

DENIS MEDINA GUEDES

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE FREQUÊNCIAS DE VIBRAÇÃO NA
FAIXA DE 35 A 55 Hz SOBRE A EFICIÊNCIA DE DERRIÇA DO CAFÉ**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

DENIS MEDINA GUEDES

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE FREQUÊNCIAS DE VIBRAÇÃO NA
FAIXA DE 35 A 55 Hz SOBRE A EFICIÊNCIA DE DERRIÇA DO
CAFÉ**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA : 11 de fevereiro de 2011

Prof. Fábio Lúcio Santos
(Coorientador)

Prof. Joseph Kalil Khoury Junior

Prof. Daniel Marçal de Queiroz
(Orientador)

*"Nossa recompensa se encontra no esforço e não no resultado.
Um esforço total é uma vitória completa."*

(Mahatma Gandhi)

Aos meus queridos pais, Mário Lúcio e Lucélia.

Aos meus irmãos, Douglas e Danilo.

Aos meus avós Nair, Mário (in memoriam),

Elvira (in memoriam) e Domingos (in memoriam).

À minha querida Patrícia.

À todos familiares.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Daniel Marçal de Queiroz, pela orientação, pela confiança e, sobretudo, pela amizade.

Aos professores Francisco de Assis de Carvalho Pinto, Nerilson Terra Santos e Fábio Lúcio Santos, pelo auxílio ao longo da realização do trabalho, pela disponibilidade e pela amizade.

À professora e grande amiga Geice Paula Villibor, pela ajuda em todas as fases do trabalho, e ao professor Ricardo Capúcio, pela amizade, companheirismo e conselhos.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola que, de alguma forma, ajudaram na realização desse trabalho.

Aos meus amigos e colegas da Mecanização Agrícola, da república e da graduação: Shoite, Yoshio, Ken, Leandro, Júnior, Daniel, Timão, Ilton, Matheus, Guto, Wagner (Peixe), Hélcio (Lalá), Flávio, Elton, Paula, Vitor, Ronaldo, Raphael, Robson, Amanda, André, Marcos, Marcus (Barba), Gustavo, Cleyton, Tibúrcio, Mário, Antônio, Selma, Eduardo, Gracielly, Samuel, Sárvio, Danilo, Lorena, Marcelo, Marley, Frederico, Weverson, Wagner, Sérgio, Enrique, Caio, Júlio, Baiana e todos os outros que torceram por mim, pela amizade dentro e fora da Instituição.

Em especial, aos meus pais Mário Lucio Guedes Amorim e Lucélia Prado Medina Guedes, e aos meus irmãos Douglas e Danilo, pelo estímulo, pela compreensão e pelo apoio nos momentos difíceis.

Aos meus avós, que sempre torceram por mim.

À Patrícia, pelo amor, e por estar sempre comigo.

Às minhas cunhadas, sobrinhos, meus tios e primos.

Meus sinceros agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

DENIS MEDINA GUEDES, filho de Mário Lúcio Guedes Amorim e Lucélia Prado Medina Guedes, nasceu no dia 2 de Julho de 1981, na cidade de Santo Antônio de Pádua, Rio de Janeiro.

Em Março de 2003, iniciou o curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em dezembro de 2008.

Em Março de 2009, ingressou no Programa de Pós-graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, na área de concentração em Mecanização Agrícola, submetendo-se à defesa da dissertação em Fevereiro de 2011.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. O café no Brasil.....	4
2.2 – Colheita por vibração.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Caracterização das amostras.....	9
3.2. Ensaio laboratoriais – equipamentos.....	9
3.3. Ensaio de derrixa do café contendo arranjos com frutos verdes e cerejas.....	11
3.4. Ensaio de derrixa do café com arranjos de frutos verdes e cereja separadamente.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	16
4.1. Propriedades físicas.....	16
4.2. Análise de variância para os resultados dos ensaios de derrixa por vibração com ramos de café contendo frutos de diferentes graus de maturação.....	17
4.2.1 – Eficiência de derrixa do fruto cereja em arranjos com frutos de diferentes graus de maturação.....	19
4.2.2 – Eficiência de derrixa do fruto verde em arranjos com frutos de diferentes graus de maturação.....	23
4.2.3. Eficiência de derrixa total	28

4.3. Análise de variância para os resultados dos ensaios de derrça por vibração com ramos de café contendo arranjos de frutos verdes e cerejas separadamente.	33
4.3.1 – Arranjo de Verdes.....	35
4.3.2 – Arranjo de Cerejas.....	37
5 – CONCLUSÕES.....	40
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
7- APÊNDICE	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Participação percentual por estado na produção de café na safra de 2010 (Fonte: CONAB 2010).	4
Figura 2. Evolução do consumo interno de café no Brasil (Fonte: ABIC, 2010). 5	
Figura 3. Representação do sistema de vibração utilizado na avaliação da derriça do café.....	10
Figura 4. Engastamento do ramo de café na base móvel da máquina vibradora.	12
Figura 5. Ramo de café com frutos de maturação verde engastado na base móvel do equipamento vibrador.	14
Figura 6. Mapas de contornos do modelo ajustado para avaliar a eficiência de derriça total dos frutos do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração em ramos com (a) 50 mm e (b) 100 mm.	22
Figura 7. Superfície de resposta da eficiência de derriça dos frutos de maturação verde do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração.....	25
Figura 8. Mapa de contorno ajustado para avaliar a eficiência de derriça dos frutos de maturação verde em função da frequência e amplitude de vibração.....	25
Figura 9. Mapa de contorno do modelo ajustado para avaliar a eficiência de derriça total dos frutos do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração em ramos com (a) 50 mm e (b) 10 mm de comprimento.....	27
Figura 10. Superfície de resposta para a eficiência de derriça total dos frutos do cafeeiro.	30
Figura 11. Mapa de contorno do modelo de superfície de resposta ajustado para a eficiência de derriça total do fruto do cafeeiro.....	30
Figura 12. Mapa de contorno do modelo ajustado para avaliar a eficiência de derriça total dos frutos do cafeeiro em função da frequência e	

amplitude de vibração em ramos com (a) 50 mm e (b) 100 mm de comprimento..... 33

Figura 13. Mapa de contorno do modelo ajustado para avaliar a eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração em ramos com (a) 50 mm e (b) 100 mm de comprimento..... 36

