminas, diferindo significativamente. Como se trata do mesmo modelo de lâmina, essa menor perda pode ter sido influenciada pelo uso de maior número de pares de lâminas, bem como pelo uso de molas mais fortes. As perdas médias de colheita para o recolhedor com quatro lâminas originais ou com cinco lâminas protótipo não diferiram significativamente. Observou-se também que as perdas médias ocorridas nas cultivares não diferiram significativamente. Na cultivar Acaíá, a perda média foi de 13,07% e, na cultivar Icatu, a perda média foi de 13,87%, com média geral de 13,47%.

TABELA 6 Valores médios das perdas de colheita nas cultivares Acaiá e Icatu em cada recolhedor analisado.

Cultivar ^{ns}	Lâminas *			Média (%)
	Original 4LAM	Original 5LAM	Protótipo	
Acaiá	14,37 Ab	11,43 Aa	13,42 Ab	13,07
Icatu	13,17 Aa	14,06 Ba	14,38 Aa	13,87
Média (%)	13,77 b	12,74 a	13,90 b	13,47

CV (%) = 13,50

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

*Significativo pelo teste f (p<0,01).

ns – não significativo

5.2 Modelagem das perdas médias de colheita para as diferentes configurações de lâminas avaliadas

As equações de regressão linear e seus respectivos valores de R² encontram-se nas Figuras 8, 9 e 10, para as diferentes configurações de lâminas avaliadas e na Figura 11 para as cultivares analisadas. Foi apresentado também o modelo de regressão para as perdas gerais de colheita (Figura 12), em função da velocidade operacional, bem como o modelo de regressão para a eficiência média de colheita (Figura 13) em função da velocidade operacional. Observou-se ajuste satisfatório dos modelos de regressão ajustados às observações, tendo em vista os elevados valores de R².

Na Figura 8, são apresentados os resultados médios das perdas de colheita em função da velocidade operacional utilizando os recolhedores com quatro lâminas originais por barra. Verificou-se que, com o aumento da

velocidade operacional, aumentou-se a perda de colheita, seguindo um modelo polinomial quadrático.

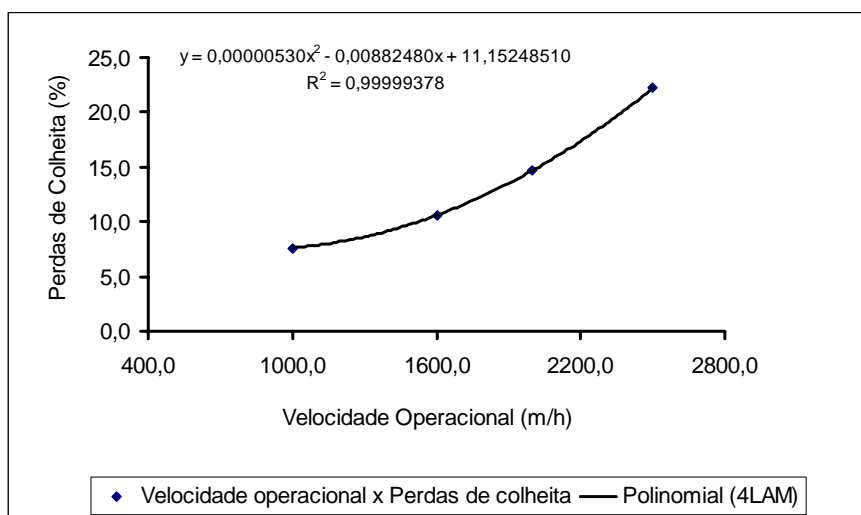


FIGURA 8 Representação gráfica e equação de regressão para a perda de colheita com o recolhedor original 4LAM, em função da velocidade operacional.

O coeficiente de determinação indicou que 99,99% dos dados estão ajustados conforme o modelo citado em que, para cada variação na velocidade, a perda de colheita variou conforme a equação (2).

$$y = 0,00000530x^2 - 0,00882480x + 11,15248510 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,999$$

em que

x- velocidade operacional, m/h;

y - perdas de colheita, %.

As menores perdas de colheita ocorreram na velocidade de 1.000 m/h, com média de 7,62% e as maiores, na velocidade de 2.500 m/h com perda média de 22,20%. Esses resultados estão coerentes com o encontrado por Silva et al.

(2003) que observaram perdas de até 23,1% da produção. Para as velocidades operacionais mais comuns de colheita de 1.000 e 1.600 m/h, a perda média foi de 9,11%.

Na figura 9, são apresentados os resultados das perdas de colheita em função da velocidade operacional, para os recolhedores com cinco lâminas originais por barra. Os resultados demonstraram o mesmo comportamento anterior, com perdas crescentes em função da velocidade operacional.

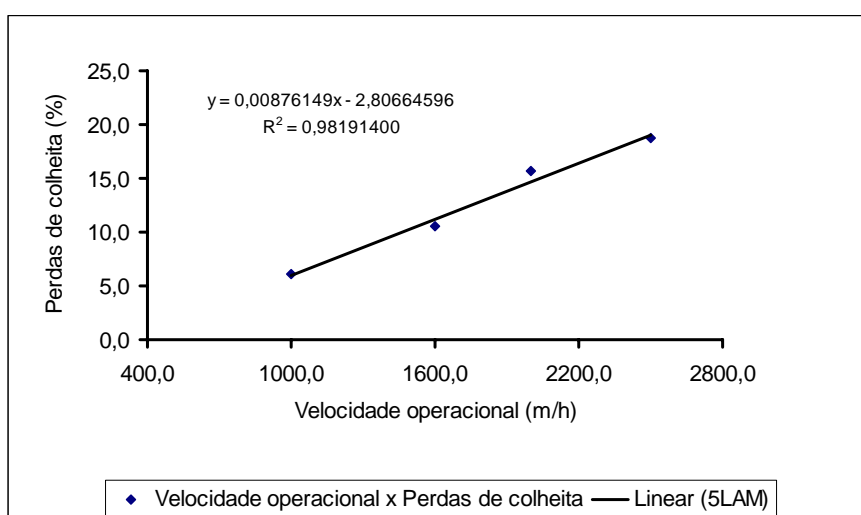


FIGURA 9 Representação gráfica e equação de regressão para a perda de colheita com o recolhedor original 5LAM, em função da velocidade operacional.

