



RONAN SOUZA SALES

**AJUSTE DO FREIO DOS VIBRADORES NA
COLHEITA MECANIZADA DO CAFÉ EM
LAVOURAS COM DIFERENTES MANEJOS**

LAVRAS – MG

2015

RONAN SOUZA SALES

**AJUSTE DO FREIO DOS VIBRADORES NA COLHEITA
MECANIZADA DO CAFÉ EM LAVOURAS COM DIFERENTES
MANEJOS**

Tese 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 Doutor.

Orientador

Dr. Fábio Moreira da Silva

LAVRAS - MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Sales, Ronan Souza.

Ajuste do freio dos vibradores na colheita mecanizada do café
em lavouras com diferentes manejos / Ronan Souza Sales. – Lavras :
UFLA, 2015.

87 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador: Fábio Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Mecanização. 2. Cafeeiro. 3. Desfolha. 4. Torque dos
cilindros. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

RONAN SOUZA SALES

**AJUSTE DO FREIO DOS VIBRADORES NA COLHEITA
MECANIZADA DO CAFÉ EM LAVOURAS COM DIFERENTES
MANEJOS**

Tese 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 Doutor.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2015.

Dr. Danton Diego Ferreira	UFLA
Dr. Ednilton Tavares de Andrade	UFLA
Dr. Flávio Castro da Silva	UFF
Dr. Gabriel Araújo e Silva Ferraz	UFLA

Dr. Fábio Moreira da Silva
Orientador

LAVRAS - MG

2015

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

Ao meu irmão, Alan, que mesmo distante sempre me deu força, e incentivo para a realização deste trabalho.

A minha namorada, Maryelle, pela força e incentivo nos momentos difíceis.

E a todos que têm o café como sua principal forma de sustento.

OFEREÇO E DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por me conceder mais uma vitória.

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

À 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 oferecida a mim para a realização deste trabalho.

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

Ao proprietário da Fazenda Ouro Verde, Sr. Francisco, por disponibilizar a área experimental, a colhedora e todos seus equipamentos, bem como a equipe de trabalho braçal.

Ao Sr. Gladyston que não mediu esforços para que o experimento pudesse ser realizado na Fazenda Ouro Verde.

Aos amigos Murilo, Lenon, Luiz de Gonzaga e Michel pela grande contribuição na condução e elaboração deste trabalho.

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

A todos, o meu muito obrigado!

*"Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis."*

Bertolt Brecht.

RESUMO

A colheita do café deve ser considerada como uma das operações mais importantes no sistema de produção do café, devido ao seu alto custo, grande demanda de mão de obra e impacto direto na qualidade do produto. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito da regulagem do freio dos cilindros vibradores, com base na quantificação da força que gera torque no cilindro, na eficiência de derrça. O experimento foi conduzido na Fazenda Ouro Verde, localizada no município de Campos Altos, região Oeste do estado de Minas Gerais, sendo realizado nas safras de 2011/2012 e 2012/2013, em duas épocas diferentes dentro de cada safra, bem como em duas condições de lavouras na segunda safra (lavoura esqueletada e não esqueletada) sendo a lavoura formada pela cultivar Catuaí 62 1-A. Nos ensaios, utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, em parcelas aleatórias contendo 14 plantas. Os resultados mostraram que a regulagem do freio dos cilindros vibradores tem influência direta na eficiência de derrça. Os maiores níveis de desfolha foram encontrados para a vibração de 15,83 Hz. Pode-se determinar a melhor configuração para a colhedora, em ambos os manejos da lavoura, sendo de 9 kgf de força, 1,6 km.h⁻¹ de velocidade operacional e 15,83 Hz de vibração, e também sendo possível concluir que as recomendações de regulagens das colhedoras podem ser as mesmas tanto em lavouras esqueletadas quanto em lavouras não esqueletadas.

Palavras-chave: Mecanização. Cafeeiro. Colheita/Derrça. Desfolha. Torque dos cilindros. Vibradores.

ABSTRACT

The harvest must be considered as one of the most important operations of the coffee production system due to its high cost, great demand of labor and direct impact over product quality. In this sense, the present work aimed at verifying the effect of the brake adjustment of the vibrating cylinders over the efficiency of seed dropping, based on the quantification of power that generates torque in the cylinder. The experiment was conducted at the Ouro Verde Farm, located in the municipality of Campos Altos, Western Minas Gerais, Brazil, performed during the 2011/2012 and 2012/2013 harvests, at two different periods within each harvest, as well as in two different crop conditions in the second season (with and without rejuvenation pruning), being the crop formed by the Catuai 62 1-A cultivar. In the assays, we used the randomized blocks experimental design with three replicates, in random plots containing 14 plants. The results show that the brake adjustment of the vibrating cylinders has direct influence over the efficiency of seed dropping. The highest levels of defoliation were obtained with the vibration 15.83 Hz. We can determine that the best configuration for the Harvester, in both crop conditions, is of 9 kgf of power, 1.6 km h⁻¹ of operation velocity and vibration of 15.83 Hz, also being possible to conclude that the regulation recommendations of the Harvester can be the same wither with or without rejuvenation pruning.

Keywords: Mechanization. Coffee plant. Harvest/Seed dropping. Defoliation. Cylinder Torque. Vibrators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Esquema do delineamento experimental.....	35
Figura 2	Colhedora automotriz modelo K-3 Challenger, Jacto.....	37
Figura 3	Distribuição das hastes da colhedora K-3 Challenger.....	37
Figura 4	Sistema de freio (A) Parafusos, (B) Molas e (C) Cinta de freio	39
Figura 5	Posição onde foi realizada a medida da força	40
Figura 6	Dinamômetro portátil que foi utilizado para quantificar as forças necessárias para o início do giro do cilindro	40
Figura 7	Parcela demarcada sobre panos	41
Figura 8	Obtenção do volume colhido	42
Figura 9	Obtenção do volume de café caído no chão.....	42
Figura 10	Comportamento da eficiência de derriça (%) na primeira época de 2012 para a lavoura não esqueletada	48
Figura 11	Comportamento da eficiência de derriça (%) na segunda época de 2012 para a lavoura não esqueletada	54
Figura 12	Comportamento da eficiência de derriça (%) na primeira época de 2013 para a lavoura não esqueletada	61
Figura 13	Comportamento da eficiência de derriça (%) na segunda época de 2013 para a lavoura não esqueletada	66
Figura 14	Comportamento da eficiência de derriça (%) na primeira época de 2013 para a lavoura esqueletada	72
Figura 15	Comportamento da eficiência de derriça (%) na segunda época de 2013 para a lavoura esqueletada.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Especificações técnicas da colhedora K-3 Challenger.....	38
Tabela 2	Caracterização da lavoura na primeira safra (lavoura não esqueletada)	45
Tabela 3	Análise de variância para eficiência de derriça na primeira época de 2012 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração	47
Tabela 4	Análise de variância da primeira época de 2012, lavoura não esqueletada.....	49
Tabela 5	Eficiência de derriça média e desfolha (kg.planta ⁻¹) na primeira época de 2012 na lavoura não esqueletada	51
Tabela 6	Análise de variância para eficiência de derriça na segunda época de 2012 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração	52
Tabela 7	Desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração na segunda época de 2012 na lavoura não esqueletada	53
Tabela 8	Análise de variância da segunda época de 2012, lavoura não esqueletada.....	55
Tabela 9	Eficiência de derriça média e desfolha (kg.planta ⁻¹) na segunda época de 2012 na lavoura não esqueletada	56
Tabela 10	Caracterização da lavoura na segunda safra (lavoura não esqueletada)	57
Tabela 11	Análise de variância para eficiência de derriça na primeira época de 2013 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração	59
Tabela 12	Desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração na primeira época de 2013 na lavoura não esqueletada.....	60

Tabela 13	Análise de variância da primeira época de 2013, lavoura não esqueletada.....	62
Tabela 14	Eficiência de derriça média e desfolha (kg.planta ⁻¹) na primeira época de 2013 na lavoura não esqueletada	63
Tabela 15	Análise de variância para eficiência de derriça na segunda época de 2013 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração	64
Tabela 16	Desdobramento do fator velocidade na segunda época de 2013 em lavoura não esqueletada	65
Tabela 17	Desdobramento do fator vibração na segunda época de 2013 em lavoura não esqueletada	65
Tabela 18	Análise de variância da segunda época de 2013, lavoura não esqueletada.....	67
Tabela 19	Eficiência de derriça média e desfolha (kg.planta ⁻¹) na primeira época de 2013 na lavoura não esqueletada	68
Tabela 20	Caracterização da lavoura na segunda safra (lavoura não esqueletada)	69
Tabela 21	Análise de variância para eficiência de derriça na primeira época de 2013 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração	70
Tabela 22	Desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração na primeira época de 2013 na lavoura esqueletada.....	71
Tabela 23	Análise de variância da primeira época de 2013 em lavoura esqueletada.....	73
Tabela 24	Eficiência de derriça média e desfolha (kg.planta ⁻¹) na primeira época de 2013 na lavoura esqueletada	74

Tabela 25	Análise de variância para eficiência de derrça na segunda época de 2013 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração	75
Tabela 26	Análise de variância da segunda época de 2013 em lavoura esqueletada.....	77
Tabela 27	Eficiência de derrça média e desfolha (kg.planta ⁻¹) na primeira época de 2013 na lavoura esqueletada	78
Tabela 28	Análise de variância para comparação das duas condições de lavoura na primeira época de 2013	79
Tabela 29	Análise de variância para comparação das duas condições de lavoura na primeira época de 2013	79
Tabela 30	Comparação entre as médias de eficiência de derrça nas diferentes condições de lavoura na segunda época de 2013	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Aspectos da cafeicultura Brasileira	17
3.2	O Cafeeiro	19
3.3	Podas	19
3.4	Colheita de café	21
3.5	Colheita do café por vibração	24
3.6	Regulagens e desempenho operacional das colhedoras de café	26
3.7	Ação da colhedora na lavoura cafeeira	30
4	MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1	Localização e caracterização do experimento	33
4.2	Caracterização da lavoura	36
4.3	Colhedora	36
4.4	Torque nos cilindros vibradores	38
4.5	Ensaio	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	Eficiências de derriça para a primeira safra	45
5.1.1	Análise de variância e regressão para primeira época da primeira safra	46
5.1.2	Análise de variância e regressão para a segunda época da primeira safra	51
5.1.3	Considerações sobre a primeira safra	56
5.2	Eficiências de derriça para a segunda safra na lavoura não esqueletada	57
5.2.1	Análise de variância e regressão para primeira época da segunda safra na lavoura não esqueletada	58
5.2.2	Análise de variância e regressão para a segunda época da segunda safra na lavoura não esqueletada	64
5.3	Eficiências de derriça para a segunda safra na lavoura esqueletada	69
5.3.1	Análise de variância e regressão para primeira época da segunda safra na lavoura esqueletada	69
5.3.2	Análise de variância e regressão para segunda época da segunda safra na lavoura esqueletada	75
5.4	Comparação entre a lavoura esqueletada e não esqueletada	78
5.5	Considerações sobre a segunda safra	80

6	CONCLUSÕES.....	82
	REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, os produtores rurais e, principalmente os cafeicultores, veem a necessidade de buscar maior produtividade, eficiência e eficácia na condução de lavouras, visando à redução do custo de produção. Na cafeicultura, a colheita é uma das principais operações que determinam a qualidade final do produto, sendo também responsável por grande parte do custo de produção desta cultura. Para que essa atividade seja rentável, faz-se necessário a adoção de tecnologias que proporcionem redução de custos, sendo que, uma das maneiras para se buscar esta redução é por meio da mecanização.

A mecanização da colheita do café já é uma realidade em grande parte dos cafezais do Brasil, sendo que os benefícios técnicos e econômicos se comprovam a cada safra. A mecanização possibilita ao produtor manter um padrão de colheita, que faz com que ela seja mais uniforme e evite prejuízos. Além disso, as máquinas permitem ao produtor adequar o ritmo da colheita com o da pós-colheita, o que traz benefícios financeiros e reduz os desperdícios.

A fim de se buscar uma maior eficiência das colhedoras, podem ser realizadas várias regulagens nas mesmas, tais como: velocidade operacional, vibração, quantidade e distribuição de hastes, cujas recomendações devem variar de acordo com a lavoura a ser colhida, não tendo um protocolo definido.

Outra regulagem possível de ser realizada nas colhedoras tracionadas e automotrizes é a regulagem do freio dos cilindros vibradores, que regula a força com a qual as hastes do cilindro interagem com a planta. Poucos trabalhos foram desenvolvidos buscando analisar esta regulagem normalmente feita de maneira subjetiva. Neste sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de mais estudos para avaliar a influência desta regulagem na eficiência de derriça do café.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da regulagem do freio dos cilindros vibradores, na eficiência de derriça e na desfolha causada à lavoura, com base na quantificação da força que gera o torque nos cilindros, em diferentes condições da lavoura.

2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar a regulagem do freio que gera maior eficiência de derriça para as diferentes condições de manejo da lavoura;
- b) Avaliar os níveis de desfolha em função das diferentes regulagens para as diferentes condições de manejo da lavoura;
- c) Avaliar se deve haver diferença entre as recomendações para regulagens do freio dos cilindros, em função das condições de manejo da lavoura.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos da cafeicultura Brasileira

O Brasil sempre é associado à cultura do café, cuja atividade constitui uma expressiva força econômica ao longo de toda a história da nação, devido a sua grande expressão na exportação e geração de emprego e renda, sendo um dos produtos estratégicos do país. Segundo Oliveira (2006), o desenvolvimento da cultura cafeeira em diferentes regiões do país é viável devido a sua diversidade climática e de solos.

Pedroso (2014) 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.

O mercado mundial de café é bastante dependente das safras brasileiras, e isso se deve ao fato do Brasil ser, de acordo com o Anuário... (2012), o maior produtor com 35,67% de toda a produção mundial de café e também o maior exportador com uma parcela de 34,35% de toda a exportação mundial. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2014a), a produção brasileira na safra 2014 foi de 45,35 milhões de sacas beneficiadas, sendo 7,7% inferior ao volume produzido na safra anterior, que foi de 49,15 milhões. Apesar de ser ano de alta bienalidade, quebrando a tendência de crescimento da produção que, desde a safra de 2005 vinha se observando nos ciclos de alta bienalidade. Essa redução se deve à forte estiagem verificada nos primeiros meses de 2014, às podas realizadas nos cafezais de alguns produtores e à inversão da bienalidade em algumas regiões produtoras.

Ainda de acordo com a CONAB (2014a), Minas Gerais é líder na produção cafeeira do Brasil, sendo responsável por cerca de 50% da safra total

do país. Segundo Pereira (2008), a cafeicultura se destaca como a maior atividade do setor agropecuário do estado. Dentro desse contexto, pode-se citar o Sul de Minas, destacando-se como a região maior produtora de café.