Figura 14. Curva da eficiência de derrça em função da amplitude de vibração e valores de eficiência de derrça encontrados em laboratório para ramos com frutos apenas de maturação cereja. 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características técnicas da máquina vibradora.....	10
Tabela 2. Fatores e níveis avaliados.....	11
Tabela 4. Análise de variância para os dados de eficiência de derriça dos frutos do cafeeiro no meio da safra	17
Tabela 5. Análise de variância para os dados de eficiência de derriça dos frutos do cafeeiro no final da safra	18
Tabela 6. Análise de variância para os dados de eficiência de derriça dos frutos de maturação cereja para o modelo reduzido $(\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + \hat{F}_1 + \hat{A}_2 + \hat{C}_3 + \hat{FA}_4 + \hat{FC}_5)$	20
Tabela 7. Resultados do teste t para o modelo reduzido ajustado para a eficiência de derriça dos frutos de maturação cereja do cafeeiro.....	21
Tabela 8. Análise de variância para os dados de eficiência de derriça dos frutos de maturação cereja do cafeeiro para o modelo reduzido $(\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + \hat{F}_1 + \hat{C}_2 + \hat{FC}_3)$	22
Tabela 9. Resultados do teste t para o modelo reduzido estimado para a eficiência de derriça dos frutos de maturação cereja do cafeeiro.....	23
Tabela 10. Análise de variância para os dados de eficiência de derriça dos frutos de maturação verde do cafeeiro para o modelo reduzido $(\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + \hat{F}_1 + \hat{A}_2 + \hat{FA}_3)$	24
Tabela 11. Resultados do teste t para o modelo reduzido estimado para a eficiência de derriça dos frutos de maturação verde do cafeeiro	24
Tabela 12. Análise de variância para os dados de eficiência de derriça dos frutos de maturação verde do cafeeiro para o modelo reduzido $(\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + \hat{F}_1 + \hat{A}_2 + \hat{C}_3 + \hat{FA}_4 + \hat{FC}_5)$	26
Tabela 13. Resultados do teste t para o modelo reduzido estimado para a eficiência de derriça dos frutos de maturação verde do cafeeiro	26

Tabela 14. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça total dos frutos de cafeeiro para o modelo reduzido ($\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + F\hat{\alpha}_1 + A\hat{\alpha}_2 + FA\hat{\alpha}_3$)	29
Tabela 15. Resultados do teste “t” para os parâmetros estimados do modelo reduzido de eficiência total de derrça do fruto do cafeeiro	29
Tabela 16. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça total dos frutos de cafeeiro para o modelo reduzido do final da safra ($\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + F\hat{\alpha}_1 + A\hat{\alpha}_2 + C\hat{\alpha}_3 + FA\hat{\alpha}_4 + FC\hat{\alpha}_5$)	31
Tabela 17. Resultados do teste “t” para os parâmetros estimados do modelo reduzido de eficiência total de derrça do fruto do cafeeiro	32
Tabela 18. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça dos frutos verdes do cafeeiro	34
Tabela 19. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça dos frutos cerejas do cafeeiro	34
Tabela 20. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro para o modelo reduzido ($\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + F\hat{\alpha}_1 + A\hat{\alpha}_2 + C\hat{\alpha}_3 + F^2\hat{\alpha}_4 + FC\hat{\alpha}_5 + FA\hat{\alpha}_6 + AC\hat{\alpha}_7$)	35
Tabela 21. Resultados do teste “t” para os parâmetros estimados do modelo reduzido de eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro	36
Tabela 22. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça dos frutos de maturação cereja do cafeeiro para o modelo reduzido ($\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + A\hat{\alpha}_1$)	38
Tabela 23. Resultados do teste “t” para os parâmetros estimados do modelo reduzido de eficiência de derrça dos frutos de maturação cereja do cafeeiro	38

RESUMO

GUEDES, Denis Medina, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Efeito da utilização de frequências de vibração na faixa de 35 a 55 Hz sobre a eficiência de derriça do café.** Orientador: Daniel Marçal de Queiroz. Co-Orientadores: Francisco de Assis de Carvalho Pinto, Fábio Lúcio Santos e Nerilson Terra Santos.

Dentre as operações que compõem o ciclo produtivo do café, a colheita é uma das operações mais onerosas. As máquinas de colheita de café geralmente derriçam os frutos por meio de vibrações mecânicas e impacto. O estudo do comportamento do sistema fruto pedúnculo e ramo sob diferentes frequências e amplitudes de vibração é de fundamental importância para os projetos de máquinas destinadas a colheita do café. Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de frequências de vibração superiores a 25 Hz associadas a amplitudes inferiores a 7 mm na eficiência de derriça seletiva e total do café. Para tal foram realizados testes experimentais em uma máquina vibradora eletromagnética, para determinar o efeito de vários fatores com relação à eficiência de derriça dos frutos do cafeeiro. Os fatores avaliados foram: a frequência (35; 40; 45; 50 e 55Hz), amplitude (3,5; 5,0 e 6,5mm), comprimento dos ramos plagiotrópicos (5 e 10cm), grau de maturação dos frutos (verde e cereja) e período da safra (meio e final). Foram executados dois experimentos com frutos da variedade Catuaí Vermelho: o primeiro com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes comprimentos de ramo, frequências e amplitudes de vibração sobre a eficiência de derriça, total e seletiva, do fruto do cafeeiro em arranjos contendo frutos de diferentes graus de maturação; o segundo com o objetivo de avaliar o efeito dos mesmos fatores, comprimento do ramo, frequência e amplitude de vibração sobre a eficiência de derriça dos frutos do cafeeiro, em ramos contendo frutos de maturação verde e cereja separadamente. A partir das análises estatísticas, foram gerados modelos de regressão para descrever as eficiências de derriça em cada uma das condições estudadas. A partir dos resultados experimentais, concluiu-se que, eficiência de derriça do café no meio da safra não apresentou diferença significativa estatisticamente entre os graus de maturação verde e cereja. No final da safra o fator grau de maturação foi significativo para os valores de eficiência de