As perdas variaram de 6,05% a 18,71%, para menor e maior velocidade operacional, seguindo um modelo matemático linear representado pela equação (3), com um coeficiente de determinação de 98,19%. Para as velocidades operacionais de 1.000 e 1.600 m/h, a perda média foi de 8,27%.

$$y = 0,00876149x - 2,80664596 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,9819$$

em que

x- velocidade operacional, m/h;

y - perda de colheita, %.

São apresentados no gráfico da Figura 10, os resultados das perdas de colheita em função da velocidade operacional para os recolhedores protótipo com cinco lâminas por barra.

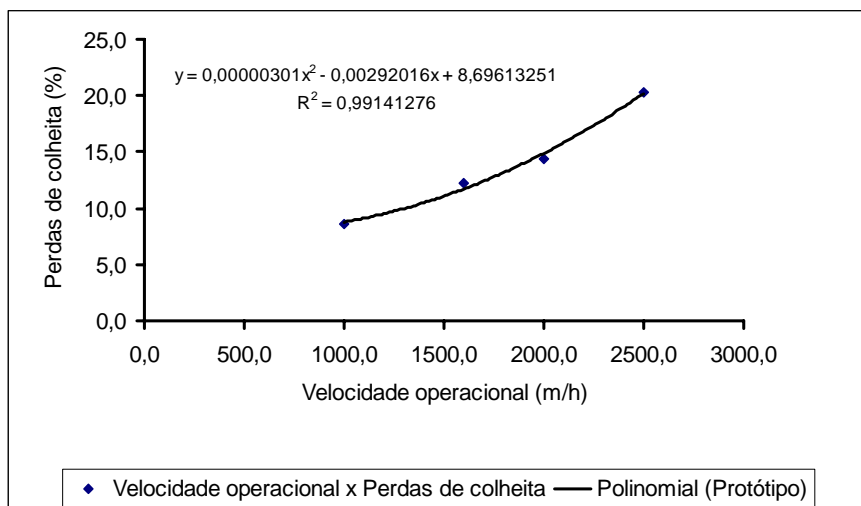


FIGURA 10 Representação gráfica e equação de regressão para a perda de colheita com o recolhedor protótipo, em função da velocidade operacional.

As perdas variaram de 8,66% a 20,36%, tendo, para as velocidades operacionais de 1.000 e 1.600 m/h, a perda média sido de 10,45%, bem próxima da encontrada nos recolhedores originais com quatro lâminas originais por barra, que foi de 9,11%.

O coeficiente de determinação indicou que 99,14% dos dados estão ajustados conforme o modelo matemático polinomial quadrático, sendo representada pela equação (4).

$$y = 0,00000301x^2 - 0,00292016x + 8,69613251 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,9914$$

em que

x- velocidade operacional, m/h;

y - perda de colheita, %.

As curvas de regressão linear das perdas médias de colheita ocorrida nas cultivares Acaiá e Icatu encontram-se na Figura 11. Na cultivar Acaiá, o coeficiente de determinação indicou que 98,74% dos dados estão ajustados conforme o modelo matemático linear das perdas, sendo representado pela equação (5). No caso da cultivar Icatu, o coeficiente de determinação indicou que 99,99% dos dados estão ajustados conforme o modelo polinomial quadrático das perdas, sendo representado pela equação (6).

$$y = 0,0074114x - 0,081242 \quad (5) \qquad R^2 = 0,9874$$

$$y = 0,000007x^2 - 0,014190x + 15,189785 \quad (6) \qquad R^2 = 0,9999$$

em que,

x- Velocidade operacional, m/h;

y - Perda de colheita, %.

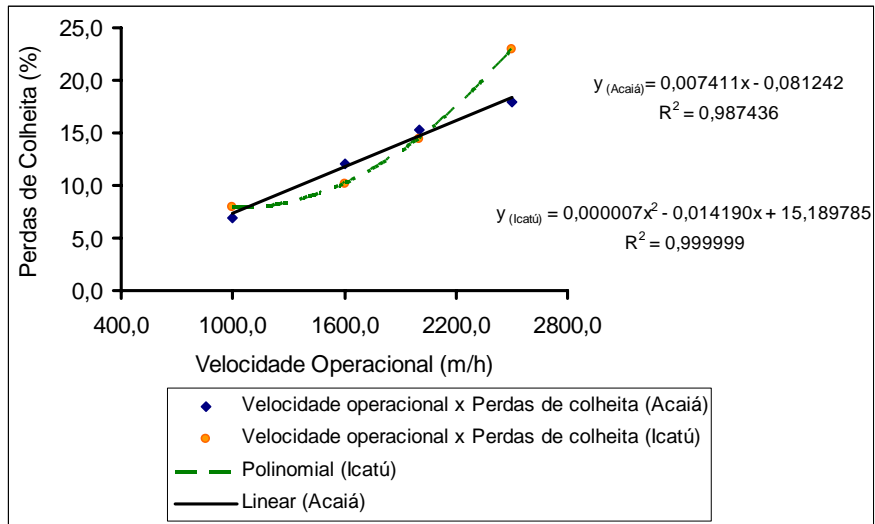


FIGURA 11 Representação gráfica e equação de regressão para a perda de colheita nas cultivares Acaíá e Icatu, em função da velocidade operacional.