Segundo a CONAB (2014b), é oportuno destacar que o Brasil é responsável por um terço de toda a produção de café mundial, o que significa um peso muito grande no mercado global do grão. Qualquer acontecimento que ocorra internamente – positiva ou negativamente – é refletido quase que de imediato no resto do mundo. Ainda de acordo com a CONAB (2014b), o preço da *commodity* está elevado, entretanto, a expectativa de queda na colheita da safra 2014/15 está sendo considerável, o que em alguns casos chega a anular a estimativa de ganhos.

Por ser uma *commodity* e por ter seu preço atrelado ao dólar, o café 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.

Porém, segundo Silva (2004), estes podem se beneficiar com o constante aumento da tecnologia disponível para a cafeicultura, que possibilita, em condições favoráveis, a realização de todas as operações relacionadas à produção de café, reduzindo os custos de produção e aumentando, conseqüentemente, sua lucratividade, 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 o maior produtor e exportador de café.

3.2 O Cafeeiro

De acordo com Guimarães, Mendes e Souza (2002) e Thomaziello et al. (1997), o cafeeiro é um arbusto com altura que pode variar de 2,0 a 4,0 m, autógama, tronco cilíndrico, raiz pivotante profunda e muito ramificada, principalmente nas proximidades da superfície do solo. Apresenta ramos laterais primários longos e flexíveis (plagiotrópicos), contendo também ramificações secundárias e terciárias. O clima ideal é o tropical úmido, de temperaturas amenas, variando na faixa de 18 a 22 °C.

A espécie *Coffea arábica* L. foi introduzida no Brasil, no século XVII, sendo largamente plantada em diversas regiões do país e do continente americano até os dias atuais (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002; THOMAZIELLO et al., 1997).

De acordo com Matiello et al. (2002) e Pereira e Sakiyama (1999), há cerca de 100 espécies descritas do gênero *Coffea*, mas de todas estas, somente duas, a *C. arábica* L. e a *Coffea canephora* produzem frutos com importância econômica no mercado internacional. Os cafés da espécie *Coffea arábica* L. são os que produzem a bebida de melhor qualidade e, segundo estimativa realizada pela CONAB (2014a), essa espécie representa cerca de 60% da produção mundial e, no Brasil, representa 75,1%, sendo o restante da produção nacional representada pelo Conilon (*Coffea canephora*).

3.3 Podas

Segundo Thomaziello et al. (2000), a poda em cafeeiro é uma técnica utilizada para eliminar tecidos vegetativos improdutivos, podendo também ser utilizada para o controle de pragas e doenças.

De acordo com Thomaziello e Pereira (2008), pode-se definir a poda como sendo a operação que tem a finalidade principal de eliminar partes da planta que, ao longo dos ciclos, perderam ou diminuíram a capacidade produtiva, cuja possibilidade de recuperação natural seja praticamente nula. Por meio da poda, a dominância apical é suprimida como consequência da alteração do equilíbrio hormonal, havendo assim um estímulo na emissão e no desenvolvimento dos brotos a partir de gemas latentes.

Souza (1986) afirma que a poda tem sua importância diretamente relacionada com o objetivo da exploração, pois com ela pode-se melhorar o tamanho e a qualidade dos frutos, sendo possível perceber um aumento significativo do volume de cafés cereja, o que é muito importante para produtores que buscam a qualidade do café.

Existem quatro tipos diferentes de poda: o decote, o desponte, a recepa e o esqueletamento.

De acordo com Toledo Filho et al. (2000), o decote é uma poda do tronco principal, feita a uma altura variável de 1,7 a 2,2 metros, devendo ser realizada após um ano de grande produção, eliminando-se a parte superior da planta. Ainda de acordo com os autores, a eliminação da parte superior do tronco estimula o crescimento de ramos laterais, melhorando as condições vegetativas da copa do cafeeiro.

O desponte é a poda que deve ser usada para renovação e revigoramento de ramos produtivos, quando estes atingem comprimento superior a 1,20 m.

De acordo com Rena et al. (1998), a recepa é o tipo de poda mais drástica que o cafeeiro pode sofrer, pois, elimina-se 100% da parte aérea do cafeeiro, cortando as plantas a 40 cm do solo, devendo ser realizada após a colheita. Depois da recepa, deverão ser efetuadas desbrotas quando os brotos atingirem 20 a 30 cm de altura, deixando-se dois por tronco, e sempre que possível, os que estiverem no sentido do alinhamento das ruas.

De acordo com Queiroz-Voltan et al. (2006), a modalidade de poda tipo esqueletamento é uma técnica que visa a eliminação de grande parte dos ramos plagiotrópicos a cerca de 40 cm do tronco, sendo considerada uma operação relativamente drástica por reduzir grande porção da parte aérea e, conseqüentemente, do sistema radicular, que será recuperado à medida que a brotação da parte aérea se intensificar.

De acordo com Carvalho et al. (2013), para a aplicação dessa técnica, é preciso associar a utilização de cultivares adequadas com o emprego do correto manejo a fim de aumentar, em curto prazo, a produtividade de grãos em níveis bem mais elevados que o plantio em livre crescimento.

Cabe ressaltar que no caso da recepa e do esqueletamento, se não for bem conduzida, a nova brotação pode aumentar a dificuldade para a realização da derriça mecanizada dos frutos do cafeeiro, uma vez que aumenta o número de ramos, salienta-se que, até o momento, não são encontrados na bibliografia trabalhos desenvolvidos visando melhorar a eficiência de derriça em lavouras podadas.

3.4 Colheita de café

A colheita é uma operação que merece atenção, por ser uma das mais complexas e importantes no processo de produção de uma cultura, neste sentido, Silva (2004) destaca a importância da colheita do café, do ponto de vista do cafeicultor, pois é por meio dela que esse cafeicultor tira sua produção do campo e obtém o retorno dos inúmeros investimentos. Ela envolve uma série de operações, tais como arruação, derriça, varrição, recolhimento, abanação e transporte devendo ser continuamente estudadas.

Por se processar em um curto período de tempo, Silva e Salvador (1998) citam que a colheita inicia-se, de modo geral, entre os meses de abril e 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.

De acordo com Silva et al. (2009), no decorrer do processo de produção do café, uma das limitações da colheita, seja na operação mecanizada, seja na manual, é a desuniformidade de maturação dos frutos, interferindo não só na escolha do momento ideal de iniciar a colheita, mas também na qualidade do produto final, devido à presença de frutos verdes.

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 sejam adequados conforme a exigência da cultura, pois se trata de um produto em que seu preço se baseia em parâmetros qualitativos e, por isso, de nada adiantará realizar uma colheita eficiente, se os demais fatores, dentre eles os maquinários para o processamento de pós-colheita, não estiverem adequados.

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

Neste sentido, Silva (2004) afirma que o uso de colhedoras torna-se uma opção interessante, pois, em determinadas condições, essas máquinas podem realizar o trabalho de até 250 homens.

Segundo Silva (2010), os mecanismos utilizados para a realização das operações e a ordem das mesmas definem os sistemas de colheita, podendo ser

manual, semimecanizado, mecanizado ou supermecanizado, neste sentido o mesmo autor explica cada sistema da seguinte forma:

Manual: Por ser o mais utilizado, é um sistema que pode ser considerado convencional. Nele, à exceção do transporte, as diversas operações da colheita são realizadas a partir de serviços manuais, demandando uso intensivo de mão de obra.

Semimecanizado: Consiste na utilização intercalada do serviço manual e mecanizado para a execução das operações de colheita. Este sistema varia muito, de apenas uma ou até quase todas as operações realizadas mecanicamente. É um sistema que tende a crescer muito, podendo atender a pequenos e grandes cafeicultores.

Mecanizado: Neste sistema, considera-se o uso das colhedoras que realizam simultaneamente as operações de derriça, recolhimento, abanação e ensaque, ou armazenamento a granel do café colhido, sendo um sistema que se limita às propriedades com topografia favorável. Apesar de esse sistema ser chamado de mecanizado, não dispensa totalmente o uso de serviço manual, pois as máquinas não conseguem colher todos os frutos da planta. Os frutos que permanecem após a derriça mecânica são, posteriormente, retirados por meio de uma operação manual denominada “repassé”.

Supermecanizado: Sistema que surgiu a partir do ano de 2000 e consta de todas as operações da colheita feita mecanicamente, iniciando com a arruação mecanizada, seguida de duas passadas da colhedora na lavoura, fazendo colheita seletiva e dispensando a operação de repasse, finalizando com a varrição e recolhimento mecânico do café caído no chão. Este sistema também possui aplicação limitada, dependendo de boa topografia e elevado investimento inicial com máquinas.

De acordo com Silva, Miranda e Silva (2014), o Brasil dispõe atualmente da mais moderna tecnologia para mecanização da cafeicultura do

mundo, podendo atender do pequeno ao grande cafeicultor, o que coloca o país na hegemonia da produção.

3.5 Colheita do café por vibração

A colheita mecânica do café se pauta pelo princípio da vibração, em que hastes 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 cerejas, passas e secos se desprendem com vibrações mais baixas (SILVA et al., 2007).

Parchomchuk e Cooke (1971) afirmam que o desprendimento dos frutos de café ocorre quando as forças inerciais, decorrentes do movimento no fruto, tornam-se maiores do que a força de tração necessária para causar o desprendimento.

Ciro et al. (2001) afirmam que as forças inerciais geradas no tronco e nos ramos de uma planta devido a vibrações mecânicas submetem os sistemas fruto/pedúnculo a ciclos de esforços, principalmente esforços de tensão, os quais promovem um aumento do nível de tensão na união fruto/pedúnculo. Estes esforços ocasionam a ruptura e, conseqüentemente, o desprendimento dos frutos de forma individual ou em conjunto.

Do mesmo modo, Du (2012) evidencia que, juntamente às forças vibracionais, podem ser aplicados impactos como outra estratégia para derriça dos frutos, a fim de induzir uma força de desprendimento suficiente para retirá-los da planta.

Silva, F. M. et al. (2010) afirmam que a diferença da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas difere entre cultivares e ao longo do período de maturação. Ainda segundo os autores, essa diferença na força entre

os estádios de maturação verde e cereja pode ser um parâmetro para o gerenciamento da colheita.

Avelar et al. (2013) mostram em seus estudos que há uma relação inversa entre a eficiência de derriça e a força de desprendimento, ou seja, quanto menor a força de desprendimento apresentada pela lavoura maior será a eficiência de derriça mecanizada.

De acordo com Ferreira Junior (2014), a frequência natural do sistema fruto/pedúnculo pode ser obtida, a partir da modelagem desse sistema, sendo que a excitação do sistema fruto/pedúnculo, em uma de suas frequências naturais, promove grandes deslocamentos e, conseqüentemente, aumenta os níveis de tensão, possibilitando a derriça dos frutos. Outra característica importante refere-se aos estudos dos modos de vibração associados a cada frequência natural. Santos (2008) afirma que com base nos modos de vibração, que representam as configurações geométricas de deslocamento do sistema quando excitado em uma determinada frequência natural, pode-se escolher a frequência de excitação, a qual possibilitará uma maior eficiência de derriça.

De acordo com Silva et al. (2007), as dificuldades em relação à colheita mecanizada podem ser minimizadas quando a mesma se faz em lavouras que apresentam baixa força de desprendimento dos frutos, podendo, de acordo com os autores, ser citada a cultivar Mundo Novo, cujas forças de desprendimento dos frutos verdes variaram ao longo da colheita de 11,50 a 13,80 N, registrando média de 12,40 N. Por sua vez, a força de desprendimento dos frutos cereja variou de 6,80 a 10,50 N, com média de 8,10 N.

Neste sentido, Silva (2012) afirma que a oscilação da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro está relacionada com as variáveis clima, precipitação, umidade de solo e umidade dos frutos, ao longo do período de maturação. O mesmo autor ainda afirma que com o aumento da temperatura há uma tendência em haver redução da força de desprendimento.

Dentre as principais características dinâmicas utilizadas nos processos de colheita mecânica, destacam-se as frequências e amplitudes de vibrações forçadas, as quais devem ser as mais adequadas ao processo de derriça dos frutos (FERREIRA JUNIOR, 2014; GARCÍA et al., 2008; SESSIZ; ÖZCAN, 2006; SOUZA et al., 2002). Neste sentido, máquinas que utilizam o princípio da vibração para a remoção dos frutos o fazem por meio da associação adequada entre frequência e amplitude de vibração (SESSIZ; ÖZCAN, 2006).

Conforme Barbosa, Salvador e Silva (2005), dentre os equipamentos empregados na colheita de café por vibração, destacam-se as colhedoras automotrizes ou tracionadas por trator e as derriçadoras portáteis. Essas máquinas empregam hastes vibratórias na transferência de energia para o sistema fruto/pedúnculo.

Segundo Silva, F. C. et al. (2010), as hastes vibratórias utilizadas nas colhedoras automotrizes e tracionadas têm comprimento variando entre 0,45 a 0,65 m, sendo sustentadas por dois cilindros laterais que envolvem as plantas. Assim, os frutos são derriçados, sendo coletados por um conjunto de lâminas retráteis que fecham o espaço sob a saia do cafeeiro. 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.

3.6 Regulagens e desempenho operacional das colhedoras de café

A colheita mecanizada do café já é uma realidade na maioria das regiões brasileiras, e vem se consolidando a cada safra, porém, dado o seu breve desenvolvimento ainda existe muito que se estudar em relação às regulagens destas colhedoras.

Normalmente apenas três regulagens são observadas nas colhedoras, com a finalidade de se obter maior eficiência na colheita, sendo elas: a vibração das hastes, a velocidade operacional e a quantidade e distribuição de hastes vibratórias. É necessário buscar a interação entre esses fatores de modo a possibilitar uma melhor regulagem da colhedora e aumentar a eficiência da colheita em cada situação de lavoura.

Silva, Rodrigues e Salvador (1999) avaliaram o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora em lavouras 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.

Avaliando o desempenho operacional da colheita mecanizada com várias passadas da colhedora de café, Silva et al. (2000a) 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.

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. (2000) 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.

Silva et al. (2002, 2008) relataram ser possível realizar a colheita seletiva do café por meio do ajuste da vibração das hastes da colhedora entre 10,83 e 14,16 Hz, para que ocorra maior desprendimento dos frutos cereja, deixando os verdes na planta. Segundo Oliveira et al. (2007), a eficiência de colheita sofre influência direta da vibração das hastes da colhedora estudada. Segundo o autor, houve um aumento na eficiência de colheita de 29,25%, assim como de 31,12% de desfolha, comparando-se a menor e a maior vibração que, no ensaio realizado, foi de 10,83 a 15,00 Hz respectivamente. No entanto, nesse caso, não foi considerada a interação entre as variáveis relacionadas à eficiência de colheita, nem com o índice de maturação dos frutos.