derrixa, apontando influênciã do período da colheita na seletividade da derrixa por vibraçãõ. Verificou-se que a eficiênciã de derrixa de frutos do cafeeiro estã diretamente relacionada aos fatores frequênciã e amplitude de vibraçãõ. Em ramos com 5 cm a eficiênciã de derrixa é mais sensível a variaçãõ de frequênciã e amplitudes de vibraçãõ quando comparadas ao de 10 cm, quando comparado aos de 10 cm, conforme sãõ variadas as frequênciã e amplitudes de vibraçãõ. Os valores máximos de eficiênciã de derrixa estimados pelos modelos apontam que na faixa de frequênciã e amplitude avaliada os valores de eficiênciã de derrixa do fruto de maturaçãõ verde seriam maiores que os dos frutos de maturaçãõ cereja. Para os níveis de frequênciã e amplitudes de vibraçãõ avaliados, a colheita total por vibraçãõ dos frutos do cafeeiro pode não ser uma alternativa viável, pois não se alcançaria valores superiores a 50% de eficiênciã de derrixa em uma única passada.

ABSTRACT

GUEDES, Denis Medina, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Evaluation of the effect of different combinations of frequency and amplitude of vibration on the detachment efficiency of the coffee fruit.** Adviser: Daniel Marçal de Queiroz. Co-Advisers: Francisco de Assis de Carvalho Pinto, Fábio Lúcio Santos and Nerilson Terra Santos.

Harvesting is one of the most costly operations in coffee production. This operation presents several problems to be performed. Coffee harvest machinery usually detaches the fruits by mechanical vibration and impact. The study of the behavior of the fruit stalk and branch system under different frequencies and amplitudes of vibration has fundamental importance for the design of coffee harvest machinery. This work aimed to evaluate the effect of vibration frequencies higher than 25 Hz associated with amplitudes lower than 7 mm in the selective and total detachment efficiency of the coffee fruits. Experimental tests were conducted in an oscillating electromagnetic machine to determine the effect of various factors related to the detachment efficiency of the coffee fruits. The factors were: the frequency (35, 40, 45, 50 and 55Hz), amplitude (3.5, 5.0 and 6.5 mm), length of primary branches (5 and 10 cm), ripeness degree of the fruit (green and ripe) and harvest time (middle and late). Two experiments were performed with fruits of Catuaí Vermelho: The first in order to evaluate the effect of different branch lengths, frequencies and amplitudes of vibration on the detachment efficiency, total and selective, of the coffee fruits in arrangements containing different fruit ripeness degrees; and the second one, to evaluate the effect of these factors: branch length, frequency and amplitude of vibration on the detachment efficiency of the coffee fruits on branches containing ripe and green fruits separately. From the statistical analysis, regression models were developed to describe the detachment efficiency in each of the conditions studied. From the experimental results, it was concluded that detachment efficiency of coffee in the middle of the season showed no statistically significant difference between the ripe and green ripeness degrees. By the end of the harvest, the ripeness degree was significant for the detachment efficiency values, indicating the influence of the harvest period in the selectivity of the detachment by vibration. It was found that

the detachment efficiency of coffee fruits is directly related to the frequency and amplitude of vibration. In the 5-cm branches, the detachment efficiency is more sensitive to variation, compared to the 10-cm length branches, varying the frequencies and amplitudes of vibration. The maximum values of detachment efficiency estimated by the models show that in the evaluated range of frequency and amplitude, the detachment efficiency of green fruits would be higher than the ripe ones. For the levels evaluated, the total harvest of coffee fruits by vibration could be an unfeasible alternative because it does not reach detachment efficiency values higher than 50% in a single pass.

1. INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos mais importantes da agricultura brasileira, sendo o Brasil responsável pela maior produção mundial; com 2,4 milhões de toneladas de café beneficiado (IBGE, 2010). Segundo dados do ICO (2009), o país ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de produção e exportação de grãos de café.

A colheita é um dos processos mais dispendiosos na cadeia produtiva do café. De acordo com Souza (2004), a colheita pode ser dividida em três etapas: a primeira etapa consiste da derriça ou catação, a segunda é composta pela varrição e/ou pelo recolhimento e a terceira se refere à abanação dos frutos. Durante a etapa de derriça a árvore pode ser colhida de uma única vez ou de forma seletiva, em que somente os frutos maduros são colhidos.

A colheita seletiva visa colher os frutos do cafeeiro separadamente de acordo com seu grau de maturação. Colhendo somente os frutos maduros, pode-se ter uma melhor qualidade do produto final aumentando a receita bruta por unidade produzida.

A derriça total dos frutos é o sistema de colheita comumente empregado no Brasil. A opção por esse sistema está associada à necessidade de se reduzir os custos de produção, uma vez que a colheita seletiva, por ser realizada em várias etapas durante o período, pode inviabilizar a cafeicultura (SOUZA et al., 2005).