Observou-se que, nas cultivares Acaíá e Icatu, as perdas médias foram bem próximas, em função da velocidade operacional, independentemente dos modelos de lâminas utilizadas nos recolhedores. As curvas se cruzaram, aproximadamente, na velocidade de 2.000 m/h. A partir dessa velocidade, na cultivar Acaíá, as perdas de colheita tenderam a ser menores que na cultivar Icatu.

No gráfico da Figura 12, observam-se as médias gerais das perdas de colheita em função da velocidade operacional. As menores perdas foram para a velocidade de 1.000 m/h, com valor médio de 7,44% e as maiores perdas foram para a velocidade de 2.500 m/h, com valor médio de 20,42%.

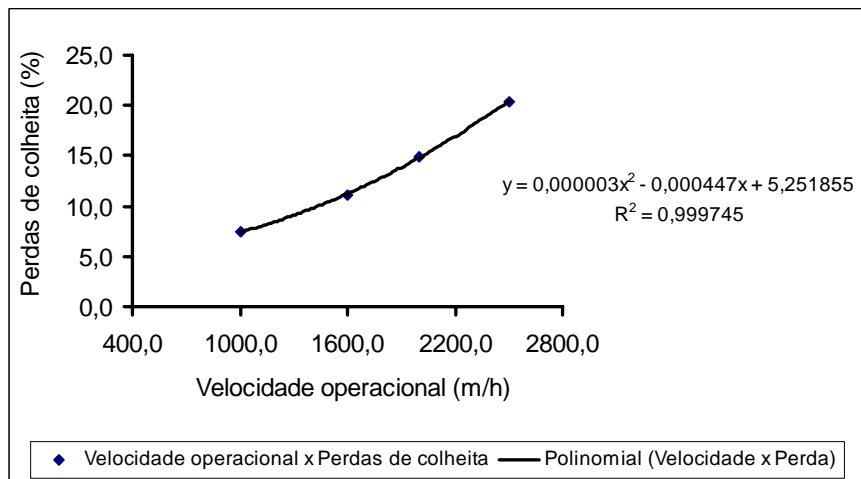


FIGURA 12 Representação gráfica e equação de regressão para perda de colheita, em função da velocidade operacional.

O coeficiente de determinação indicou que 99,97% dos dados estão ajustados conforme o modelo matemático polinomial quadrático descrito na equação (7).

$$y = 0,000003x^2 - 0,000447x + 5,251855 \quad (7)$$

$$R^2 = 0,9997$$

em que

x- velocidade operacional, m/h;

y - perda de colheita, %.

As perdas encontradas nos ensaios, para todas as configurações de lâminas avaliadas, sofreram influência direta da velocidade operacional, concordando com o que foi relatado por Oliveira (2006) que também observou maiores volumes de frutos caídos no chão para as maiores velocidades operacionais. Os valores médios das perdas encontradas nos ensaios estão próximos do encontrado por Silva et al. (2007), que foram de 10% a 20%.

A eficiência média de colheita foi calculada de acordo a equação (8), sendo representada em função da velocidade operacional na Figura 13.

$$EC(\%) = \frac{VCH + VCM}{CP} \quad (8)$$

em que

EC- eficiência de colheita, %;

VCH - volume de frutos caídos no chão, L.parcela⁻¹;

VCM - volume de frutos colhidos pela máquina, L.parcela⁻¹;

CP - carga pendente, L.parcela⁻¹.

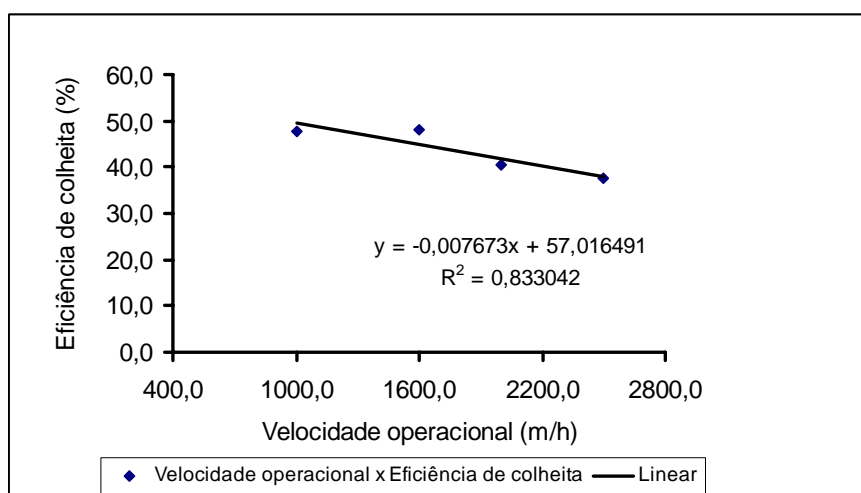


FIGURA 13 Representação gráfica e equação de regressão para eficiência de colheita, em função da velocidade operacional.

O coeficiente de determinação indicou que 83,30% dos dados estão ajustados conforme o modelo linear, sendo representado pela equação (9).

$$y = 0,007673x + 57,016491 \quad R^2 = 0,8330 \quad (9)$$

em que

x- velocidade operacional, m/h;

y – eficiência de colheita, %.