Silva, F. C. et al. (2013) afirmam que uma das dificuldades encontradas pelos cafeicultores é determinar o momento adequado de iniciar a colheita, bem como determinar a vibração e a velocidade operacional mais adequada para cada cultivar ao longo do período de colheita. De acordo com Silva (2010), as maiores intensidades ou tempo de vibração aplicados ao cafeeiro influenciam diretamente o volume de frutos colhidos, mas também podem aumentar a desfolha e as lesões causadas às plantas.

Neste sentido, Silva (2010) propõe um Índice de Regulagem (I) fundamentado nos parâmetros de vibração e velocidade operacional conforme Equação 1:

$$I = \frac{\text{Vibração}}{\text{Velocidade}} \quad (1)$$

Em que:

I – índice de regulagem;

Vibração das hastes (ciclos.minuto⁻¹) e
Velocidade operacional (metros.horas⁻¹).

Ainda de acordo com o autor, o índice corresponde ao número de impactos que a copa do cafeeiro recebe das hastes por metro de deslocamento da colhedora. De acordo com o autor, o I deve estar entre 0,5 e 1,0, valores abaixo e acima destes, indicam uma regulagem inadequada, sendo que para colheita seletiva, o I deve variar de 0,5 a 0,7 e para colheita plena, deve variar de 0,8 a 1,0 sendo esta unidade de medida adimensional para que possa atender aos produtores.

Outra regulagem possível de ser realizada em colhedoras de café é o ajuste do torque dos cilindros vibradores, que regula a força com a qual as hastes vibratórias vão interagir com os ramos da planta de café. Esta regulagem até pouco tempo vinha sendo realizada de maneira subjetiva, variando-se a força até que o cilindro não girasse livremente quando se ligava o sistema de vibração da colhedora, não se tendo sequer parâmetros definidos.

Neste contexto, Sales (2011) realizou um estudo para analisar a influência desta regulagem na eficiência de derriça do café, buscando estabelecer parâmetros e uma metodologia para a quantificação desta regulagem, sendo a maior eficiência de derriça obtida com regulagens de 42,89 N.m de torque nos cilindros, velocidade operacional de 1,6 km.h⁻¹ e vibração de 15,83 Hz.

Ao estudarem a eficiência de derriça na colheita mecanizada do café e utilizando uma regulagem de torque dos cilindros vibradores, considerada convencional, e vibração de 15,83 Hz, Sales e Silva (2009) encontraram eficiências médias de 89,9% para a velocidade operacional de 1,0 km.h⁻¹, de 90,6 % para a velocidade operacional de 1,6 km.h⁻¹ e de 84,2% para a velocidade operacional de 2,0 km.h⁻¹, concluindo, em seu trabalho, que as

velocidades de 1,0 e 1,6 km.h⁻¹ apresentam maior eficiência de derriça do que a velocidade operacional de 2,0 km.h⁻¹.

Silva, F. M. et al. (2013) avaliaram durante quatro safras consecutivas a colheita mecanizada (plena e seletiva) e o manual do café obtendo como conclusões que a produtividade acumulada das safras foi significativa em favor da colheita mecanizada com média de 28,14 l.planta⁻¹ para a colheita seletiva, 26,87 l.planta⁻¹ para a colheita plena, contra 25,00 l.planta⁻¹ da colheita manual e também que a maior eficiência de derriça foi alcançada com 15,83 Hz de vibração e 1,6 km.h⁻¹ de velocidade operacional.

3.7 Ação da colhedora na lavoura cafeeira

Um dos principais danos causados ao cafeeiro pela ação de colhedoras, segundo Bartholo e Guimarães (1997), é a desfolha. Os mesmos autores afirmam que com a desfolha, a planta produzirá menos no ano seguinte, uma vez que utilizará suas reservas para a recomposição da vegetação e, por conseguinte, terá uma menor frutificação. A ocorrência frequente de tal fato proporcionará estresse à planta e redução de sua longevidade.

Silva, F. M. et al. (2010) observaram relação inversa entre a produtividade e a desfolha do cafeeiro após a colheita manual por metodologia de análise estatística e geoestatística.

Com a evolução das colhedoras e do conhecimento de regulagens de vibração e velocidade, atualmente, segundo Silva et al. (2000), a desfolha causada pela colheita mecanizada é menor que na colheita manual. Os mesmos autores concluíram que, com apenas uma passada da colhedora, a desfolha foi menor que na colheita manual e que, com duas passadas, a desfolha média foi de 0,657 kg.planta⁻¹, equiparando-se à desfolha na colheita manual, com média de 0,640 kg.planta⁻¹, considerando o ano safra de 2000.

Silva et al. (2001) realizou estudos para avaliar a colheita de café totalmente mecanizada chegando a uma eficiência de 90,8% com duas passadas da colhedora e observaram uma desfolha de $0,540 \text{ kg.planta}^{-1}$ sendo menor que a desfolha causada na derriça manual dos frutos.

Em um estudo sobre a influência da colheita mecanizada na produtividade do cafeeiro, Silva (2004) concluiu que, com uma ou duas passadas da colhedora, não há influência na produtividade da lavoura, contudo ainda é preciso considerar que a agressão causada nos ramos aumenta o número de brotos ortotrópicos (brotos “ladrões” não produtivos) que, com duas passadas da colhedora é maior, devido ao maior tempo de exposição à vibração sofrida pela planta.

Souza, Silva e Alves (2008) estudaram a produtividade e a desfolha ocasionada pela colheita manual, nos anos de 2005 e 2006, e observaram que as desfolhas foram de 0,75 e 0,83 kg.planta^{-1} para o ano de 2005 e 2006 respectivamente.

Silva, F. M. et al. (2010) acompanharam a desfolha das plantas causada pela colheita manual por três anos consecutivos e apresentaram valores máximos de $0,9 \text{ kg.planta}^{-1}$ em 2005, $0,8 \text{ kg.planta}^{-1}$ em 2006 e $0,56 \text{ kg.planta}^{-1}$ em 2007, sendo estes valores superiores a maioria dos trabalhos apresentados que levam em consideração a derriça mecanizada dos frutos.

No trabalho apresentado por Sales (2011), os maiores níveis de desfolha foram encontrados na velocidade de $1,0 \text{ km.h}^{-1}$ e torque de 53,61 e 64,33 N.m nas duas épocas avaliadas.

Mesmo apresentando desfolha superior em alguns trabalhos, a colheita mecanizada traz mais benefícios do que prejuízos. Entre estes benefícios, podem-se citar a redução do custo de produção, a melhoria do desempenho operacional de colheita e a possibilidade de se fazer colheita seletiva.

Justificando-se desta forma o emprego de colhedoras no processo produtivo de uma propriedade cafeeira (SILVA, 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização do experimento

O experimento de campo foi conduzido na fazenda Ouro Verde, situada no município de Campos Altos, região Oeste do estado de Minas Gerais, com altitude média de 1.230 m, latitude de 19°40'38" S e longitude de 46°12'33" W de Greenwich. A precipitação média anual é de 1.504 mm e a temperatura média anual é de 20,4 °C, classificado de acordo com Köppen como Cwa (tropical de altitude).

Os ensaios referentes à regulação do freio foram realizados nas safras de 2011/2012 e 2012/2013, sendo realizado em duas épocas diferentes dentro de cada safra. Na primeira safra, foram coletados dados entre os dias 09 e 11 de julho de 2012 (período considerado como meio de safra na região) e nos dias 27 e 28 de agosto de 2012 (considerado final de safra na região). Na segunda safra os ensaios foram realizados entre os dias 13 e 16 de agosto de 2013, (meio de safra) e nos dias 17 e 19 de setembro de 2014 (final de safra). Salienta-se que neste ano ocorreu um atraso na maturação dos frutos na região em função de fatores climáticos.

A lavoura utilizada para a condução do experimento encontrava-se em uma área de 3 ha de cafeeiro da cultivar Catuaí 62 1-A, transplantados no ano 2000. O espaçamento era de 3,5 metros entre linhas e 0,5 metros entre plantas, com um estande de 5.714 plantas.ha⁻¹. A declividade média da área era de menos de 1%. Deve ser ressaltado que a lavoura encontrava-se com plantas uniformes possibilitando uma boa condução do experimento.

A lavoura encontrava-se com linhas podadas (esqueletadas) de maneira intercalada, sendo uma linha de plantas esqueletada e outra não, esqueletamento este que ocorreu em 22 de outubro de 2011, sendo assim, na primeira safra, os

ensaios foram conduzidos apenas nas linhas do cafeeiro que não se encontravam esqueletadas, pois as ruas podadas não apresentavam produção de frutos. Na segunda safra, os ensaios ocorreram nas linhas esqueletadas e não esqueletadas a fim de se verificar a influência das regulagens na eficiência de derriça dos frutos, uma vez que as plantas esqueletadas apresentam maior número de ramos plagiotrópicos podendo assim dificultar a operação de derriça mecanizada dos frutos.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. O experimento ocorreu em faixas com esquema fatorial 2x2 nas colunas, sendo duas vibrações 12,5 e 15,83 Hz, (750 e 950 ciclos.min⁻¹ respectivamente) e duas velocidades operacionais 1,0 e 1,6 km.h⁻¹, sendo estes parâmetros de vibração e velocidade determinados em função da bibliografia encontrada para regulagens de colhedoras de café. Foram alocadas quatro regulagens da força que ocasiona o torque no cilindro vibrador, sendo estas 6; 8; 10 e 12 kgf de força necessária para girar o cilindro. Cada unidade experimental continha 14 plantas, conforme esquema mostrado na Figura 1.

BLOCO 1							
FORÇA	Tratamentos						
	VEL./VIB.		VEL./VIB.		VEL./VIB.		VEL./VIB.
F=6 kgf	1,6/15,83	Bordadura	1,0/12,5	Bordadura	1,6/12,5	Bordadura	1,0/15,83
F=10 kgf	1,6/15,83		1,0/12,5		1,6/12,5		1,0/15,83
F=8 kgf	1,6/15,83		1,0/12,5		1,6/12,5		1,0/15,83
F=12 kgf	1,6/15,83		1,0/12,5		1,6/12,5		1,0/15,83
BLOCO 2							
F=12kgf	1,6/12,5	Bordadura	1,0/15,83	Bordadura	1,6/15,83	Bordadura	1,0/12,5
F=6kgf	1,6/12,5		1,0/15,83		1,6/15,83		1,0/12,5
F=10 kgf	1,6/12,5		1,0/15,83		1,6/15,83		1,0/12,5
F=8kgf	1,6/12,5		1,0/15,83		1,6/15,83		1,0/12,5
BLOCO 3							
F=10kgf	1,0/15,83	Bordadura	1,0/12,5	Bordadura	1,6/12,5	Bordadura	1,6/15,83
F=12kgf	1,0/15,83		1,0/12,5		1,6/12,5		1,6/15,83
F=8kgf	1,0/15,83		1,0/12,5		1,6/12,5		1,6/15,83
F=6kgf	1,0/15,83		1,0/12,5		1,6/12,5		1,6/15,83

Figura 1 Esquema do delineamento experimental

Nota: VEL. = Velocidade (km.h⁻¹) e VIB. = Vibração (Hz).

O delineamento foi desenvolvido desta forma, uma vez que não é possível alterar a regulagem do freio do cilindro, enquanto a colhedora estiver deslocando na rua do cafeeiro. Já a velocidade e a vibração foram possíveis de serem ajustadas dentro da mesma linha necessitando apenas de uma bordadura entre cada parcela a fim de se estabilizar a nova regulagem.

Os dados levantados em campo foram tabulados utilizando-se planilhas eletrônicas e para avaliação estatística foi utilizado o programa computacional, Sisvar® (FERREIRA, 1999).

Em relação à análise estatística, Bezerra Neto, Nunes e Negreiros (2002) afirmam que o uso indiscriminado desses testes pode resultar em perda de informação e eficiência reduzida quando procedimentos mais adequados estão

disponíveis, neste sentido para as análises das eficiências de derricha, realizou-se a análise de variância com o teste F e, para desdobramento de velocidade e vibração, utilizou-se o teste de Tukey, com nível de 5% de significância e, para o desdobramento da força, utilizou-se de regressão polinomial de segundo grau.

4.2 Caracterização da lavoura

Anteriormente ao início dos ensaios, em cada época das safras de 2011/2012 e 2012/2013, foi avaliada a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, a carga pendente média das plantas e a porcentagem de frutos verdes, cerejas e boias (passas e secos), sendo estas avaliações realizadas momentos antes da realização da colheita mecanizada.

Para se avaliar a força de desprendimento, foi utilizada a metodologia proposta por Avelar et al. (2013), sendo utilizado para esta quantificação um dinamômetro portátil, sendo avaliada em Newton.

A carga pendente foi avaliada de acordo com Avelar et al. (2013), colhendo-se totalmente os frutos de cinco plantas (parcela) e medindo-se o volume dos frutos em uma medida graduada de um litro. A porcentagem de maturação foi determinada retirando-se uma amostra de 0,5 L da massa de frutos, utilizando-se uma medida graduada de 1 L e posteriormente sendo contabilizados o número de frutos verdes cerejas e boias.

4.3 Colhedora

Em todas as avaliações, foi utilizada a colhedora modelo K-3 Challenger (Figura 2), fabricada pela empresa “Jacto Máquinas Agrícolas S.A”.



Figura 2 Colhedora automotriz modelo K-3 Challenger, Jacto

A Figura 3 mostra a distribuição das hastes vibratórias da colhedora K-3 Challenger, que realizam a derrida dos frutos por impacto direto das hastes ou por vibração dos ramos.



Figura 3 Distribuição das hastes da colhedora K-3 Challenger

Na Tabela 1, encontram-se as especificações técnicas referentes à colhedora K-3 Challenger que foi utilizada nos ensaios.

Tabela 1 Especificações técnicas da colhedora K-3 Challenger

Altura máxima (Cabine)	4,95 m
Altura mínima	4,55 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 4 cilindros
Velocidade de trabalho	0,7 a 2,0km.h ⁻¹
Velocidade de transporte	Até 15 km.h ⁻¹
Declividade máxima do terreno	10 %

Fonte: Jacto S/A.

4.4 Torque nos cilindros vibradores

Segundo o manual do fabricante da colhedora, a regulagem do freio dos cilindros vibradores é realizada através da pressão exercida por molas que se prendem a uma cinta que envolve a parte superior do cilindro, cuja finalidade é ajustar a interação entre as hastes vibratórias e as plantas. A Figura 4 apresenta os mecanismos utilizados na realização desta regulagem. Deve ser ressaltado que esta regulagem é realizada de maneira independente para cada cilindro, pois cada cilindro possui a sua respectiva cinta de freio.