A colheita demanda a maior parte da mão de obra envolvida em todo o processo, sendo que a mão de obra temporária representa cerca de 30% de todo o custo direto de produção do café (CONAB, 2009b). Com a escassez de mão de obra no meio rural, a mecanização surge como alternativa para a execução das atividades rurais. Segundo Silva (2001), a mecanização da colheita pode ser um fator importante na redução dos custos de produção do café, uma vez que a redução dos custos é diretamente proporcional ao nível de mecanização das operações.

Oliveira et al. (2006) avaliaram os custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro, em duas passadas da colhedora, e concluíram que a colheita mecanizada, realizada com velocidade operacional de $0,45 \text{ m s}^{-1}$ nas

duas passadas da colhedora, proporcionou uma redução de 62,36% no custo total de colheita quando comparada à colheita manual.

Para a otimização de projetos de máquinas destinadas à colheita do café é necessário o conhecimento prévio de detalhes relativos às propriedades mecânicas, geométricas e dinâmicas dos frutos e da árvore. A realização de testes experimentais em laboratório utilizando máquinas apropriadas para analisar o comportamento do sistema fruto-pedúnculo-ramo pode auxiliar o dimensionamento e o projeto de máquinas de colheita.

Segundo Santos (2008), a colheita dos frutos do cafeeiro tem sido realizada por meio de vibrações mecânicas. A partir da associação de fatores como frequência e amplitude de vibração, pode-se transferir energia vibracional suficiente para o desprendimento dos frutos. Dessa forma, a partir do conhecimento das propriedades modais do sistema fruto-pedúnculo, pode-se empregar níveis de frequência e amplitude adequados para a realização da colheita seletiva ou total dos frutos.

A maior parte dos estudos realizados sobre colheita do fruto do cafeeiro por vibração leva em consideração uma faixa de frequência inferior a 25 Hz. Acredita-se que a utilização de frequências de vibração superiores a esta, pode exercer uma grande influência na seletividade da colheita, por isso o estudo de seus efeitos, aplicados na derriça do café se fazem necessários na busca por uma maior eficiência para uma colheita seletiva.

Com base no exposto, esse trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito do uso de frequências de vibração superiores a 25 Hz associadas a amplitudes inferiores a 7 mm na eficiência de derriça seletiva e total do café. Para isso, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Determinar por meio de ensaios laboratoriais de vibrações mecânicas, o efeito de diferentes comprimentos de ramos, frequências e amplitudes de vibração sobre a eficiência de derriça total e seletiva do café em arranjos contendo frutos verdes e cerejas;
- Determinar a eficiência de derriça do café por meio de ensaios laboratoriais de vibrações mecânicas, com diferentes comprimentos de ramos, frequências e amplitudes de vibração, em arranjos de frutos verdes e cerejas separadamente;

- Analisar a eficiência de derrixa do fruto do cafeeiro por meio de vibrações mecânicas, em diferentes períodos da colheita.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O café no Brasil

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. A safra brasileira, ao final do ano de 2009, foi de 39,47 milhões de sacas de café beneficiado, representando uma redução de 14,18% em relação à safra de 2008, que totalizou 45,99 milhões de sacas (CONAB, 2010). A previsão para a safra de 2010, segundo dados da CONAB, é de 47,2 milhões de sacas de café beneficiado, representando um acréscimo de 19,6% em relação ao ano anterior.

Dentre os estados brasileiros, o de Minas Gerais é o maior produtor, seguido do Espírito Santo e São Paulo. Na Figura 1 é apresentada a participação percentual dos estados brasileiros na produção de café segundo estimativas da CONAB para a safra de 2010.

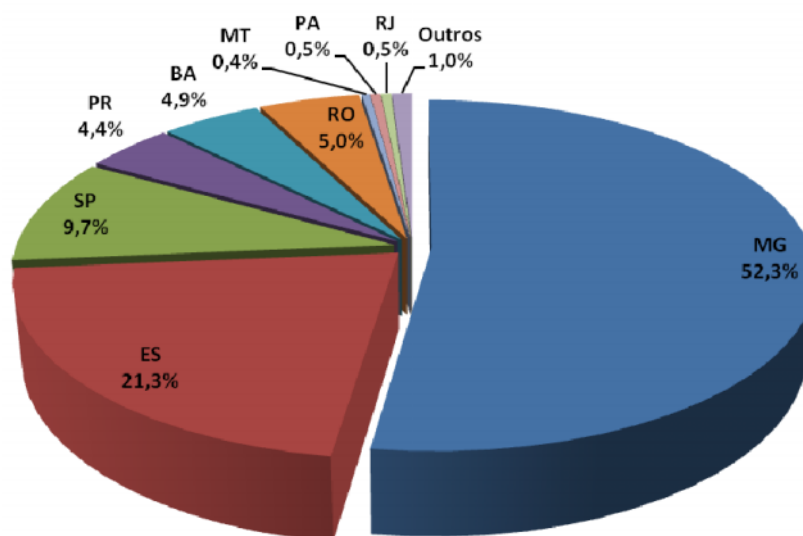


Figura 1. Participação percentual por estado na produção de café na safra de 2010 (Fonte: CONAB 2010).

O sistema agroindustrial do café, no Brasil, é responsável pela geração 10,2 milhões de empregos diretos e indiretos (REVISTA CAFEICULTURA, 2009) e por uma riqueza anual de 8 bilhões de reais (IBGE, 2009).

De acordo com dados da ABIC (2010), o consumo interno brasileiro de café vem crescendo, no período entre Novembro/2008 e Outubro/2009 foi registrado um aumento 4,15% no consumo em relação ao período anterior

correspondente (Nov/07 a Out/08). A melhora da qualidade pode ser apontada como uma das razões que justificam o aumento do consumo interno.