Verificou-se que, em média, a melhor eficiência de colheita se deu na velocidade de 1.600 m/h. Esse resultado está coerente com o relatado por Oliveira (2006), que observou uma maior eficiência de derriça total na velocidade de 1.643 km.h⁻¹, sendo essa de 97,64%, considerando duas passadas da colhedora.

5.3 Modelagem das perdas de frutos nos recolhedores e transportadores horizontais em cada lado do terreno em relação à linha dos cafeeiros.

No intuito de verificar separadamente as perdas ocorridas nos recolhedores e nos transportadores horizontais, foram apresentadas as perdas ocorridas nos recolhedores com cinco lâminas originais por barra (Figura 14) distintamente das perdas ocorridas nos transportadores horizontais da máquina (Figura 15). Essas perdas também foram separadas no lado de cima e no lado de baixo do terreno em relação à linha dos cafeeiros.

No gráfico da Figura 14, observou-se que as perdas ocorridas nos recolhedores em função da velocidade operacional apresentaram curvas diferenciadas nos dois lados do terreno, tendo o lado de cima apresentado as maiores perdas.

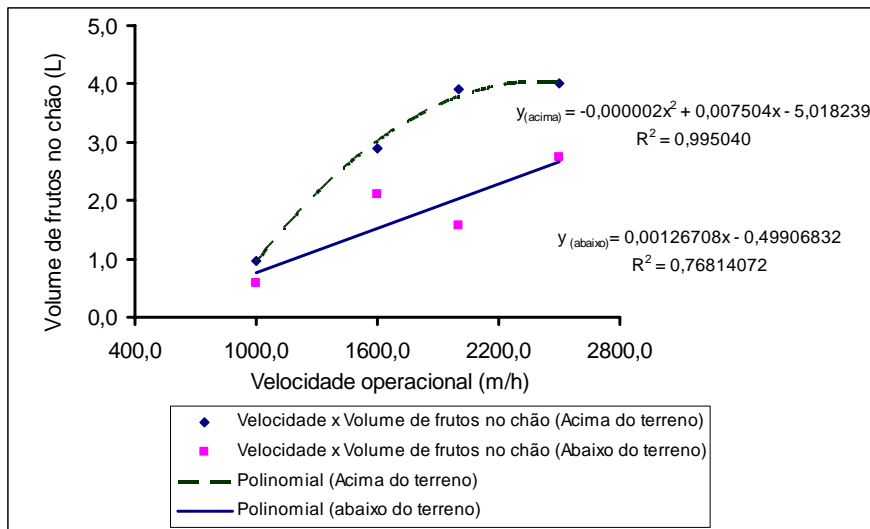


FIGURA 14 Representação gráfica e equação de regressão para o volume de frutos no chão, em cada lado do terreno, nos recolhedores, em função da velocidade operacional.

O coeficiente de determinação para o lado de cima do terreno indicou que 99,50% dos dados estão ajustados conforme o modelo polinomial quadrático, sendo representado pela equação (10). No caso do lado de baixo do terreno, o coeficiente de determinação indicou que 76,81% estão ajustados conforme o modelo linear, sendo representado, nesse caso, pela equação (11).

$$y = 0,000002x^2 + 0,007504x - 5,018239 \quad (10) \quad R^2 = 0,9950$$

$$y = 0,00126708x - 0,49906832 \quad (11) \quad R^2 = 0,7681$$

em que

x- velocidade operacional, m/h;

y – volume de frutos caídos no chão, L

No gráfico da Figura 15, são apresentadas as perdas de colheita nos transportadores horizontais, em função da velocidade operacional nos dois lados do terreno em relação à linha dos cafeeiros. Os resultados demonstraram o

mesmo comportamento anterior para os recolhedores horizontais, em que as maiores perdas se deram nos lados de cima do terreno.

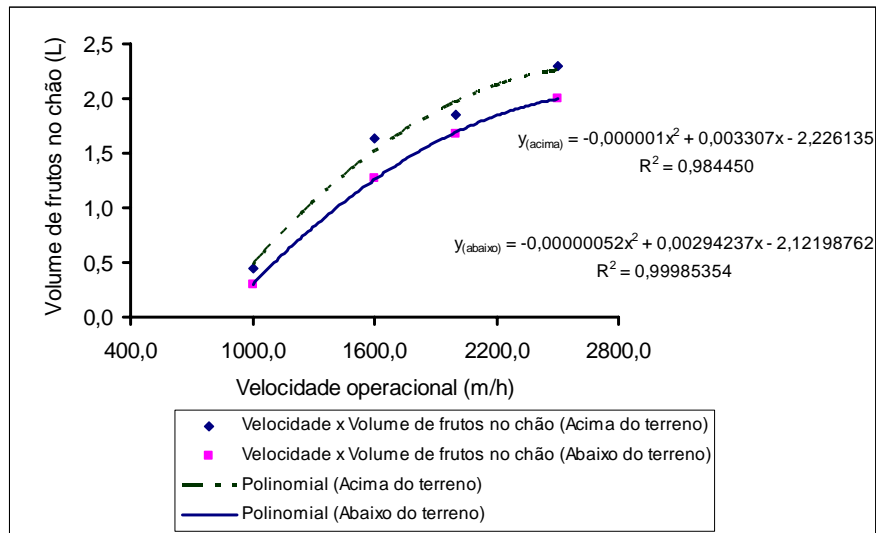


FIGURA 15 Representação gráfica e equação de regressão para o volume de frutos no chão, em cada lado do terreno, nos transportadores horizontais, em função da velocidade operacional.