Figura 4 Sistema de freio (A) Parafusos, (B) Molas e (C) Cinta de freio

De acordo com Sales (2011), a regulagem do freio dos cilindros vibradores é realizada através da quantificação do torque. Para variar este torque, deve-se apertar ou desapertar os parafusos apresentados nas Figura 4A, Figura 4B e Figura 4C, acrescentando ou retirando pressão nas molas presas à cinta de freio, ao mesmo tempo outra pessoa fica próxima aos cilindros, exercendo uma força sobre as hastes até que o cilindro gire. A mesma operação é realizada para o outro cilindro, buscando-se deixar ambos os lados com a mesma regulagem, devendo esta operação ser realizada com a máquina parada e com o sistema de vibração da colhedora desligado. Ainda sendo atualmente realizada de maneira subjetiva.

No presente estudo, foi adotada para se realizar esta regulagem a metodologia proposta por Sales (2011), descrita a seguir:

A medida da força necessária para o início do giro do cilindro foi realizada no terceiro jogo de hastes, contados a partir da parte inferior do cilindro e a 0,45 m (distância esta escolhida em função da variação do comprimento das hastes) da parte externa do cilindro como mostrado na Figura 5, sendo o diâmetro do cilindro de 0,193 m.



Figura 5 Posição onde foi realizada a medida da força

Para quantificar esta força foi utilizado um dinamômetro digital portátil modelo DD-500, fabricado pela Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda. (Figura 6).



Figura 6 Dinamômetro portátil que foi utilizado para quantificar as forças necessárias para o início do giro do cilindro

Nas avaliações, também foram utilizadas as forças propostas por Sales (2011), sendo elas 6; 8; 10 e 12 kgf, que ocasionam torques de 32,17; 42,89; 53,61 e 64,33 N.m, respectivamente, a partir do centro do cilindro.

4.5 Ensaio

Para verificar a quantidade de frutos que a colhedora não consegue recolher para o seu sistema durante o processo de colheita, ficando assim caídos no chão (perdas) e a desfolha ocasionada na derrça mecânica dos frutos, os ensaios foram realizados com uma passada da colhedora, sempre no mesmo sentido de deslocamento e tendo o chão coberto por panos colocados em cada lado da linha do cafeeiro, em todas as parcelas, como mostra a Figura 7.



Figura 7 Parcela demarcada sobre panos

Para a coleta dos volumes derrçados e recolhidos pela colhedora, foi utilizada uma medida graduada de 60 litros, sendo este volume coletado

diretamente na saída do sistema de transporte e limpeza dos frutos como pode ser observado na Figura 8.



Figura 8 Obtenção do volume colhido

Para quantificar o volume da perda de frutos, foi utilizado um recipiente graduado com volume de 1 litro (Figura 9).



Figura 9 Obtenção do volume de café caído no chão

Posteriormente à passagem da colhedora em cada parcela, foi realizado o “repasso” (mensuração da quantidade de frutos que permanecem nas plantas após a passagem da colhedora) em três plantas, escolhidas aleatoriamente dentro da parcela, utilizando-se novamente o volume graduado de 1 litro.

O volume total de frutos por planta em cada parcela foi calculado por meio da Equação 2.

$$VTF = \frac{Vdr + Vdc}{a} + \frac{Rp}{b} \quad (2)$$

Em que:

VTF – volume total de frutos, l.planta⁻¹;

Vdr – volume derriçado e recolhido pela colhedora, L;

Vdc – volume derriçado pela colhedora caído no chão, L.

Rp – volume derriçado manualmente após a passagem da colhedora, L;

a – número de plantas por parcela (foram adotadas 14 plantas);

b – número de plantas repassadas manualmente por parcela (foram adotadas três plantas).

A eficiência de derriça foi calculada pela Equação 3.

$$E(\%) = \frac{VTD}{CPM} * 100 \quad (3)$$

Em que:

E – eficiência de derriça, %;

VTD – volume total derriçado em cada parcela, l.planta⁻¹ (Equação 4);

CPM – Carga pendente média obtida em cada época dos ensaios, l.planta⁻¹.

O volume total derricho em cada parcela foi calculado pela Equação 4:

$$VTD(\%) = \frac{Vdr + Vdc}{a} \quad (4)$$

A carga pendente média em cada época foi calculada como a média de todas as parcelas do ensaio.

Para mensuração da desfolha, sendo esta quantificada em massa de ramos e folhas extraídas da planta durante o processo de derricha, foi utilizado um dinamômetro portátil, pesando as amostras obtidas.

Para a realização da análise dos dados levantados em campo, foram utilizadas planilhas eletrônicas e para a avaliação estatística foi utilizado o programa computacional Sisvar® (FERREIRA, 1999), sendo utilizado o teste F e posteriormente o teste de Scott-Knott, com nível de significância de 5%, teste este escolhido em função do número elevado de tratamento presente no experimento. De acordo com Ferreira, Muniz e Aquino (1999) este teste apresenta uma alternativa aos pesquisadores que lidam com a ambiguidade dos resultados de outros procedimentos de comparações múltiplas e, ainda de acordo com os autores, este teste proporciona uma diferenciação clara dos melhores tratamentos, por eliminar a ambiguidade, a qual se constitui em um complicador adicional para a interpretação e para a tomada de decisões em outros tipos de testes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, os resultados se encontram divididos em duas subseções: primeira e segunda safra, sendo cada uma das safras subdivididas em primeira e segunda época. Na primeira safra, os dados apresentados referem-se à lavoura não esqueletada e, na segunda safra, os dados também foram divididos em lavoura não esqueletada e lavoura esqueletada.

5.1 Eficiências de derriça para a primeira safra

Os ensaios referentes à primeira safra foram realizados entre os dias 09 e 11 de julho (primeira época) e entre os dias 27 e 28 de agosto de 2012 (segunda época). As informações referentes à caracterização da lavoura em relação à primeira safra encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 Caracterização da lavoura na primeira safra (lavoura não esqueletada)

Parâmetro	Primeira época	Segunda época
Carga pendente (l.planta ⁻¹)	4,4	1,9
Frutos verdes (%)	18,8	12,5
Frutos cerejas (%)	73,1	23,1
Frutos boias (%)	8,1	64,4
Força de desprendimento dos frutos verdes (N)	9,01	4,19
Força de desprendimento dos frutos cerejas (N)	5,53	2,54

Nota-se que ocorreu uma oscilação nas características da lavoura em relação ao meio e fim de safra, podendo ser destacada a variação na força de desprendimento que, de acordo com Silva et al. (2007), pode ser um fator utilizado no gerenciamento da colheita, podendo ser acrescentado a esta característica, de acordo com Avelar et al. (2013), que quanto menor a força de desprendimento apresentada pela lavoura maior será a eficiência de derriça

mecanizada. Pode ser observada também a maior porcentagem de frutos cerejas e secos na segunda época, fato este que ocorre em função do maior tempo de permanência do fruto na planta, o que pode facilitar a remoção dos frutos na colheita mecanizada.

5.1.1 Análise de variância e regressão para primeira época da primeira safra

Na Tabela 3, encontram-se os resultados da eficiência de derricha na primeira época de 2012, evidenciando que os parâmetros força, velocidade, vibração, interação entre velocidade e vibração e interação tripla entre força, velocidade e vibração foram significativos, a 5%, pelo teste de Tukey. Ou seja, houve diferença significativa em relação a cada um dos parâmetros avaliados isoladamente, na interação entre a velocidade e a vibração e na interação tripla entre eles, já as demais fontes de variação não apresentaram diferença significativa, bem como suas possíveis interações. Salienta-se ainda que os coeficientes de variação apresentaram valores baixos em função de a lavoura apresentar plantas uniformes com estágio de maturação recomendado para a realização da colheita mecanizada, o que possibilitou a boa condução do experimento, sendo este um dos fatores que levaram o experimento como um todo, a apresentar baixos coeficientes de variação, pois quanto maior a desuniformidade da lavoura maior seria o coeficiente de variação.

Tabela 3 Análise de variância para eficiência de derrça na primeira época de 2012 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	Pr>F. C.
Força (F)	3	280,221	93,406	75,328	0,000*
Bloco (B)	2	0,035	0,018		
Erro 1	6	7,440	1,240		
Velocidade (V)	1	2,475	2,475	15,337	0,008*
Vibração (Vi)	1	523,380	523,380	3242,975	0,000*
V*Vi	1	3,797	3,797	23,526	0,003*
Erro 2	6	0,968	0,161		
F*V	3	7,482	2,494	1,962	0,156 ^{ns}
F*Vi	3	1,547	0,516	0,406	0,751 ^{ns}
F*V*Vi	3	33,074	11,025	8,672	0,001*
Erro 3	18	22,883	1,271		
Total Corrigido	47	883,303			
CV 1 (%) = 1,39 CV 2 (%) = 0,50 CV 3 (%) = 1,41					
Média geral: 79,87		Número de observações: 48			

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo CV= coeficiente de variação

Para a análise do desdobramento, foram confeccionadas as curvas de regressão apresentadas na Figura 10, utilizando-se as eficiências de derrça. Pode-se notar em relação às curvas, a superioridade para a vibração de 15,83 Hz, em que para uma mesma regulagem de força e velocidade operacional a eficiência de derrça se mostra sempre superior à vibração de 12,5 Hz, fato este que corrobora com os resultados encontrados por Oliveira et al. (2007), que afirmam que o aumento da eficiência de derrça está relacionado ao aumento da vibração. Pode-se notar que as maiores eficiências são encontradas entre as forças de 8 e 10 kgf. Esta superioridade pode ser explicada, de acordo com Ferreira Júnior (2014), pelo maior deslocamento vertical apresentado pelas hastes vibratórias nestas regulagens, sendo esses valores inferiores aos encontrados em campo que podem chegar até 30 kgf (relatos de profissionais da área) o que possivelmente causa maior injúria às plantas e também gera uma

maior quebra de hastes, sendo necessário sua substituição, gerando assim um maior custo e não tendo influência positiva na eficiência de derriça.

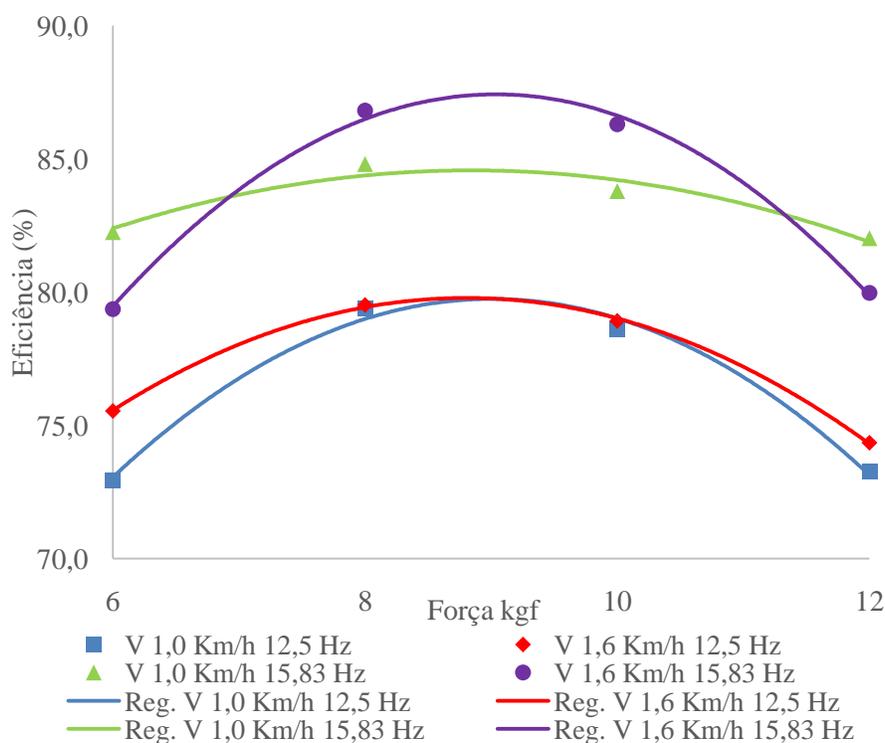


Figura 10 Comportamento da eficiência de derriça (%) na primeira época de 2012 para a lavoura não esqueletada

As Equações 4, 5, 6 e 7 representam, respectivamente, as estimativas de eficiências de derriças em função da força para as configurações: $1,0 \text{ km.h}^{-1}/12,5 \text{ Hz}$; $1,6 \text{ km.h}^{-1}/12,5 \text{ Hz}$; $1,0 \text{ km.h}^{-1}/15,83 \text{ Hz}$ e $1,6 \text{ km.h}^{-1}/15,83 \text{ Hz}$.

$$\hat{y}_1 = -0,5349 x^2 + 9,4193x + 38,314 (R^2 = 98,96\%) \quad (4)$$

$$\hat{y}_2 = -0,7386x^2 + 13,308x + 19,805 (R^2 = 99,9\%) \quad (5)$$

$$\hat{y}_3 = -0,2696 x^2 + 4,768x + 63,492 (R^2 = 92,32\%) \quad (6)$$

$$\hat{y}_4 = -0,861x^2 + 15,563x + 17,094 \quad (R^2 = 99,53\%) \quad (7)$$

Em que:

y = eficiência estimada (%) e

x = parâmetro de força (kgf).

Os pontos de máxima eficiência foram 9,01; 8,80; 8,84 e 9,04 kgf, respectivamente, para as equações 4; 5; 6 e 7. Nestas condições, a configuração da colhedora que apresenta maior eficiência de derriça é 1,6 km.h⁻¹; 15,83 Hz e 9,04 kgf de força que apresenta uma eficiência estimada de 87,4%. Mesmo o valor de força encontrado não tendo sido analisado em campo, ele está entre os valores de 8 e 10 kgf citados por Sales et al. (2014) como sendo os mais eficientes.

A fim de analisar a desfolha na primeira época de 2012, procedeu-se a análise de variância cujos dados podem ser observados na Tabela 4. Nota-se que os diferentes tratamentos apresentam diferença significativa, a 5%, pelo teste de Scott-Knott. Ou seja, a variação entre os parâmetros analisados influencia o nível de desfolha causado à planta.

Tabela 4 Análise de variância da primeira época de 2012, lavoura não esqueletada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR>F. C.
Tratamento (T)	15	0,112	0,007	12,619	0,000*
Bloco (B)	2	0,002	0,001	1,398	0,263 ^{ns}
Erro	30	0,018	0,001		
Total Corrigido	47	0,131			
CV (%) = 5,30					
Média geral: 0,46		Número de observações: 48			

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação

Para que fosse possível analisar e interpretar dos dados, em relação a desfolha é apresentado na Tabela 5 os valores médios referentes à eficiência de derriça para as diferentes regulagens de força nas diferentes velocidades operacionais e frequências de vibração na primeira época de 2012. Percebe-se que os maiores níveis de desfolha ocorreram nas forças de 8 e 10 kgf e que em ambas as velocidades operacionais, os maiores níveis ocorreram na vibração de 15,83 Hz, sendo que nas configurações em que as mesmas forças e velocidades operacionais são mantidas, variando apenas a vibração para 12,5 Hz, a desfolha reduz, porém também reduzindo a eficiência de derriça, podendo assim ser identificado uma relação direta entre a eficiência de derriça e desfolha. Deve-se ainda salientar que os valores encontrados são inferiores a $0,64 \text{ kg.planta}^{-1}$ que, de acordo com Silva et al. (2000), é a média da desfolha causada pela colheita manual.