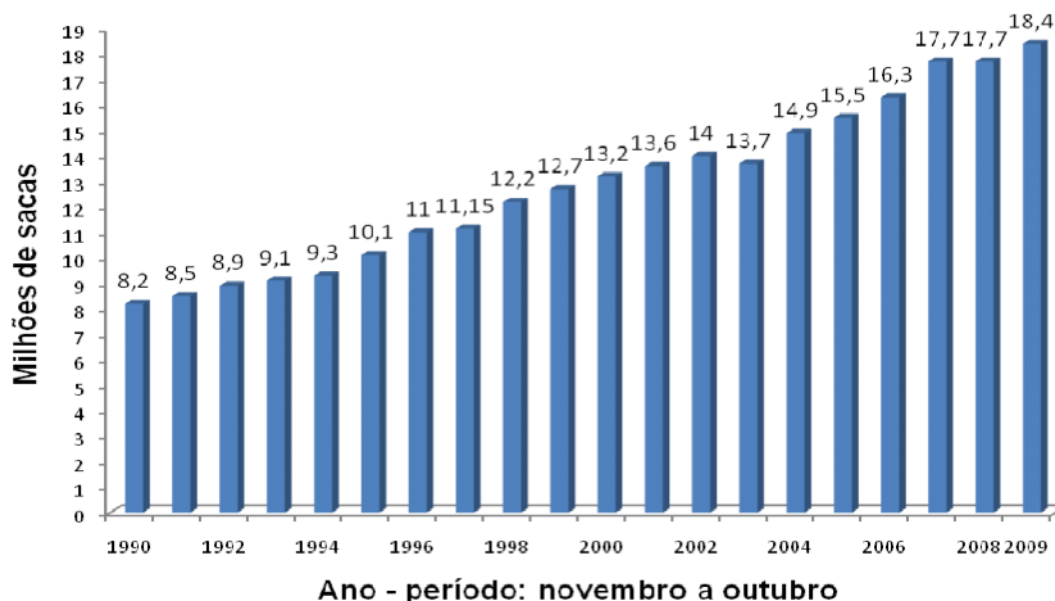


Figura 2. Evolução do consumo interno de café no Brasil (Fonte: ABIC, 2010).

A partir dos anos 2000 a cadeia café do Brasil tem voltado sua atenção para a valorização do café e impulsionado o desenvolvimento dos segmentos de cafés de alta qualidade. Nas exportações grande parte das empresas procuram ampliar seus negócios com cafés de qualidade superior, como forma de elevar margens de lucro. Dados de projeções do consumo de cafés especiais no mundo sinalizam para seu potencial de expansão. O Brasil, como principal produtor mundial, detentor de regiões extremamente favoráveis ao cultivo de café, deve, sem dúvida, buscar maior inserção nesse mercado. (TEIXEIRA, 2008).

Bliska et al. (2009), em seu trabalho sobre custos de produção de cafés nas principais regiões produtoras do Brasil, expõem que a cultura do café desenvolveu-se influenciada e influenciando um conjunto complexo de fatores, tais como: cotações internacionais do produto, concorrência de outros países produtores, incentivos governamentais, condições climáticas, disponibilidade de solos férteis, investimento em pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico, dimensões e dinamismo e inovações voltadas ao mercado interno

e até mesmo a mitigação da bienalidade característica da cultura, especialmente do tipo arábica.

2.2 – Colheita por vibração

A colheita mecânica de culturas de frutos como maçãs, pêssegos, peras, frutas cítricas, café, etc., tem despertado o interesse de engenheiros e de pesquisadores durante anos. Muitos fatores influenciam o sucesso de tal processo de mecanização, destacando-se a grande variabilidade apresentada pelas culturas, a qual pode ser representada pela estrutura, forma e tamanho das árvores relativas a cada cultura específica (SRIVASTAVA et al., 1996).

A vibração mecânica é um dos princípios mais usados em máquinas para colheita mecânica de frutos. Equipamentos que utilizam esse princípio fazem a remoção dos frutos através da associação adequada entre frequência e amplitude de vibração (SESSIZ e ÖZCAN, 2006).

Dentre os equipamentos empregados na colheita de café por vibração se destacam as colhedoras automotrizes ou tracionadas por trator e as derriçadoras portáteis. Estas máquinas empregam dedos ou hastes vibratórias na transferência de energia para os sistemas fruto-pedúnculo (BARBOSA et al., 2005).

Segundo Santos (2008), as derriçadoras portáteis podem se diferir quanto à forma de acionamento, o qual pode ser por meio de sistemas pneumáticos, motores elétricos ou mesmo motores de combustão interna. Estes equipamentos também se diferem quanto à forma, número, disposição e direção de movimento das hastes vibratórias. As derriçadoras portáteis possuem a vantagem de poder ser empregadas em áreas com relevo irregular ou com declividades acentuadas

Souza (2004) realizou um estudo relativo ao efeito das frequências de excitação e amplitudes de vibração considerando diferentes comprimentos de ramos do cafeeiro e estádios de maturação. Os resultados mostraram a importância do estudo e compreensão destes parâmetros para o procedimento de derriça dos frutos do cafeeiro. Verificou-se que o comprimento do ramo e o

estádio de maturação afetaram o processo de derriça, bem como, as amplitudes de vibração de 22 e 33 mm e as frequências de excitação de 18 a 20 Hz promoveram maiores eficiências de derriça dos frutos de café.

Souza et al. (2006) analisaram o uso de derriçadoras portáteis na colheita seletiva de café. Os autores concluíram que a utilização de duas máquinas trabalhando em cada lado das plantas resultaria em melhor capacidade de colheita por máquina. Concluíram também que a capacidade de colheita aumenta quanto maior for a carga de frutos presente na planta e quanto maior for a porcentagem de frutos maduros.