As curvas de regressão apresentaram um modelo polinomial quadrático, com alto coeficiente de determinação. Os modelos são representados pelas equações (12) e (13), nos lados de cima e de baixo do terreno, respectivamente.

$$y = -0,000001x^2 + 0,003307x - 2,226135 \quad R^2 = 0,9844 \quad (12)$$

$$y = -0,00000052x^2 + 0,00294237x - 2,12198762 \quad R^2 = 0,9998 \quad (13)$$

em que

x- velocidade operacional, m/h;

y – volume de frutos caídos no chão, L

Observou-se que as perdas nos recolhedores, normalmente, são maiores no lado de cima do terreno, em relação à planta. Esse comportamento pode ser explicado pelo desalinhamento da colhedora em relação ao centro da linha dos cafeeiros, que foi observado ser de até 20 cm, causando uma abertura irregular das lâminas no ato da colheita. A maior perda de frutos nesse lado do terreno se deu pelo fato de as lâminas não fecharem totalmente o espaço sobre a saia do cafeeiro, o que é causado pelo desalinhamento, deixando um espaço aberto entre a lâmina e o tronco principal, deixando cair um maior volume de frutos no chão.

No caso das perdas nos transportadores horizontais, a inclinação da colhedora, sempre tendendo para o lado de baixo do terreno, força maior penetração das varetas na lateral de cima das plantas, aumentando a eficiência de derriça e, assim, aumentando proporcionalmente as perdas no transportador horizontal posicionado do lado de cima do terreno em relação às plantas.

Estes são os motivos das perdas nos mecanismos avaliados. Possivelmente, essas perdas seriam minimizadas, operando-se a colhedora sempre na vertical e centralizada em relação à linha dos cafeeiros.

5.4 Resultados das perdas médias de frutos nos transportadores horizontais

Os ensaios referentes às perdas médias de frutos nos transportadores horizontais foram realizados especificamente no período de 08/06/2009 a 02/07/2009. A carga pendente média foi determinada por amostragem no dia 08/06/2009, resultando em 9,6 L.planta⁻¹.

Nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 são apresentados os resultados médios de três repetições das perdas de frutos no mecanismo transportador horizontal em diferentes velocidades do transportador horizontal, para cada velocidade operacional ensaiada.

Na Tabela 7 são apresentadas as perdas de frutos na velocidade operacional de 1.000 m/h.

TABELA 7 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais para a velocidade operacional de 1.000 m/h.

Tratamento	Velocidade do transportador horizontal *	Perdas (%)			Perda Média
	m/h	1	2	3	%
T1	1368	2,91	2,91	2,37	2,73 C
T2	1692	2,23	1,85	1,59	1,89 B
T3	3420	1,01	0,99	0,94	0,98 A
T4	5400	1,96	1,56	1,97	1,83 B

CV(%) = 13,64

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

*Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$).

Observou-se, para essa velocidade, que as perdas no transportador horizontal variaram de 0,98% a 2,73%, considerando a menor e a maior velocidade do transportador horizontal, com média geral de 1,85%. A menor perda se deu na velocidade de 3.420 m/h e diferiu significativamente das outras velocidades avaliadas.

São apresentados, na Tabela 8, os ensaios referentes à velocidade operacional de 1.600 m/h. As perdas de frutos nos transportadores variaram de 2,86% a 3,92%, com média geral de 3,31%. A velocidade de 3.420 m/h no transportador horizontal continuou apresentando a menor perda, de 2,86%, mas não diferiu significativamente das outras velocidades avaliadas no transportador, por meio da análise de médias.

TABELA 8 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais para a velocidade operacional de 1.600 m/h.

Tratamento	Velocidade do transportador horizontal ^{ns}	Perdas (%)			Perda Média
	m/h	1	2	3	%
T1	1368	4,61	3,01	4,15	3,92
T2	1692	3,18	3,46	3,18	3,27
T3	3420	2,64	3,03	2,91	2,86
T4	5400	3,04	3,24	3,32	3,20

CV (%) = 13,20

ns – não significativo pelo teste f ($p < 0,05$).

Por meio da Tabela 9, observam-se as perdas médias de frutos nos transportadores horizontais para velocidade operacional de 2.000 m/h. Essas perdas variaram de 4,06% a 7,72%, considerando a menor e maior velocidade no transportador horizontal, com média geral de 6,13%.

TABELA 9 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais para a velocidade operacional de 2.000 m/h.

Tratamento	Velocidade do transportador horizontal *	Perdas (%)			Perda Média
	m/h	1	2	3	%
T1	1368	6,25	8,67	8,25	7,72 B
T2	1692	6,10	8,04	7,12	7,08 B
T3	3420	2,91	4,07	5,21	4,06 A
T4	5400	6,97	4,76	5,21	5,64 A

CV (%) = 18,78

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

*Significativo pelo teste f ($p < 0,05$).

Na velocidade operacional de 2.000 m/h, as perdas médias nas velocidades mais baixas do transportador horizontal (1.368 m/h e 1.692 m/h) não diferiram significativamente e apresentaram perda média de 7,40%. Observou-se que a menor perda continuou sendo para a velocidade de 3.420 m/h, mas não diferiu significativamente da velocidade de 5.400 m/h no transportador horizontal.

Os ensaios de perdas nos transportadores horizontais também foram feitos na velocidade operacional de 2.500 m/h (Tabela 10). Essas perdas variaram de 6,60% a 12,05% e apresentaram média geral de 9,78%. A menor perda continuou sendo na velocidade de 3.420 m/h no transportador horizontal e diferiu significativamente das outras velocidades avaliadas no transportador. As velocidades de 1.368 m/h, 1.692 m/h e 5.400 m/h no transportador horizontal não diferiram significativamente e apresentaram média geral de 10,84%.