Tabela 5 Eficiência de derrça média e desfolha (kg.planta^{-1}) na primeira época de 2012 na lavoura não esqueletada

Força (kgf)	Velocidade (km h^{-1})	Vibração (Hz)	Eficiência (%)	Desfolha (kg.planta^{-1})
6	1,0	12,5	72,93	0,46C
6	1,0	15,83	82,25	0,48C
6	1,6	12,5	75,54	0,40A
6	1,6	15,83	79,37	0,48C
8	1,0	12,5	79,40	0,40A
8	1,0	15,83	84,80	0,55D
8	1,6	12,5	79,53	0,43B
8	1,6	15,83	86,81	0,51D
10	1,0	12,5	78,62	0,43B
10	1,0	15,83	83,79	0,52D
10	1,6	12,5	78,92	0,39A
10	1,6	15,83	86,30	0,50D
12	1,0	12,5	73,27	0,48C
12	1,0	15,83	82,02	0,48C
12	1,6	12,5	74,35	0,39A
12	1,6	15,83	79,97	0,46C

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.1.2 Análise de variância e regressão para a segunda época da primeira safra

Na Tabela 6, encontram-se os resultados da eficiência de derrça na segunda época de 2012. Entre as interações duplas, somente foi significativa a interação entre a velocidade e a vibração a 5%, pelo teste de Tukey. Este fato pode ter ocorrido em função do estágio mais avançado de maturação dos frutos o que facilita o processo de derrça mecânica uma vez que foi constatada uma menor força de desprendimento dos frutos na segunda época.

Tabela 6 Análise de variância para eficiência de derrça na segunda época de 2012 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	Pr>F. C.
Força (F)	3	50,121	16,707	3,788	0,078 ^{ns}
Bloco (B)	2	2,389	1,194		
Erro 1	6	26,461	4,410		
Velocidade (V)	1	40,150	40,150	225,933	0,000*
Vibração (Vi)	1	148,755	148,755	837,075	0,000*
V*Vi	1	6,380	6,380	35,903	0,001*
Erro 2	6	1,066	0,178		
F*V	3	0,804	0,268	0,267	0,849 ^{ns}
F*Vi	3	5,032	1,677	1,669	0,209 ^{ns}
F*V*Vi	3	0,224	0,075	0,074	0,973 ^{ns}
Erro 3	18	18,090	1,005		
Total Corrigido	47	299,473			

CV 1 (%) = 2,23 CV 2 (%) = 0,45 CV 3 (%) = 1,07
Média geral: 94,08 Número de observações: 48

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo CV= coeficiente de variação.

A Tabela 7 apresenta o desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Pode-se verificar a influência direta entre a velocidade e a vibração na eficiência de derrça, sendo evidenciada a superioridade da velocidade de 1,6 km.h⁻¹ e a vibração de 15,83 Hz, mostrando que estas regulagens podem ser recomendadas quando se deseja realizar uma colheita plena, sendo estes resultados semelhantes aos encontrados por Oliveira et al. (2007).

Tabela 7 Desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração na segunda época de 2012 na lavoura não esqueletada

Velocidade (km.h ⁻¹)	Vibração (Hz)	
	12,5	15,83
1,0	91,05Aa	95,29Ab
1,6	93,59Ba	96,39Bb

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, a letra maiúscula corresponde à mesma coluna, a letra minúscula corresponde à mesma linha.

Foram confeccionadas as curvas de regressão apresentadas na Figura 11 afim de se verificar tendências em relação à força. Pode-se notar que, semelhante ao ocorrido na primeira época, as curvas para a vibração de 15,83 Hz são superiores à vibração de 12,5 Hz. Em relação às forças, percebe-se uma tendência entre todas as configurações, da maior eficiência de derriça estar entre as forças de 8 e 10 kgf, sendo semelhante aos resultados encontrados por Sales et al. (2014), reafirmando os resultados encontrados na primeira época.

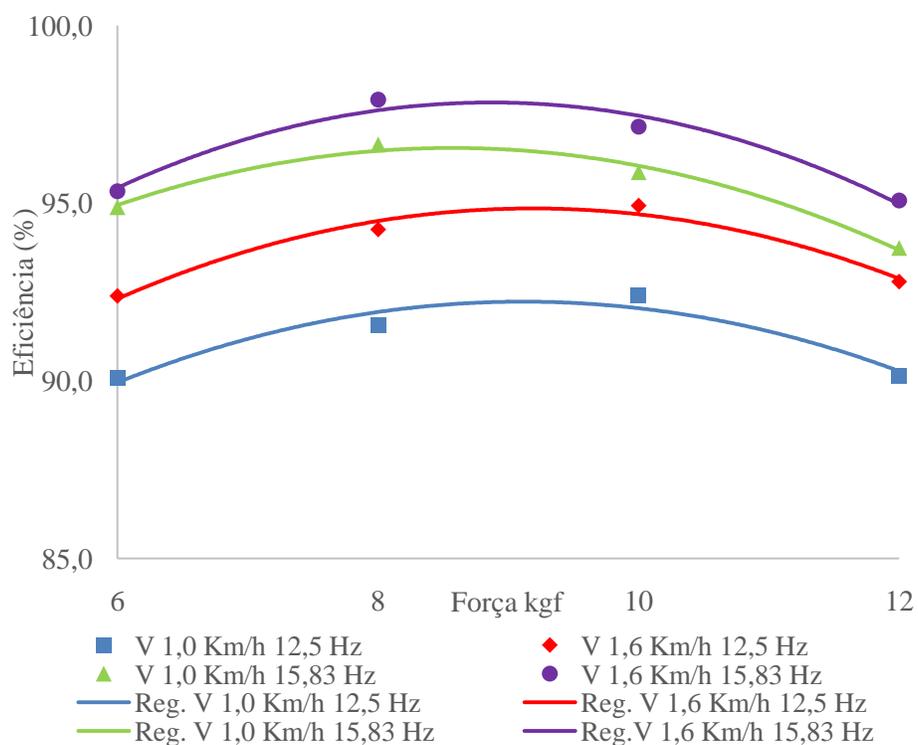


Figura 11 Comportamento da eficiência de derriça (%) na segunda época de 2012 para a lavoura não esqueletada

As Equações 8, 9, 10 e 11 representam, respectivamente, as estimativas de eficiências de derriças em função da força para as configurações: 1,0 km.h⁻¹/12,5 Hz; 1,6 km.h⁻¹/12,5 Hz; 1,0 km.h⁻¹/15,83 Hz e 1,6 km.h⁻¹/15,83 Hz, nesta época.

$$\hat{y}_1 = -0,2348x^2 + 4,2795x + 72,728 \quad (R^2 = 92,07\%) \quad (8)$$

$$\hat{y}_2 = -0,2508x^2 + 4,6089x + 73,681 \quad (R^2 = 96,94\%) \quad (9)$$

$$\hat{y}_3 = -0,2437x^2 + 4,1754x + 78,669 \quad (R^2 = 98,55\%) \quad (10)$$

$$\hat{y}_4 = -0,2911x^2 + 5,1636x + 74,934 \quad (R^2 = 96,47\%) \quad (11)$$

Os pontos de máxima eficiência foram 9,01; 9,19; 8,57 e 8,87 kgf respectivamente para as Equações 8; 9; 10 e 11. Nestas condições, a configuração da colhedora que apresenta maior eficiência de derrça é 1,6 km.h⁻¹, 15,83 Hz e 8,87 kgf de força que apresenta uma eficiência estimada de 97,83%, sendo que com este valor de eficiência o produtor poderá optar por não realizar a operação de repasse na lavoura devido à pequena quantidade de frutos remanescentes na planta após a passagem da colhedora.

Em relação à desfolha na segunda época de 2012, pode ser observado na Tabela 8 em relação à análise de variância, que, semelhante ao ocorrido na primeira época, os tratamentos apresentam diferença significativa, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 8 Análise de variância da segunda época de 2012, lavoura não esqueletada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR>F. C.
Tratamento (T)	15	0,203	0,014	11,084	0,000*
Bloco (B)	2	0,001	0,001	0,073	0,930 ^{ns}
Erro	30	0,037	0,001		
Total Corrigido	47	0,240			
CV (%) = 8,19					
Média geral: 0,4270833			Número de observações: 48		

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação.

A Tabela 9 apresenta os valores médios referentes à eficiência de derrça para as diferentes regulagens de força nas diferentes velocidades operacionais e frequências de vibração, bem como a análise da desfolha na segunda época de 2012, em que, semelhante ao ocorrido na primeira época, as forças de 8 e 10 kgf na vibração de 15,83 Hz apresentaram médias de eficiência superiores as demais configurações. Pode ser também observado, em relação à desfolha, que os maiores níveis nesta época ocorreram com a vibração de 15,83 Hz e velocidade

de 1,0 km.h⁻¹, fato este que se dá pela planta receber vibração por mais tempo, uma vez que com uma velocidade menor, o tempo para passar por uma planta é maior. Porém os valores encontrados para a desfolha mecanizada não superam os valores encontrados por Souza, Silva e Alves (2008), sendo estes 0,75 e 0,83 kg.planta⁻¹ para o ano de 2005 e 2006 respectivamente.

Tabela 9 Eficiência de derrça média e desfolha (kg.planta⁻¹) na segunda época de 2012 na lavoura não esqueletada

Força (kgf)	Velocidade (km h ⁻¹)	Vibração (Hz)	Eficiência (%)	Desfolha (kg.planta ⁻¹)
6	1,0	12,5	90,08	0,40B
6	1,0	15,83	94,89	0,56D
6	1,6	12,5	92,39	0,39B
6	1,6	15,83	95,34	0,49C
8	1,0	12,5	91,56	0,39B
8	1,0	15,83	96,65	0,52D
8	1,6	12,5	94,26	0,39B
8	1,6	15,83	97,91	0,43B
10	1,0	12,5	92,42	0,46C
10	1,0	15,83	95,88	0,43B
10	1,6	12,5	94,94	0,41B
10	1,6	15,83	97,16	0,44B
12	1,0	12,5	90,15	0,34A
12	1,0	15,83	93,74	0,51D
12	1,6	12,5	92,80	0,33A
12	1,6	15,83	95,08	0,34A

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.1.3 Considerações sobre a primeira safra

Com base nas análises anteriores, pode ser observada uma tendência que evidencia a melhor regulagem da força estando entre 8 e 10 kgf, sofrendo pequenas variações em torno de 9 kgf, valor este que mesmo não sendo experimentado em campo, tende em função das configurações aplicadas à

colhedora, apresentar maior eficiência de derrça para todas as configurações de velocidades e vibrações analisadas.

Em relação à velocidade operacional e vibração, notou-se a superioridade de $1,6 \text{ km.h}^{-1}$, sendo este fato já relatado em outros trabalhos, bem como a superioridade da vibração de 15,83 Hz encontrada nesta primeira safra já era esperada em função de outros trabalhos encontrados na literatura.

Ao se analisar a desfolha encontrada nesta safra observa-se que os níveis são superiores para a vibração de 15,83 Hz, porém estes valores não inviabilizam a colheita mecanizada.

Diante destes fatores pode-se chegar à configuração ideal para a colhedora realizar a derrça dos frutos em ambas as épocas, sendo esta 9 kgf de força, velocidade operacional de $1,6 \text{ km.h}^{-1}$ e vibração de 15,83 Hz. Salienta-se que a força de 9 kgf foi determinada em função da dificuldade de precisão na quantificação da força.

5.2 Eficiências de derrça para a segunda safra na lavoura não esqueletada

Os ensaios referentes à segunda safra foram realizados entre os dias 13 e 16 de agosto (primeira época) e entre os dias 17 e 19 de setembro de 2013 (segunda época). As informações referentes à caracterização da lavoura em relação à segunda safra encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 Caracterização da lavoura na segunda safra (lavoura não esqueletada)

Parâmetro	Primeira época	Segunda época
Carga pendente ($1.\text{planta}^{-1}$)	7,1	5,1
Frutos verdes (%)	7,4	2,6
Frutos cerejas (%)	72,5	16,2
Frutos boias (%)	20,2	81,2
Força de desprendimento dos frutos verdes (N)	5,2	3,8
Força de desprendimento dos frutos cerejas (N)	2,6	1,5

Nota-se que novamente ocorreu uma oscilação nas características da lavoura em relação ao meio e fim de safra, podendo ser destacada a variação na força de desprendimento que, de acordo com Silva et al. (2007), pode ser um fator utilizado no gerenciamento da colheita, podendo ser acrescentado a esta característica, de acordo com Avelar et al. (2013), que quanto menor a força de desprendimento apresentada pela lavoura maior será a eficiência de derriça mecanizada. Pode ser observada também a maior porcentagem de frutos cerejas e secos na segunda época, fato esse que ocorre em função do tempo maior de permanência do fruto na planta, o que pode facilitar a remoção dos frutos na colheita mecanizada.

5.2.1 Análise de variância e regressão para primeira época da segunda safra na lavoura não esqueletada

Na Tabela 11, encontram-se os resultados da análise de variância para a eficiência de derriça na primeira época de 2013, tendo nesta situação os parâmetros força, velocidade, vibração, interação entre velocidade e vibração e interação entre força e vibração apresentado diferença significativa a 5%, pelo teste de Tukey. Já as demais fontes de variação não apresentaram diferença significativa, o que mostra a influência de cada fator separadamente na eficiência de derriça uma vez que todos os fatores analisados separadamente apresentaram diferença significativa entre suas variáveis.

Tabela 11 Análise de variância para eficiência de derrça na primeira época de 2013 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	Pr>F. C.
Força (F)	3	130,430	43,4769	49,324	0,000*
Bloco (B)	2	4,396	2,198		
Erro 1	6	5,289	0,881		
Velocidade (V)	1	8,085	8,085	14,169	0,009*
Vibração (Vi)	1	543,380	543,380	952,254	0,000*
V*Vi	1	137,025	137,025	240,132	0,000*
Erro 2	6	3,424	0,571		
F*V	3	2,511	0,837	0,609	0,618 ^{ns}
F*Vi	3	27,489	9,163	6,664	0,003*
F*V*Vi	3	2,007	0,669	0,487	0,696 ^{ns}
Erro 3	18	24,751	1,375		
Total Corrigido	47	888,788			
CV 1 (%) = 1,17 CV 2 (%) = 0,94 CV 3 (%) = 1,46					
Média geral: 80,50		Número de observações: 48			

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação.