Queiroz et al. (2007), usando uma máquina vibradora eletromagnética, realizaram testes em laboratório para determinar a eficiência de derriça para frequências de 13,33 a 26,67 Hz e amplitudes de vibração de 7,5 a 15 mm. Os autores concluíram que a amplitude e a frequência de vibração apresentaram efeito significativo na eficiência de derriça e que as maiores eficiências foram obtidas quando maiores amplitudes e frequências foram utilizadas.

Com base em um modelo matemático, Mbugu e Langat (2008) analisaram os fatores associados à colheita seletiva de café por meio de vibradores inerciais e fundamentado nos resultados, definiram como um vibrador deve funcionar para que a máxima eficiência de derriça fosse atingida.

Santos et al. (2010) verificaram os efeitos de diferentes combinações entre frequência e amplitude de vibração, na eficiência de derriça dos frutos do cafeeiro. Os autores concluíram que com o aumento da amplitude e da frequência incrementaram a eficiência de derriça, além de que pedúnculos com maior número de frutos tenderam a apresentar maior média na eficiência de derriça.

Villibor et al. (2010) estudaram o efeito de altas frequências e baixas amplitudes de vibração sobre a eficiência total de derriça dos frutos de café e encontraram, elevados valores de eficiência total de derriça, acima que 70% para a amplitude de 7,5 mm associadas à frequências maiores que 39 Hz. Dentro da faixa estudada, a combinação entre 7.5 mm e 39 Hz foi a que

apresentou valores de eficiência de derriza mais discrepantes entre os frutos verdes e cerejas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Os ramos de café empregados nos ensaios de derriça por vibrações mecânicas foram coletados em um cultivar de café arábica, variedade Catuaí Vermelho coletados em uma área experimental localizada no campus da universidade.

3.1. Caracterização das amostras

Para a determinação da massa média dos frutos amostrados, em cada estágio de maturação, foi empregada uma balança de precisão digital com exatidão de 0,01 gramas, da marca Ohaus. O volume médio dos frutos foi determinado por meio uma proveta graduada, com graduação mínima de 0,5 mL, na qual os frutos foram imersos em água e seu volume calculado a partir do volume médio deslocado. Com o auxílio de um paquímetro da marca Mitutoyo, com resolução de 0,05 milímetros, foram também determinados os diâmetros médios no sentido do maior e do menor comprimento do fruto.

3.2. Ensaios laboratoriais – equipamentos

Foram realizados testes laboratoriais visando avaliar o procedimento de derriça a partir da variação de determinados fatores, tais como: amplitude de vibração, frequência de vibração, arranjos dos frutos no ramo e grau de maturação.

Para a realização dos ensaios de derriça utilizou-se um sistema desenvolvido pela LDS (Ling Dynamic Systems), composto por um gerador de sinais, um amplificador e uma máquina vibradora eletromagnética, sendo este sistema acionado e controlado por computador, a partir de um programa proprietário fornecido pelo fabricante. Na Figura 3 é apresentado um esquema simplificado do sistema utilizado nos ensaios de derriça.

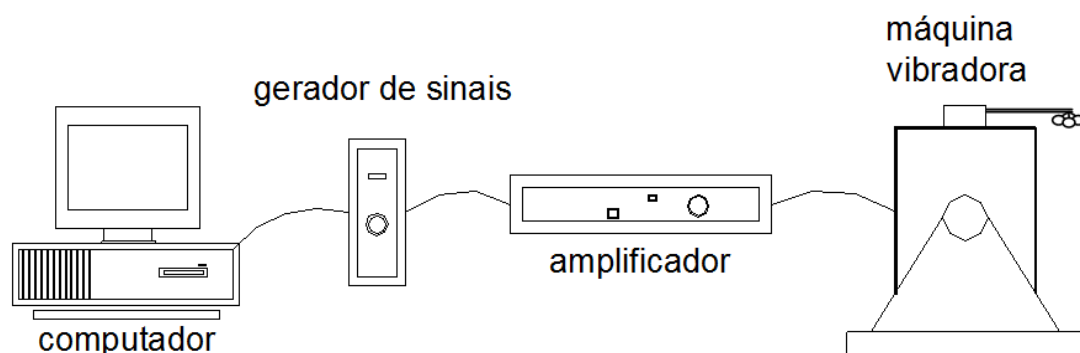


Figura 3. Representação do sistema de vibração utilizado na avaliação da derriça do café.

O gerador de sinais COMET_{USB}, da marca Dactron, pode ser ajustado para a obtenção de sinais de vibração da forma senoidal, aleatória e de impulso. Um amplificador PA100E-CE e uma máquina vibradora modelo V406, da marca LDS, compõem o restante do sistema. A máquina vibradora possui uma base móvel que se desloca longitudinalmente em relação ao seu eixo vertical, sendo este deslocamento efetuado por ação eletromagnética a partir dos sinais elétricos provenientes do amplificador. Na Tabela 1 são apresentadas as principais características técnicas da máquina vibradora utilizada nos ensaios.

Tabela 1. Características técnicas da máquina vibradora

Faixa dinâmica de trabalho (Hz)	5 - 9000
Carga máxima (N)	198
Deslocamento pico a pico da base móvel (mm)	17,6
Aceleração máxima (g)	100

Uma estrutura, construída de nylon, foi usada para fixar os ramos plagiotrópicos de café à máquina vibradora. Os ramos foram fixados na horizontal e o sentido das vibrações foi sempre transversal ao mesmo.

Utilizou-se para o controle do sistema um transdutor piezoelétrico de aceleração (acelerômetro), fabricado pela PCB, com faixa de trabalho entre 10 e 4000 Hz. A partir das respostas deste transdutor, enviadas ao gerador de sinais, o sistema pode controlar com precisão as diferentes frequências e amplitudes de vibração impostas à base móvel da máquina vibradora.