TABELA 10 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais para a velocidade operacional de 2.500 m/h.

Tratamento	Velocidade do transportador horizontal m/h	Perdas (%)			Perda média* %
		1	2	3	
T1	1368	9,90	14,69	11,56	12,05 B
T2	1692	10,18	9,36	12,28	10,60 B
T3	3420	7,62	6,97	5,21	6,60 A
T4	5400	8,16	11,50	10,03	9,89 B

CV (%) = 18,09

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

*Significativo pelo teste f ($p < 0,05$).

Avaliando-se a influência que a velocidade do transportador horizontal ocasionou na perda de frutos, observou-se, por meio da Tabela 11, que a menor

perda nos ensaios se deu na velocidade de 3.420 m/h, sendo de 3,62% e diferiu significativamente das outras velocidades no transportador horizontal. Observou-se que, com um aumento da velocidade em torno de 50% em relação à velocidade de 3.420 m/h no transportador horizontal, os frutos foram lançados para fora do transportador, aumentando as perdas. No caso da redução da velocidade de 3.420 m/h em torno de 50%, a rotação do batedor de folhas foi insuficiente para separar os frutos das folhas e impurezas, ocasionando um maior volume de frutos perdidos junto com as folhas.

TABELA 11 Valores médios das perdas de frutos nos transportadores horizontais em cada velocidade do transportador horizontal para as velocidades operacionais ensaiadas.

	Velocidade do transportador horizontal (m/h) *				Média (%)
	1368	1692	3420	5400	
Velocidade operacional (m/h) *	Perdas (%)				
1000	2,73 A	1,89 A	0,98 A	1,83 A	1,85 A
1600	3,92 A	3,27 A	2,86 B	3,20 A	3,31 B
2000	7,72 B	7,08 B	4,06 B	5,64 B	6,12 C
2500	12,05C	10,60 C	6,60 C	9,89 C	9,78 D
Média (%)	6,60 c	5,71 b	3,62 a	5,14 b	5,26

CV (%) = 20,59

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974).

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

*Significativo pelo teste f ($p < 0,05$).

De acordo com o gráfico da Figura 16, verificou-se que o aumento da velocidade operacional influenciou diretamente a perda de frutos nos transportadores horizontais. Esse comportamento já era esperado, assim como ocorreu nos recolhedores. O coeficiente de determinação indicou que 99,54%

dos dados estão ajustados conforme o modelo matemático polinomial quadrático, sendo representado pela equação (14). As perdas médias variaram de 1,85% a 9,78%, considerando a menor e a maior velocidade operacional, com média geral de 5,26%.

$$y = 0,00000267x^2 - 0,00394078x + 3,06126547 \quad (14)$$

$$R^2 = 0,9954$$

em que

x- velocidade operacional, m/h;

y – perda de frutos nos transportadores horizontais, %.

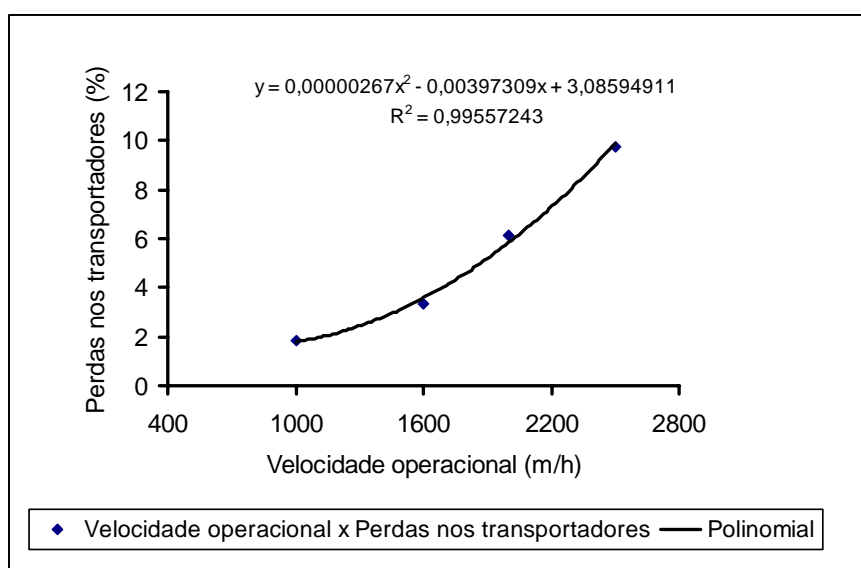


FIGURA 16 Representação gráfica e equação de regressão para perda de frutos nos transportadores horizontais, em função da velocidade operacional.

Considerando a perda média geral de frutos de café pela colhedora de 13,47%, conforme observado na Tabela 6 e a perda média geral específica do transportador horizontal de 5,26% (Tabela 11), resulta que a perda média geral

do recolhedor é da ordem de 8,21%, que se destaca como sendo o mecanismo que apresenta maior perda de frutos da colhedora, representando 61% da perda total.