A Tabela 12 apresenta o desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Pode ser constatada novamente a influência da vibração na eficiência de derrça, sendo verificada a superioridade da vibração de 15,83 Hz. Em relação à velocidade, notou-se que, para a vibração de 12,5 Hz, a velocidade de 1,0 km.h⁻¹ foi superior.

Tabela 12 Desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração na primeira época de 2013 na lavoura não esqueletada

Velocidade (km.h ⁻¹)	Vibração (Hz)	
	12,5	15,83
1,0	79,24Ba	82,59Ab
1,6	75,04Aa	85,15Bb

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, a letra maiúscula corresponde à mesma coluna, a letra minúscula corresponde à mesma linha.

As curvas de regressão são apresentadas na Figura 12 afim de se realizar uma melhor interpretação dos resultados. Pode-se notar em relação às curvas novamente a superioridade para a vibração de 15,83 Hz em relação a 12,5 Hz. Também pode ser verificada a inversão na superioridade da eficiência em relação à vibração de 12,5 Hz em que a velocidade de 1,0 km.h⁻¹ se mostra superior à velocidade de 1,6 km.h⁻¹, no teste de Tukey. Esse fato pode ser explicado em função do Índice de Regulagem (I) proposto por Silva (2010), em que com a velocidade de 1,6 km.h⁻¹, o resultado do índice seria 0,47 que, de acordo com o autor, não deve ser utilizado na colheita nessa situação, devendo então ser aumentada a frequência de vibração, fato este comprovado, pois com o aumento da vibração para 15,83 Hz a velocidade de 1,6 km.h⁻¹ volta a apresentar maior eficiência de derriça.

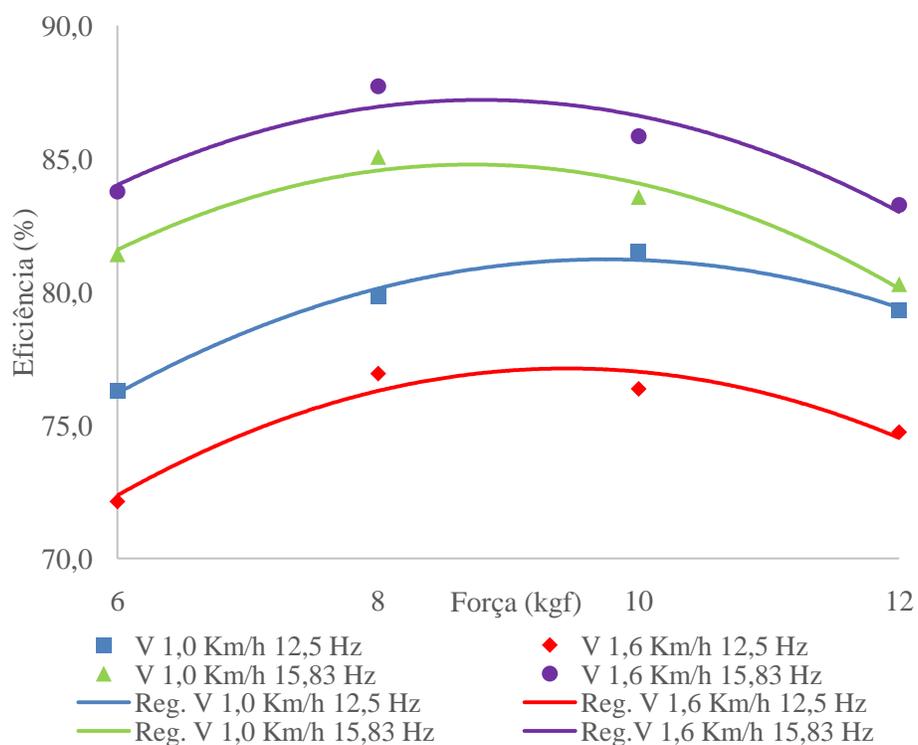


Figura 12 Comportamento da eficiência de derrça (%) na primeira época de 2013 para a lavoura não esqueletada

As Equações 12, 13, 14 e 15 representam respectivamente as estimativas de eficiências de derrças em função da força, para as configurações: 1,0 km.h⁻¹/12,5 Hz; 1,6 km.h⁻¹/12,5 Hz; 1,0 km.h⁻¹/15,83 Hz e 1,6 km.h⁻¹/15,83 Hz.

$$\hat{y}_1 = -0,3577x^2 + 6,9754x + 47,228 \quad (R^2 = 98,56\%) \quad (12)$$

$$\hat{y}_2 = -0,401x^2 + 7,5784x + 41,328 \quad (R^2 = 93,22\%) \quad (13)$$

$$\hat{y}_3 = -0,4328x^2 + 7,5487x + 51,875x^2 \quad (R^2 = 95,82\%) \quad (14)$$

$$\hat{y}_4 = -0,4089x^2 + 7,192x + 55,592 \quad (R^2 = 89,52\%) \quad (15)$$

Os pontos cuja máxima eficiência seria encontrada em cada uma das curvas foram 9,75; 9,45; 8,72 e 8,79 kgf, respectivamente, para as Equações 12; 13; 14 e 15. Nestas condições, a configuração da colhedora que apresenta maior eficiência de derriça é 1,6 km.h⁻¹/15,83 Hz e 8,79 kgf de força cuja eficiência estimada é de 87,22 %. Valor este semelhante ao encontrado na primeira época da primeira safra, também na lavoura não esqueletada, evidenciando mais uma vez que o parâmetro ideal para a regulagem da força está próximo a 9 kgf.

A análise de variância em relação à desfolha na primeira época de 2013 podem ser observada na Tabela 13. Nota-se que novamente os diferentes tratamentos apresentaram diferença significativa, a 5%, pelo teste de Scott-Knott, evidenciando novamente que as diferentes regulagens da colhedora podem influenciar nos danos causados à lavoura.

Tabela 13 Análise de variância da primeira época de 2013, lavoura não esqueletada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR>F. C.
Tratamento (T)	15	1,970	0,131	41,564	0,000*
Bloco (B)	2	0,001	0,001	0,034	0,966 ^{ns}
Erro	30	0,095	0,003		
Total Corrigido	47	2,065			
CV (%) = 10,11					
Média geral: 0,5558333		Número de observações: 48			

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação.

A Tabela 14 apresenta a análise da desfolha bem como os valores médios referentes à eficiência de derriça para as diferentes regulagens de força nas diferentes velocidades operacionais e frequências de vibração na primeira época de 2013 na lavoura não esqueletada. Pode ser notado novamente a influência da vibração no nível de desfolha pois semelhante ao ocorrido nas duas épocas de 2012, os maiores níveis de desfolha ocorreram na vibração de 15,83

Hz, fato este que, de acordo com Oliveira et al. (2007), pode ser reflexo da maior intensidade de vibração causada pela ação das hastes durante o processo de derriça dos frutos, porém novamente os valores encontrados são semelhantes aos valores encontrados por Silva et al. (2000) e abaixo dos encontrados por Souza, Silva e Alves (2008), em relação a desfolha na colheita manual e sendo reforçado por Silva (2004) que afirma que a colheita mecanizada representa mais benefícios ao produtor que prejuízos. Pode também ser notado que as forças de 8 e 10 kgf apresentam valores de eficiência de derriça superiores aos demais sendo este resultado semelhante ao encontrado por Sales (2011).

Tabela 14 Eficiência de derriça média e desfolha (kg.planta^{-1}) na primeira época de 2013 na lavoura não esqueletada

Força (kgf)	Velocidade (km h^{-1})	Vibração (Hz)	Eficiência (%)	Desfolha (kg.planta^{-1})
6	1,0	12,5	76,30	0,38A
6	1,0	15,83	81,42	0,64C
6	1,6	12,5	72,15	0,36A
6	1,6	15,83	83,77	0,54B
8	1,0	12,5	78,93	0,44A
8	1,0	15,83	85,07	0,62C
8	1,6	12,5	76,94	0,46A
8	1,6	15,83	87,77	0,53B
10	1,0	12,5	81,51	0,44A
10	1,0	15,83	83,57	0,69C
10	1,6	12,5	76,36	0,45A
10	1,6	15,83	85,85	0,60C
12	1,0	12,5	79,32	0,42A
12	1,0	15,83	80,30	0,62C
12	1,6	12,5	74,74	0,45A
12	1,6	15,83	83,27	0,55B

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Como as interações não foram significativas, procede-se os testes de média para os fatores isoladamente. A Tabela 16 apresenta o desdobramento do fator velocidade, na qual se pode notar a superioridade da velocidade de $1,6 \text{ km.h}^{-1}$, fato este já observado por Oliveira et al. (2007) e Sales (2011).

Tabela 16 Desdobramento do fator velocidade na segunda época de 2013 em lavoura não esqueletada

Velocidade (km.h^{-1})	Médias de eficiência (%)
1,0	89,30A
1,6	91,17B

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 17, são apresentados os valores médios do desdobramento do fator vibração. Semelhante ao ocorrido nas demais épocas e já sendo esperado, a vibração de 15,83 Hz é superior à vibração de 12,5 Hz

Tabela 17 Desdobramento do fator vibração na segunda época de 2013 em lavoura não esqueletada

Vibração (Hz)	Médias de eficiência (%)
12,5	88,92A
15,83	91,55B

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para análise do fator força, foram confeccionadas as curvas de regressão, que estão apresentadas na Figura 13, afim de se verificar tendências para a melhor regulagem. Pode-se confirmar a superioridade da vibração de 15,83 Hz e a velocidade de $1,6 \text{ km.h}^{-1}$. Em relação às forças, novamente percebe-se a tendência, entre todas as configurações, de que a maior eficiência de derriça

pode ser encontrada entre as forças 8 e 10 kgf, sendo semelhante aos resultados encontrados por Sales (2011).

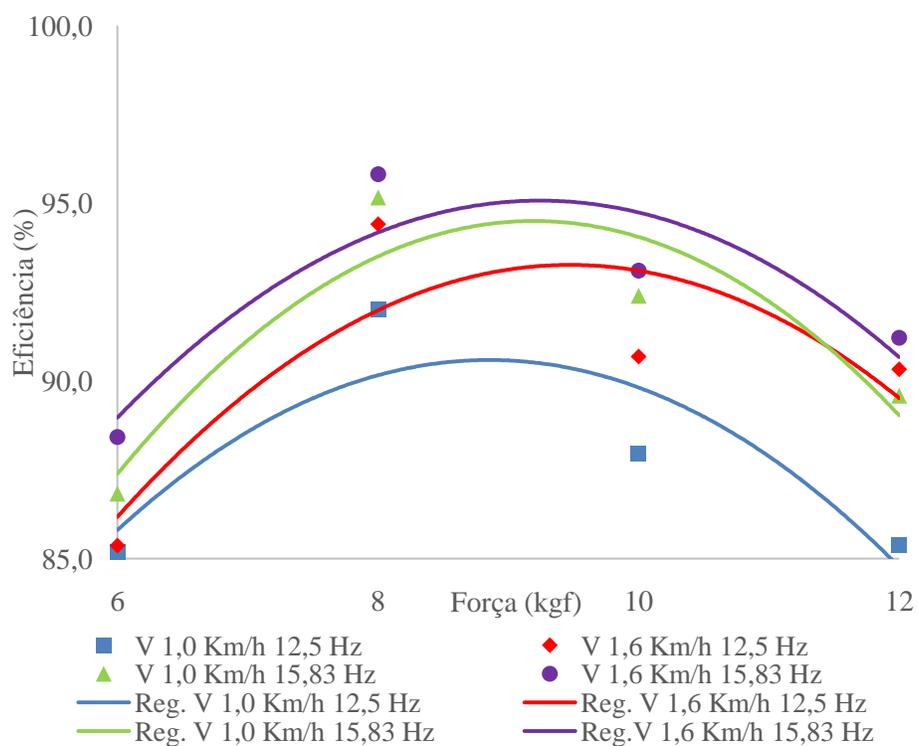


Figura 13 Comportamento da eficiência de derriça (%) na segunda época de 2013 para a lavoura não esqueletada

As Equações 16, 17, 18 e 19 representam respectivamente as estimativas de eficiências de derriças em função da força, para as configurações: 1,0 km.h⁻¹/12,5 Hz; 1,6 km.h⁻¹/12,5 Hz; 1,0 km.h⁻¹/15,83 Hz e 1,6 km.h⁻¹/15,83 Hz, todas analisadas nesta época.

$$\hat{y}_1 = -0,5881x^2 + 10,414x + 44,493 \quad (R^2 = 74,72\%) \quad (16)$$

$$\hat{y}_2 = -0,5876x^2 + 11,135x + 40,524 \quad (R^2 = 68,56\%) \quad (17)$$

$$\hat{y}_3 = -0,6967x^2 + 12,815x + 35,577 \quad (R^2 = 84,16\%) \quad (18)$$

$$\hat{y}_4 = -0,5811x^2 + 10,743x + 45,43 \quad (R^2 = 79,49\%) \quad (19)$$

Os pontos de máxima eficiência foram 8,85; 9,47; 9,20 e 9,24 kgf, respectivamente, para as Equações 16; 17; 18 e 19. Nestas condições, a configuração da colhedora que em teoria apresentaria maior eficiência de derriça é 1,6 km.h⁻¹, 15,83 Hz e 9,24 kgf, cuja eficiência estimada é de 95,08%.

A desfolha na segunda época de 2013 pode ser observada na Tabela 18. Em relação à análise de variância, esta apresenta, semelhante ao ocorrido na primeira época dos tratamentos, diferença significativa, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 18 Análise de variância da segunda época de 2013, lavoura não esqueletada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR>F. C.
Tratamento (T)	15	0,947	0,063	22,923	0,000*
Bloco (B)	2	0,005	0,003	0,920	0,409 ^{ns}
Erro	30	0,083	0,003		
Total Corrigido	47	1,034			
CV (%) = 10,74					
Média geral: 0,489			Número de observações: 48		

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo CV= coeficiente de variação.

Os dados referentes à análise da desfolha, bem como os valores médios referentes à eficiência de derriça para as diferentes regulagens de força nas diferentes velocidades operacionais e frequências de vibração na segunda época de 2013 na lavoura não esqueletada, são apresentados na Tabela 19. Pode-se notar que o maior nível de desfolha, nesta época, ocorreu com a vibração de 15,83 Hz e velocidade de 1,0 km.h⁻¹ e força de 8 kgf, sendo este fato explicado

pelo maior tempo de exposição de uma mesma planta à vibração, devido à relativa baixa velocidade operacional e alto índice de vibração, valor este semelhante aos encontrados por Souza, Silva e Alves (2008). Em relação às eficiências de derriça semelhante ao ocorrido na primeira época, pode-se notar que os valores médios encontrados para a força de 8 kgf, são superiores aos demais, mais uma vez corroborando com os resultados encontrados por Sales (2011), mostrando que mesmo em estágios avançados de maturação, a regulagem do freio do cilindro vibrador deve ser levada em consideração para uma regulagem adequada da colhedora.