Foram realizados ensaios variando-se as frequências e as amplitudes de vibração, considerando ainda os graus de maturação, número e arranjo dos

frutos no ramo, bem como, período da colheita e comprimentos de ramos. Na Tabela 2 estão apresentados os níveis e fatores avaliados, a partir dos ensaios laboratoriais. Em todos os experimentos a duração de cada teste foi de 15 segundos, de acordo com a metodologia utilizada por Santos (2008).

Tabela 2. Fatores e níveis avaliados

Fator	Níveis
Frequência (Hz)	35; 40; 45; 50; 55
Amplitude (mm)	3,5; 5,0; 6,5
Comprimento do ramo (mm)	50 e 100
Maturação	Verde; Cereja

Os frutos passas inicialmente também foram considerados no experimento, porém além de estarem presentes em pequenas quantidades seu desprendimento dos ramos se dava, na maior parte das vezes, no percurso do campo até o laboratório, impossibilitando as análises estatísticas dos dados devido ao baixo número de amostras. O experimento foi realizado no meio da safra e repetido na fase final da mesma. A influência dos fatores apresentados na Tabela 2, sobre a eficiência de derriza, foi avaliada a partir de dois experimentos que serão descritos nos itens seguintes.

3.3. Ensaio de derriza do café contendo arranjos com frutos verdes e cerejas

Para o primeiro experimento, foram coletados em uma área experimental, localizada no campus da Universidade Federal de Viçosa, ramos plagiotrópicos de café com frutos de diferentes graus de maturação. As amostras foram preparadas em laboratório, sendo cortadas em segmentos de ramos com 5 e 10 cm. Foram selecionadas e numeradas, todas as unidades experimentais que continham frutos com os diferentes graus de maturação para casualização das amostras. Os ramos plagiotrópicos de café foram engastados na máquina vibradora e submetidos à vibração forçada, conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 4. Engastamento do ramo de café na base móvel da máquina vibradora.

O experimento foi realizado segundo um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial $5 \times 3 \times 2 \times 2$, com três repetições. Foram estudados os efeitos de cinco frequências de vibração, três amplitudes de vibração, dois comprimentos de ramo e dois graus de maturação, sobre a eficiência de derriça, conforme apresentado na Tabela 2.

A eficiência de derriça foi calculada por meio da divisão do número de frutos derriçados pelo número total de frutos presentes nos ramos antes da derriça. Para o cálculo da eficiência de derriça total utilizou-se a Equação (1).

$$Ed_T = \frac{N_{fvd} + N_{fcd} + N_{fpd}}{N_T} \times 100 \quad (1)$$

em que,

Ed_T = eficiência de derriça total, %;

N_{fvd} = número de frutos verdes derriçados;

N_{fcd} = número de frutos cerejas derriçados;

N_{fpd} = número de frutos passas derriçados;

N_T = número total de frutos presentes no ramo antes da derriça.

A eficiência de colheita para os frutos verdes e cerejas foi calculada pela divisão do número de frutos derriçados em cada grau de maturação pelo número de frutos da mesma maturação presentes na unidade experimental

antes da derrça, a partir das Equações (2) e (3) para os frutos verdes e cerejas respectivamente.

$$Ed_V = \frac{N_{fvd}}{N_{fva}} \times 100 \quad (2)$$

$$Ed_C = \frac{N_{fcd}}{N_{fca}} \times 100 \quad (3)$$

em que,

Ed_V = eficiência de derrça dos frutos verdes, %;

Ed_C = eficiência de derrça dos frutos cerejas, %;

N_{fvd} = número de frutos verdes derrçados;

N_{fcd} = número de frutos cerejas derrçados;

N_{fva} = número de frutos verdes presentes no ramo antes da derrça;

N_{fca} = número de frutos cerejas presentes no ramo antes da derrça.

Os valores da eficiência de derrça obtidos com a realização deste experimento foram, inicialmente, submetidos à análise de variância, os efeitos dos fatores quantitativos foram estudados por análise de regressão.

A escolha dos modelos foi baseada no teste F para a falta de ajustamento, e também pelo teste t para os parâmetros estimados, ambos a 5% de probabilidade. Não foram testados modelos superiores ao segundo grau, e as interações triplas não foram consideradas buscando-se descrever de forma mais simples o fenômeno físico estudado.

Modelos completos com todas as condições possíveis raramente são necessários em uma aplicação. A detecção da falta de ajustamento é que pode determinar a necessidade de um modelo de ordem superior (NIST 2003). Foram ajustados modelos de eficiência de derrça em função do comprimento do ramo e da frequência e amplitude de vibração, tanto para a derrça total quanto para os frutos verdes e cerejas separadamente.

Fundamentado nesses modelos foram encontradas a amplitude e a frequência que torna máxima a eficiência de derrça dentro da faixa avaliada.

Para verificar a influência dos fatores estudados em diferentes momentos da colheita, o experimento foi repetido no meio e no final da safra. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se programa computacional SAS versão 9.2.

3.4. Ensaio de derrição do café com arranjos de frutos verdes e cereja separadamente.

Um segundo experimento foi conduzido com amostras coletadas na mesma área experimental localizada no campus da Universidade Federal de Viçosa. Foram preparados segmentos de ramos com 50 e 100 mm contendo arranjos de frutos verdes ou cerejas. Foram selecionados os arranjos que continham o número fixo de cinco frutos, evitando-se mudar a sua conformação natural no ramo. Todas as unidades experimentais foram separadas e numeradas para fins de casualização. Na Figura 5 é apresentado o engastamento do ramo na máquina vibradora de uma amostra contendo um arranjo de frutos de café com maturação verde.