6 CONCLUSÃO

- ✓ A velocidade operacional de colheita influenciou significativamente a perda de frutos pelas colhedoras, ocorrendo as maiores perdas nas maiores velocidades.
- ✓ As perdas médias de colheita para as diferentes configurações de recolhedor avaliado variaram de 6,05% a 22,20%, apresentando média geral de 13,47%.
- ✓ A perda média do mecanismo recolhedor foi de 8,21%, representando 61% das perdas médias de colheita.
- ✓ A perda no mecanismo recolhedor com 25 pares de lâminas originais utilizando molas mais fortes foi significativamente menor que as ocorridas no recolhedor com 20 lâminas originais ou 25 lâminas protótipo.
- ✓ As perdas médias nos transportadores horizontais variaram de 1,85% a 9,78%, considerando a menor e a maior velocidade operacional, com média final de 5,26%.
- ✓ A velocidade de 3.420 m/h no transportador horizontal apresentou as menores perdas nas várias velocidades operacionais de colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Paulo: FNP, 2008. 504p.

CASTRO JUNIOR, C. **Mercados de derivativos agropecuários:** futuros, opções e CPR. Lavras: UFLA/DAE, 2002. 163 p.

COFFEE BUSINESS. Consumo mundial de café atinge 118 milhões de sacas. Disponível em: <<http://www.coffeebusiness.com.br/index.htm>>. Acesso em: 23 out. 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** primeira estimativa da safra de 2009. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009. 17 p. (Boletim técnico).

CRUZ NETO, F.; MATIELLO, J. B. Estudo comparativo de rendimento de colheita entre cultivares Mundo Novo e Catuaí, em lavouras com diferentes níveis de produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9., 1981, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFE, 1981. p. 329-333.

FAVA, J. F. M. O desenvolvimento da colhedora de café. In: CICLOS DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1990. p. 234-246.

FAVA, J. F. M.; HONDA, A. I.; SATORI, S.; BASTOS, M. V. Eficiência de colheita mecânica nas variedades Mundo Novo e Catuaí em diferentes condições de lavoura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5., 1979, Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1979. p. 267-272.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **2º levantamento:** safra 2007/2008 - Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.faemg.org.br/arquivos/Cafe.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2007.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FILGUEIRAS, W. H. **Modelagem da planta de café por elementos finitos para estudos de colheita por vibração**. 2001. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Podas. In: _____. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p. 207-226.

KASHIMA, T. A colheita mecanizada do café: produtos, desempenho e custos. In: CICLO DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1990. p. 234-46.

MATIELLO, J. B. Com tecnologia, o café é viável na região de Pirapora, MG. **Cafeicultura**, Patrocínio, v. 3, n. 9, p. 14, jun. 2004.

MATIELLO, J. B. Tipos de cafeicultura no Brasil. In: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ. 6. ed. Rio de Janeiro: Coffe Business, 2001. p. 38-42.

MATIELLO, J. B.; PINTO, J. F. Comparativo de rendimento em diversos processos de colheita manual de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p. 13-14.

OLIVEIRA, E. **Colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais**. 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Retrospectiva anual de 2004/2005**. Disponível em: <<http://dev.ico.org/documents/review6p.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

PARCHOMCHUK, P.; COOKE, J. R. Vibratory fruit harvesting: an experimental analysis of fruit-stem dynamics. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 15, n. 4, p. 598-603, July/Aug. 1971.

PEDROSO, S. A. **A lavoura, história e agronegócios no Brasil**. Disponível em: <<http://www.nucleoestudo.ufla.br/necaf/homepagenecaf.html>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

PEREIRA, R. C.; VASCONCELOS, S. S.; SALES, F. **Colheita e beneficiamento de café**. Brasília: EMBRAPA, 1999. Não paginado.

SANTINATO, R.; CORREIA, J. P.; JUNIOR, L. Z. Número e modo de passada da colhedora K3-Jacto e seu efeitos na produção do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998a. p. 60-61.

SANTINATO, R.; SILVA, A. D.; KASHIMA, A. E.; SILVA, V. A.; CARVALHO, R. Estudos de colheita mecânica k3-Jacto com 1, 2, e 3 passadas intercaladas e pulverizações (K3-Bayer) cicatrizantes e pré florada em condições de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998b. p. 314-316.

SILVA, F. M. **Colheita mecanizada e seletiva do café: cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 75 p.

SILVA, F. M.; ALVES, M. de C.; SILVA, F. C.; SOUZA, J. C. S. de. Desempenho operacional da colhedora de café Dragão Eco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 33., 2007, Lavras. **Trabalhos apresentados...** Lavras: UFLA, 2007. p. 1-3.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, E.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 150-152.

SILVA, F. M.; RODRIGUES, R. F.; SALVADOR, N. Avaliação da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1999. p. 348-350.

SILVA, F. M.; RODRIGUES, R. F.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S.; SILVA, S. S. S. Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizes no Sul de Minas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 8, p. 54-60, 2000a.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira: colheita**. Lavras: UFLA/DEG, 1998. 55 p. (Boletim técnico).

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; BARBOSA, R. R.; ABREU, E. M.
Desempenho da operação mecanizada de derriça do café. In: CONGRESSO
BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23., 1997, Manhuaçu. **Anais...**
Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 1997. p. 174-176.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; ABREU, E. M.
Desempenho operacional das colhedoras automotrizes de café na região do sul
de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS,
24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: SDR/PROCAFE/PNFC,
1998. p. 223-234.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; MARTIN, W. G.
Desempenho operacional da colheita mecanizada com varias passadas da
colhedora de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS
CAFEEIRAS, 26., 2000, Marília. **Anais...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFÉ,
2000b. p. 345-347.

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

SILVA, F. M.; SILVA, F. C.; SOUZA, R.; SOUZA, J. C. S. Avaliação do
desempenho das operações de trituração e arruação mecânica na lavoura
cafeeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 32.,
2006, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2006.
p. 324-325.

SOUZA, C. M. A; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; RAFULL, L. Z. L.
Desenvolvimento de uma máquina vibradora para estudo do desprendimento de
frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, MG, v. 13, n. 1, p. 7-18.
jan./mar. 2005.