Tabela 19 Eficiência de derriça média e desfolha (kg.planta^{-1}) na primeira época de 2013 na lavoura não esqueletada

Força (kgf)	Velocidade (km h^{-1})	Vibração (Hz)	Eficiência (%)	Desfolha (kg.planta^{-1})
6	1,0	12,5	85,18	0,48B
6	1,0	15,83	86,33	0,41A
6	1,6	12,5	85,37	0,34A
6	1,6	15,83	88,43	0,35A
8	1,0	12,5	92,02	0,45B
8	1,0	15,83	95,17	0,84D
8	1,6	12,5	94,41	0,60C
8	1,6	15,83	95,83	0,54B
10	1,0	12,5	87,96	0,34A
10	1,0	15,83	92,40	0,62C
10	1,6	12,5	90,69	0,36A
10	1,6	15,83	93,11	0,48B
12	1,0	12,5	85,39	0,41A
12	1,0	15,83	89,59	0,54B
12	1,6	12,5	90,33	0,42A
12	1,6	15,83	91,22	0,46B

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.3 Eficiências de derrixa para a segunda safra na lavoura esqueletada

Os ensaios referentes à segunda safra na lavoura esqueletada ocorreram entre os dias 13 e 16 de agosto (primeira época) e entre os dias 17 e 19 de setembro de 2013 (segunda época). As informações referentes à caracterização da lavoura em relação à segunda safra encontram-se na Tabela 20.

Tabela 20 Caracterização da lavoura na segunda safra (lavoura não esqueletada)

Parâmetro	Primeira época	Segunda época
Carga pendente (l.planta ⁻¹)	6,8	6,1
Frutos verdes (%)	9,9	4,8
Frutos cerejas (%)	65,8	22,6
Frutos boias (%)	24,3	72,7
Força de desprendimento dos frutos verdes (N)	5,5	4,6
Força de desprendimento dos frutos cerejas (N)	3,7	1,3

Semelhante ao ocorrido na lavoura esqueletada, pode ser destacada a variação na força de desprendimento semelhante aos resultados encontrados por Silva (2012) que afirma que está oscilação é relacionada com as variáveis clima, precipitação, umidade de solo e umidade dos frutos, ao longo do período de maturação. Percebe-se também que a carga pendente sofreu uma menor alteração em função da época e colheita, fato este que pode estar relacionado ao esqueletamento, pois através desta prática pode-se obter o mesmo padrão para todas as plantas o que pode levar à redução da variação da carga pendente.

5.3.1 Análise de variância e regressão para primeira época da segunda safra na lavoura esqueletada

Na Tabela 21, encontram-se os resultados da análise de variância para a eficiência de derrixa na primeira época de 2013, tendo nesta situação os

parâmetros força, velocidade, vibração, interação entre velocidade e vibração e interação entre força e vibração apresentado diferença significativa a 5%, pelo teste de Tukey. Já as demais fontes de variação não apresentaram diferença significativa. Pode-se ainda salientar que a poda (esqueletamento) torna a lavoura ainda mais uniforme, o que possibilita que o coeficiente de variação do experimento se mantenha baixo.

Tabela 21 Análise de variância para eficiência de derriça na primeira época de 2013 sob diferentes condicionamentos de força, velocidades e vibração

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	Pr>F. C.
Força (F)	3	202,260	67,420	39,547	0,000*
Bloco (B)	2	1,433	0,716		
Erro 1	6	10,229	1,705		
Velocidade (V)	1	3,968	3,968	8,681	0,026*
Vibração (Vi)	1	1447,603	1447,603	3167,526	0,000*
V*Vi	1	24,941	24,941	54,573	0,000*
Erro 2	6	2,742	0,457		
F*V	3	10,843	3,614	1,921	0,162 ^{ns}
F*Vi	3	7,417	2,472	1,314	0,301 ^{ns}
F*V*Vi	3	0,923	0,308	0,163	0,920 ^{ns}
Erro 3	18	33,870	1,882		
Total Corrigido	47	1746,227			
CV 1 (%) = 1,07 CV 2 (%) = 1,16 CV 3 (%) = 1,24					
Média geral: 90,235		Número de observações: 48			

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação.

A Tabela 22 apresenta o desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Pode-se verificar novamente a influência da vibração na eficiência de derriça sendo verificada a superioridade da vibração de 15,83 Hz, pode-se afirmar também que mesmo não apresentando diferença significativa nesta regulagem a velocidade

de $1,6 \text{ km.h}^{-1}$, pode apresentar uma capacidade de campo da colhedora superior à velocidade de $1,0 \text{ km.h}^{-1}$, e neste sentido, deve ser esta a velocidade operacional recomendada para a utilização de colhedoras em ambas as vibrações estudadas, resultados estes semelhantes aos encontrados por Sales et al. (2014).

Tabela 22 Desdobramento da interação entre a velocidade e a vibração na primeira época de 2013 na lavoura esqueletada

Velocidade (km.h^{-1})	Vibração (Hz)	
	12,5	15,83
1,0	74,13Aa	85,65Ab
1,6	76,15Ba	86,55Ab

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, a letra maiúscula corresponde à mesma coluna, a letra minúscula corresponde à mesma linha.

Semelhante ao ocorrido na lavoura esqueletada, foram confeccionadas as curvas de regressão apresentadas na Figura 14. Pode ser observada a superioridade para a vibração de 15,83 Hz, em relação a 12,5 Hz evidenciada pelo teste de Tukey. Também semelhante à lavoura esqueletada, observa-se para a vibração de 12,5 Hz, que a velocidade de $1,0 \text{ km.h}^{-1}$ tende a ser superior à velocidade de $1,6 \text{ km.h}^{-1}$, fato este que novamente pode ser explicado em função do Índice de Regulagem (I) proposto por Silva (2010), tendo ainda nesta parte da lavoura, em função do esqueletamento, um maior número de ramos plagiotrópicos que dificulta a derriça mecânica, sendo assim necessário para este nível de vibração, um maior tempo de exposição da planta, fato que não ocorre para a vibração de 15,83 Hz.

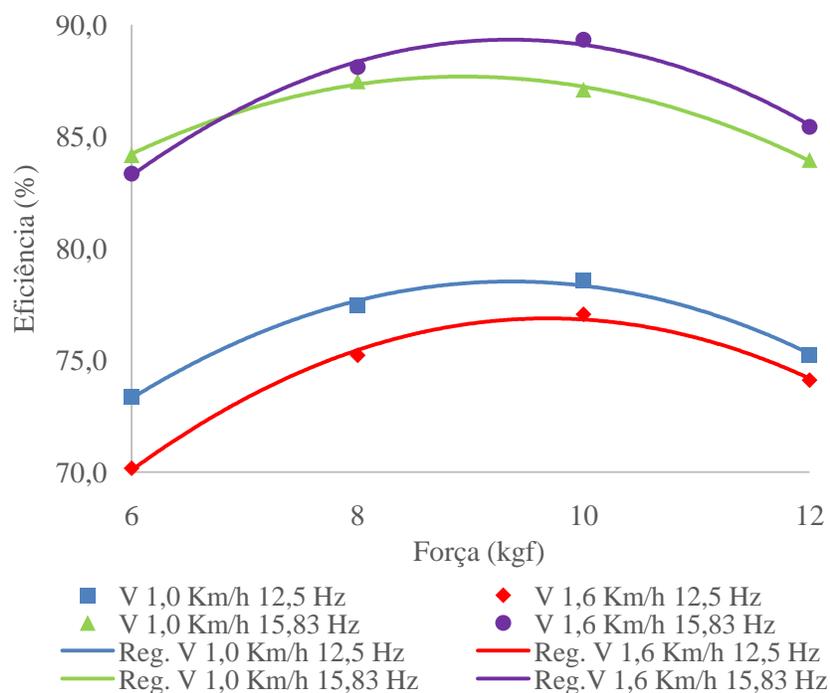


Figura 14 Comportamento da eficiência de derricha (%) na primeira época de 2013 para a lavoura esqueletada

As Equações 20, 21, 22 e 23 representam, respectivamente, as estimativas de eficiências de derrichas em função da força, para as configurações: $1,0 \text{ km.h}^{-1}/12,5 \text{ Hz}$; $1,6 \text{ km.h}^{-1}/12,5 \text{ Hz}$; $1,0 \text{ km.h}^{-1}/15,83 \text{ Hz}$ e $1,6 \text{ km.h}^{-1}/15,83 \text{ Hz}$, nesta época.

$$\hat{y}_1 = -0,4628x^2 + 8,664x + 37,977 \quad (R^2 = 99,31\%) \quad (20)$$

$$\hat{y}_2 = -0,4995x^2 + 9,6731x + 30,038 \quad (R^2 = 99,52\%) \quad (21)$$

$$\hat{y}_3 = -0,4023x^2 + 7,1884x + 55,574 \quad (R^2 = 99,60\%) \quad (22)$$

$$\hat{y}_4 = -0,5419x^2 + 10,132x + 41,981 \quad (R^2 = 99,43\%) \quad (23)$$

Os pontos cuja máxima eficiência seria encontrada em cada uma das curvas foram 9,36; 9,68; 8,83 e 9,35 kgf, respectivamente para as Equações 20; 21; 22 e 23. Nestas condições, a configuração da colhedora que apresenta maior eficiência de derriça é $1,6 \text{ km.h}^{-1}$, 15,83 Hz e 9,35 kgf de força que apresenta uma eficiência estimada de 89,34%, valor este que também se encontra próximo a 9 Kfg, sendo semelhante ao encontrado na lavoura não esqueletada, evidenciando mais uma vez que mesmo não sendo este valor testado em campo, parece ser o ideal para a regulagem da força, tanto em lavouras “normais” quanto em lavouras esqueletadas.

A análise de variância em relação à desfolha na primeira época de 2013 na lavoura esqueletada pode ser observada na Tabela 23. Nota-se que semelhante ao ocorrido na lavoura não esqueletada, os diferentes tratamentos apresentaram diferença significativa, a 5%, pelo teste de Scott-Knott, evidenciando que as diferentes regulagens da colhedora podem influenciar nos danos causados à lavoura.

Tabela 23 Análise de variância da primeira época de 2013 em lavoura esqueletada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR>F. C.
Tratamento (T)	15	0,548	0,037	9,862	0,000*
Bloco (B)	2	0,006	0,003	0,854	0,436 ^{ns}
Erro	30	0,111	0,004		
Total Corrigido	47	0,666			
CV (%) = 10,69					
Média geral: 0,57		Número de observações: 48			

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação.

A Tabela 24 apresenta a análise da desfolha bem como os valores médios referentes à eficiência de derriça para as diferentes regulagens de força nas diferentes velocidades operacionais e frequências de vibração na primeira

época de 2013 na lavoura esqueletada. Semelhante à lavoura não esqueletada, os maiores níveis de desfolha acontecem na vibração de 15,83 Hz, fato este que novamente é semelhante também aos encontrados por Oliveira et al. (2007). Neste caso os níveis de desfolha encontrados para algumas configurações são superiores aos encontrados por Silva et al. (2000), porém de acordo com Silva (2004), mesmo apresentando níveis de desfolha superiores em alguns trabalhos, a colheita mecanizada representa mais benefícios ao produtor que prejuízos. Os valores encontrados na lavoura esqueletada são superiores aos encontrados na lavoura não esqueletada, fato este que se pode explicar em função do maior número de ramos presentes na planta. Em relação às eficiências, mais uma vez as forças de 8 e 10 kgf se mostram superiores as demais.

Tabela 24 Eficiência de derrixa média e desfolha (kg.planta^{-1}) na primeira época de 2013 na lavoura esqueletada

Força (kgf)	Velocidade (km h^{-1})	Vibração (Hz)	Eficiência (%)	Desfolha (kg.planta^{-1})
6	1,0	12,5	73,37	0,44A
6	1,0	15,83	84,18	0,66C
6	1,6	12,5	70,17	0,39A
6	1,6	15,83	83,34	0,58B
8	1,0	12,5	77,44	0,46A
8	1,0	15,83	87,47	0,64C
8	1,6	12,5	75,22	0,43A
8	1,6	15,83	88,11	0,53B
10	1,0	12,5	78,56	0,55B
10	1,0	15,83	87,10	0,75D
10	1,6	12,5	77,06	0,52B
10	1,6	15,83	89,34	0,71D
12	1,0	12,5	75,22	0,56B
12	1,0	15,83	83,96	0,73D
12	1,6	12,5	74,12	0,55B
12	1,6	15,83	85,44	0,62C

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

entre todas as configurações da maior eficiência de derriça se encontrar entre as forças de 8 e 10 kgf, corroborando com os resultados encontrados por Sales (2011).

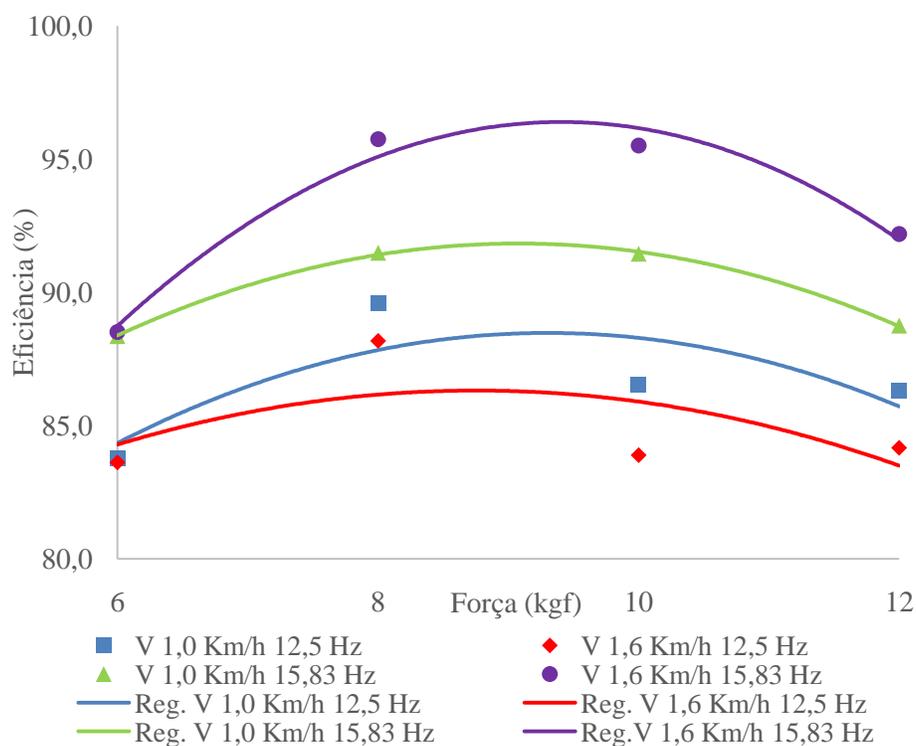


Figura 15 Comportamento da eficiência de derriça (%) na segunda época de 2013 para a lavoura esqueletada

As Equações 24, 25, 26 e 27 representam respectivamente as estimativas de eficiências de derriças em função da força, para as configurações: 1,0 km.h⁻¹/12,5 Hz; 1,6 km.h⁻¹/12,5 Hz; 1,0 km.h⁻¹/15,83 Hz e 1,6 km.h⁻¹/15,83 Hz, nesta época.

$$\hat{y}_1 = -0,3782x^2 + 7,036x + 55,755 \quad (R^2 = 59,46\%) \quad (24)$$

$$\hat{y}_2 = -0,2677x^2 + 4,6867x + 65,81 \quad (R^2 = 35,52\%) \quad (25)$$

$$\hat{y}_3 = -0,6967x^2 + 12,815x + 35,577 \quad (R^2 = 84,16\%) \quad (26)$$

$$\hat{y}_4 = -0,6597x^2 + 12,413x + 38,008 \quad (R^2 = 97,22\%) \quad (27)$$

Os pontos de máxima eficiência foram 9,30; 8,75; 9,08 e 9,41 kgf respectivamente para as Equações 24; 25; 26 e 27. Nestas condições, a configuração da colhedora que em teoria apresentaria maior eficiência de derriça é $1,6 \text{ km.h}^{-1}$, 15,83 Hz e 9,41 kgf, cuja eficiência é estimada em 96,40%.

A Tabela 26 apresenta os valores referentes à análise de variância para a desfolha na segunda época de 2013 na lavoura esqueletada. Semelhante ao ocorrido nas demais etapas, os tratamentos apresentam diferença significativa, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 26 Análise de variância da segunda época de 2013 em lavoura esqueletada

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR>F. C.
Tratamento (T)	15	0,128031	0,008535	7,223	0,0000*
Bloco (B)	2	0,003217	0,001608	1,361	0,2718 ^{ns}
Erro	30	0,035450	0,001182		
Total Corrigido	47	0,166698			
CV (%) = 6,92					
Média geral: 0,50		Número de observações: 48			

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação.

Os dados referentes à análise da desfolha bem como os valores médios referentes à eficiência de derriça, para as diferentes regulagens de força nas diferentes velocidades operacionais e frequências de vibração na segunda época de 2013 na lavoura esqueletada, são apresentados na Tabela 27. Semelhante ao ocorrido nas demais épocas, os maiores níveis de desfolha acontecem na

vibração de 15,83 Hz, porém sendo inferiores aos valores encontrados por Silva et al. (2000), mostrando assim que a colheita mecanizada pode ser realizada com baixos níveis de danos à lavoura e certamente trazendo mais benefícios que prejuízos aos produtores. Em relação às médias de eficiência, percebe-se que semelhante ao ocorrido nos demais finais de safra quando as médias aumentam, fato este que se dá pela diminuição da força de desprendimento e do estágio mais avançado de maturação dos frutos o que facilita o processo de derriça.

Tabela 27 Eficiência de derriça média e desfolha (kg.planta^{-1}) na primeira época de 2013 na lavoura esqueletada

Força (kgf)	Velocidade (km h^{-1})	Vibração (Hz)	Eficiência (%)	Desfolha (kg.planta^{-1})
6	1,0	12,5	83,77	0,47A
6	1,0	15,83	89,36	0,60B
6	1,6	12,5	83,62	0,47A
6	1,6	15,83	88,52	0,47A
8	1,0	12,5	89,61	0,50A
8	1,0	15,83	91,49	0,55B
8	1,6	12,5	88,18	0,54B
8	1,6	15,83	95,75	0,54B
10	1,0	12,5	86,52	0,49A
10	1,0	15,83	91,45	0,55B
10	1,6	12,5	83,90	0,46A
10	1,6	15,83	95,51	0,46A
12	1,0	12,5	86,31	0,39A
12	1,0	15,83	88,76	0,54B
12	1,6	12,5	84,17	0,45A
12	1,6	15,83	92,19	0,45A

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.4 Comparação entre a lavoura esqueletada e não esqueletada

Afim de verificar se há diferença estatística em relação à eficiência de derriça na lavoura esqueletada e não esqueletada, foi realizado o teste de Tukey com 5% de probabilidade em cada uma das épocas.

A Tabela 28 apresenta os dados relativos à análise de variância para avaliação das duas condições de lavouras estudadas. Pode-se notar que nesta primeira época não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade em função dos tratamentos utilizados, fato este que para o meio de safra e para uma mesma configuração das regulagens da colhedora espera-se que as eficiências sejam semelhantes.

Tabela 28 Análise de variância para comparação das duas condições de lavoura na primeira época de 2013

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR>F. C.
Tratamento (T)	1	0,393	0,393	0,014	0,906 ^{ns}
Erro	94	2633,106	28,012		
Total Corrigido	95	2633,500			
CV (%) = 6,57					
Média geral: 80,57			Número de observações: 96		

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação.

Na Tabela 29 encontram-se os dados relativos à segunda época de 2013. Pode ser observado que neste caso existe diferença significativa entre as duas condições de lavoura analisadas.

Tabela 29 Análise de variância para comparação das duas condições de lavoura na primeira época de 2013

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR>F. C.
Tratamento (T)	1	62,355	62,355	4,512	0,036*
Erro	94	1299,105	13,820		
Total Corrigido	95	1361,460			
CV (%) = 4,16					
Média geral: 89,44			Número de observações: 96		

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade, ns não significativo, CV= coeficiente de variação.

A Tabela 30 apresenta a comparação entre as médias de eficiência para a segunda época de 2013, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Pode-se verificar que nesta condição a lavoura não esqueletada apresenta uma maior eficiência de derriça, fato este que pode ser explicado em função do número de ramos e, como consequência, o maior número de folhas na lavoura esqueletada o que dificulta o processo de derriça mecânica dos frutos.

Tabela 30 Comparação entre as médias de eficiência de derriça nas diferentes condições de lavoura na segunda época de 2013

Lavoura	Eficiências médias (%)
Não esqueletada	90,24B
Esqueletada	88,63A

Nota: Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.5 Considerações sobre a segunda safra

Semelhante ao ocorrido na primeira safra, pode ser observada uma tendência que mostra que a melhor regulação para a força está entre 8 e 10 kgf, sofrendo variações em torno de 9 kgf, tanto para a lavoura esqueletada quanto na lavoura não esqueletada.

Em relação à velocidade operacional e vibração, pode-se perceber que a configuração que apresentou maiores eficiências de derriça foi a velocidade de 1,6 km.h⁻¹ e vibração de 15,83 Hz semelhante ao ocorrido na primeira época.

Em relação à desfolha, novamente verifica-se os maiores níveis com a vibração de 15,83 Hz, mas semelhante à primeira época não inviabiliza a colheita mecanizada.

Ao se comparar as duas lavouras pode-se perceber que, em média, a lavoura esqueletada apresenta uma eficiência de derriça discretamente menor que a lavoura não esqueletada, mas este fato deve-se ao maior número de ramos

presentes na planta, o que tende a se equiparar com o passar das safras sendo realizada a derricha mecânica dos frutos.

Diante destes fatores, pode-se chegar à configuração ideal para a colhedora nesta segunda safra, sendo de 9 kgf de força, velocidade operacional de 1,6 km.h⁻¹ e vibração de 15,83 Hz, valores estes iguais aos recomendados na primeira safra.

6 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e nos dados encontrados, foi possível concluir que a regulagem do freio dos cilindros vibradores influencia diretamente a eficiência de derrça, não sendo fator determinante para o aumento do nível de desfolha. A eficiência de derrça também sofre influência dos fatores velocidade operacional e vibração, sendo que a variação de qualquer um destes fatores tem efeito direto na eficiência de derrça.

Os maiores índices de desfolha foram encontrados para a vibração de 15,83 Hz, podendo está regulagem ser considerado o principal fator para o aumento da desfolha.

Pode-se determinar que a melhor configuração para a colhedora em ambas as condições de lavoura é de 9 kgf de força, 1,6 km.h⁻¹ de velocidade operacional e 15,83 Hz de vibração.

Mesmo a lavoura esqueletada apresentando eficiências de derrça menores que a lavoura não esqueletada, foi possível concluir que as recomendações de regulagens das colhedoras devem ser as mesmas, pois analisadas separadamente a mesma configuração a colhedora foi a que apresentou maior eficiência de derrça em ambas as situações.

Como a força de 9 kgf não foi experimentada em campo, recomenda-se para trabalhos futuros a realização desta análise bem como o teste de inversão do sentido de giro dos cilindros vibradores.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2012. 512 p.

AVELAR, R. C. et al. Determinação de características desejáveis do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para a colheita mecanizada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2013. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N.; SILVA, F. M. Desempenho operacional de derrçadoras mecânicas para diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 129-132, 2005.

BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.

BEZERRA NETO, F.; NUNES, G. H. S.; NEGREIROS, M. Z. de. Avaliação de procedimentos de comparações múltiplas em trabalhos publicados na revista Horticultura Brasileira de 1.983 a 2.000. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 5-9, 2002.

CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F₄ de cafeeiros arábica, antes e após a poda tipo esqueletamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 33-42, jan./mar. 2013.

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

CIRO, V. H. J. Coffee harvesting I: determination of the natural frequencies of the fruit stem system in coffee trees. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 17, n. 4, p. 475- 479, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: terceiro levantamento setembro/2014. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2014a. 62 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_17_08_51_24_perspectivas_2014-15.pdf>. Acesso em: 22 out. 2014b.

DU, X. Dynamic responses of sweet cherry trees under vibratory excitations. **Biosystems Engineering**, London, v. 111, n. 3, p. 305-314, Mar. 2012.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância para dados balanceados. Versão 4.0. Lavras: UFLA, 1999. Software.

FERREIRA, D. F.; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H. de Comunicação comparações múltiplas em experimentos com grande Número de tratamentos: utilização do teste de Scott-knott. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 745-752, jul./set. 1999.

FERREIRA JUNIOR, L. G. **Análise de vibração das hastes de uma colhedora de café**. 2014. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

GARCIA, C. et al. Dynamic analysis of olive trees in intensive orchards under forced vibration. **Trees**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 795-802, Dec. 2008.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 317 p.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387 p.

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

OLIVEIRA, E. et al. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1466-1470, set./out. 2007.

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, 1971.

PEDROSO, S. A. **A lavoura, história e agronegócios no Brasil**. Disponível em: <<http://www.nucleoestudo.ufla.br/necaf/homepagenecaf.html>>. Acesso em: 15 out. 2014.

PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S. Cultivares melhoradas de café arábica. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 241-257.

PEREIRA, R. C.; VASCONCELOS, S. S.; SALES, F. **Colheita e beneficiamento de café**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 24 p.

PEREIRA, V. F. **Efeitos da diferenciação sobre riscos e retornos da produção de café em Minas Gerais**. 2008. 134 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. et al. Eficiência da poda em cafeeiros no controle da *Xylella fastidiosa*. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 433-440, 2006.

RENA, A. B. et al. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agrônômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 61-70, 1998.

SALES, R. S. **Avaliação da regulagem do freio dos vibradores de colhedoras na eficiência de derriça do café**. 2011. 53 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SALES, R. S. et al. Efeito da regulagem do freio dos vibradores de colhedoras de café na eficiência de derriça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43., 2014, Campo Grande. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2014. 1 CD-ROM.

SALES, R. S.; SILVA, F. M. **Eficiência de derriça do café em diferentes velocidades operacionais**: relatório técnico. Lavras: UFLA, 2009. 19 p.

SANTOS, F. L. **Simulação e avaliação do comportamento dinâmico de frutos do cafeeiro na derriça**. 2008. 136 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

SESSIZ, A.; ÖZCAN, M. T. Olive removal with pneumatic branch shaker and abscission chemical. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 76, n. 2, p. 148-153, Sept. 2006.

SILVA, F. C. **Influência de variáveis meteorológicas do solo e nutricionais na força de desprendimento dos frutos do café**. 2012. 71 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SILVA, F. C. et al. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiro ao longo do período de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, mar./abr. 2010.

SILVA, F. C. et al. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2013.

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

SILVA, F. M. da. Mecanização da lavoura cafeeira. In: SIMPÓSIO SOBRE MECANIZAÇÃO DA LAVOURA CAFEIEIRA, 1., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. p. 50-65.

SILVA, F. M. da et al. Avaliação da colheita do café totalmente mecanizada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Vitória: SBC, 2001. p. 741-749.

SILVA, F. M. da et al. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 150-152.

SILVA, F. M. da et al. Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizes no Sul de Minas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 8, n. 1, p. 54-60, jan./mar. 2000.

SILVA, F. M. da et al. Desempenho e influência da colhedora mecanizada na produtividade da lavoura cafeeira em 4 safras. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2013. 1 CD-ROM.

SILVA, F. M. da et al. Efeitos da colheita manual na bienalidade do cafeeiro em Ijaci, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, maio/jun. 2010.

SILVA, F. M. da et al. Influência da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro em diferente estádios de maturação ao longo da colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...**Jaboticabal: SBEA, 2007. 1 CD-ROM.

SILVA, F. M. da et al. Uso de ethrel na colheita mecanizada e seletiva de café arábica (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 178-182, jul./dez. 2009.

- SILVA, F. M. da et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev. 2008.
- SILVA, F. M. da; MIRANDA, N. B.; SILVA, F. O. e. Mecanização da colheita viabiliza cafeicultor. **Granja**, Porto Alegre, v. 784, p. 60-62, abr. 2014.
- SILVA, F. M. da; RODRIGUES, R. F.; SALVADOR, N. Avaliação da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 25., 1999, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1999. p. 348-350.
- SILVA, F. M. da; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira**: colheita. Lavras: UFLA, 1998. 55 p.
- SOUZA, C. M. A. et al. Derrixa de frutos de café por vibração. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 32-37, 2002.
- SOUZA, J. C. S.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C. Influence of manual harvest in the spatial variability of coffee yield and defoliation along two agricultural harvests. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 37., 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: UFPR, 2008. p. 1-4.
- SOUZA, J. S. I. de. **Poda das plantas frutíferas**. São Paulo: Nobel, 1986. 224 p.
- THOMAZIELLO, R. A. et al. **Cultura do café**. 3. ed. Campinas: CATI, 1997. 75 p. (Boletim Técnico, 193).
- THOMAZIELLO, R. A.; PEREIRA, S. P. **Poda e condução do cafeeiro arábica**. Campinas: IAC, 2008. 39 p.
- TOLEDO FILHO, J. A. de et al. **Poda e condução do cafeeiro**. Campinas: CATI, 2000. 35 p. (Boletim Técnico, 238).