SOUZA FILHO, E. G. Colheita de grãos. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 2,
n. 12, p. 3-10, jun. 2002.

SOUZA, M. V. Cafeicultura. **Cafeicultura**, Patrocínio, v. 2, n. 6, p. 1, maio
2003.

STEVANATO, S. G.; STEVANATO, R. G.; ARAÚJO, C. H. C. Controle da
broca do cafeeiro com diversos inseticidas e seus efeitos na qualidade do café.
In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002,
Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 74-75.

TEIXEIRA, T. D. Política estratégica para a cafeicultura brasileira. In: PALESTRAS DO SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2002. p. 169- 176.

VIANA, A. S.; SOUZA, T. Efeito do tempo de permanência do café derrizado na lavoura, com e sem previa varrição, na qualidade final do produto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 65-67.

ANEXOS

ANEXO A

TABELA 1A Análise de variância das perdas médias de colheita para os recolhedores avaliados na velocidade operacional de 1.000 m/h.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	1	3,995	3,995	5,405	0,0384
Recolhedor	2	20,692	10,346	13,998	0,0007
Cultivar*Recolhedor	2	8,880	4,440	6,007	0,0156
Erro	12	8,869	0,739		
Total corrigido	17	42,437			
CV (%)	11,55				
Média geral	7,44				
Número de observações	18				

TABELA2A Análise de variância das perdas médias de colheita para os recolhedores avaliados na velocidade operacional de 1.600 m/h.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	1	15,198	15,198	12,427	0,0042
Recolhedor	2	11,550	5,775	4,722	0,0307
Cultivar*Recolhedor	2	51,767	25,883	21,163	0,0001
Erro	12	14,676	1,223		
Total corrigido	17	93,192			
CV (%)	9,95				
Média geral	11,11				
Número de observações	18				

TABELA 3A Análise de variância das perdas médias de colheita para os recolhedores avaliados na velocidade operacional de 2.000 m/h.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	1	3,717	3,717	1,312	0,2744
Recolhedor	2	6,365	3,182	1,123	0,3572
Cultivar*Recolhedor	2	51,882	25,941	9,153	0,0039
Erro	12	34,008	2,834		
Total corrigido	17	95,974			
CV (%)	11,29				
Média geral	14,91				
Número de observações	18				

TABELA 4A Análise de variância das perdas médias de colheita para os recolhedores avaliados na velocidade operacional de 2.500 m/h.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	1	112,050	112,050	13,266	0,0034
Recolhedor e Transportador	2	36,368	18,184	2,153	0,1589
Cultivar*Recolhedor	2	21,616	10,808	1,280	0,3135
Erro	12	101,359	8,446		
Total corrigido	17	271,394			
CV (%)	14,23				
Média geral	20,42				
Número de observações	18				

TABELA 5A Análise de variância das perdas médias de colheita para os recolhedores avaliados nas cultivares ensaiadas.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	1	11,416	11,416	3,448	0,0695
Velocidade	3	1661,537	553,846	167,288	0,0000
Recolhedor	2	19,244	9,622	2,906	0,0644
Cultivar*Velocidade	3	123,545	41,181	12,439	0,0000
Cultivar*Recolhedor	2	44,310	22,155	6,692	0,0027
Velocidade*Recolhedor	6	55,733	9,288	2,806	0,0202
Vel*Rec*Cult	6	89,836	14,972	4,522	0,0010
Erro	48	158,914	3,310		
Total corrigido	71	2164,537			
CV (%)	13,50				
Média geral	13,47				
Número de observações	72				

ANEXO B

TABELA 1B Análise de Variância das perdas médias de frutos em diferentes velocidades do transportador horizontal, para cada velocidade operacional.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Velocidade operacional	3	439,504	146,501	124,261	0,0000
Velocidade transportador	3	56,439	18,813	15,957	0,0000
VelocOper*VelocTransp	9	21,698	2,410	2,045	0,0663
Erro	32	37,727	1,178		
Total corrigido	47	555,369			
CV (%)	20,59				
Média geral	5,27				
Número de observações	48				

TABELA 2B Análise de variância das perdas de frutos em diferentes velocidades do transportador horizontal, para a velocidade operacional de 1.000m/h.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Velocidade transportador	3	4,599	1,533	23,880	0,0002
Erro	8	0,513	0,064		
Total corrigido	11	5,112			
CV (%)	13,64				
Média geral	1,85				
Número de observações	12				

TABELA 3B Análise de variância das perdas de frutos em diferentes velocidades do transportador horizontal, para a velocidade operacional de 1.600 m/h.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Velocidade transportador	3	1,776	0,592	3,094	0,0895
Erro	8	1,530	0,191		
Total corrigido	11	3,306			
CV (%)	13,20				
Média geral	3,31				
Número de observações	12				

TABELA 4B Análise de variância das perdas de frutos em diferentes velocidades do transportador horizontal, para a velocidade operacional de 2.000 m/h.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Velocidade transportador	3	23,875	7,958	6,006	0,0191
Erro	8	10,600	1,325		
Total corrigido	11	34,476			
CV (%)	18,78				
Média geral	6,13				
Número de observações	12				

TABELA 5B Análise de variância das perdas de frutos em diferentes velocidades do transportador horizontal, para a velocidade operacional de 2.500 m/h.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Velocidade transportador	3	47,886	15,962	5,091	0,0292
Erro	8	25,082	3,135		
Total corrigido	11	72,968			
CV (%)	18,09				
Média geral	9,78				
Número de observações	12				