Figura 5. Ramo de café com frutos de maturação verde engastado na base móvel do equipamento vibrador.

De forma análoga ao experimento anterior, foi realizado um experimento segundo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições no

esquema fatorial 5 x 3 x 2. Foram estudados os efeitos de cinco frequências de vibração, três amplitudes de vibração e dois comprimentos de ramo, sobre a eficiência de derriça dos frutos verdes e cerejas separadamente. Os fatores e níveis avaliados nesse experimento são apresentados na Tabela 2.

A eficiência de derriça foi calculada utilizando-se as Equações (2) e (3) respectivamente para os frutos verdes e cerejas. Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância. Fundamentado nos resultados encontrados, foram gerados modelos de regressão para a eficiência de derriça em função da frequência e amplitude de vibração. Que possibilitaram encontrar a amplitude e a frequência de vibração que torna máxima a eficiência de derriça dentro da faixa estudada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Propriedades físicas

As principais características físicas determinadas para os frutos de café estão apresentadas na Tabela 3, bem como a estatística descritiva relacionada às mesmas. Verifica-se que não houve grande variação em relação às principais propriedades físicas para os dois graus de maturação estudados.

Tabela 3. Propriedades físicas médias dos frutos de café usados nos testes de derriça

	Variável	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Mediana	Máximo	Mínimo
C e r e j a	C _f	14,55	0,80	6,64	14,56	15,57	9,97
	D1	11,39	0,97	6,64	11,38	16,95	10,98
	D2	12,45	0,76	6,45	12,48	13,95	9,24
	m	1,224	0,06	5,01	1,22	1,32	1,14
V e r d e	C _f	14,24	0,81	10,83	14,28	13,73	7,82
	D1	10,47	1,01	7,72	10,42	17,38	10,83
	D2	11,30	0,73	7,82	11,33	13,10	7,72
	m	0,94	0,07	7,36	0,91	1,09	0,85

C_f= comprimento do fruto (mm); D1= diâmetro menor do fruto (mm); D2= diâmetro maior do fruto (mm); m= massa do fruto (g).

A análise de variância dos dados de propriedades físicas apresentados na tabela 3 foi conclusiva, indicando diferença significativa entre as propriedades físicas dos frutos verdes e cereja, de acordo com o teste f a 1% de probabilidade. As tabelas da análise de variância estão apresentadas no anexo.

4.2. Análise de variância para os resultados dos ensaios de derricha por vibração com ramos de café contendo frutos de diferentes graus de maturação.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados da análise de variância para a eficiência da derricha obtida a partir dos testes realizados com os ramos de café contendo frutos de diferentes graus de maturação. A análise foi feita para os dados coletados no meio e no final da safra e estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4. Análise de variância para os dados de eficiência de derricha dos frutos do cafeeiro no meio da safra

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Frequência (F)	4	11145,9915	2786,4979	4,52	0,0017
Amplitude (A)	2	40160,2615	20080,1308	32,60	<.0001
Comprimento (C)	1	1063,2816	1063,2816	1,73 ^{ns}	0,1905
Maturação (M)	1	1341,3486	1341,3486	2,18 ^{ns}	0,1417
F*A	8	27408,5641	3426,0705	5,56 ^{**}	<.0001
F*C	4	5054,2434	1263,5609	2,05 ^{ns}	0,0891
F*M	4	962,2533	240,5633	0,39 ^{ns}	0,8152
A*C	2	233,5839	116,7920	0,19 ^{ns}	0,8274
A*M	2	1219,5603	609,7802	0,99 ^{ns}	0,3735
C*M	1	0,0135	0,0135	≅0 ^{ns}	0,9963
F*A*C	8	10954,2618	1369,2827	2,22 ^{**}	0,0277
F*A*M	8	1020,1669	127,5209	0,21 ^{ns}	0,9894
A*C*M	2	1186,8706	593,4353	0,96 ^{ns}	0,3835
F*C*M	4	1012,4816	253,1204	0,41 ^{ns}	0,8006
F*A*C*M	8	1049,3297	131,1662	0,21 ^{ns}	0,9883
Tratamento	59	103812,2125	1759,5290	----	----
Resíduo	180	110856,0763	615,8671	----	----
Total	239	214668,2888	898,1937	----	----

** - significativo ao nível de 5% de probabilidade. ns - não-significativo

Tabela 5. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça dos frutos do cafeeiro no final da safra

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Frequência (F)	4	8204,5771	2051,1443	5,96 ^{**}	0,0002
Amplitude (A)	2	14962,8060	7481,4030	21,75 ^{**}	<.0001
Comprimento (C)	1	3094,7415	3094,7415	9,00 ^{**}	0,0031
Maturação (M)	1	2615,3589	2615,3589	7,60 ^{**}	0,0064
F*A	8	4094,1774	511,7722	1,49 ^{ns}	0,1645
F*C	4	4436,1606	1109,0402	3,22 ^{**}	0,0139
F*M	4	1164,5974	291,1494	0,85 ^{ns}	0,4976
A*C	2	768,5214	384,2607	1,12 ^{ns}	0,3296
A*M	2	1086,0451	543,0225	1,58 ^{ns}	0,2092
C*M	1	368,8102	368,8102	1,07 ^{ns}	0,3019
F*A*C	8	5450,9799	681,3725	1,98 ^{ns}	0,0512
F*A*M	8	1371,1094	171,3887	0,50 ^{ns}	0,8565
A*C*M	2	42,2467	21,1234	0,60 ^{ns}	0,9405
F*C*M	4	772,4092	193,1023	0,56 ^{ns}	0,6911
F*A*C*M	8	2041,7894	255,2237	0,74 ^{ns}	0,6544
Tratamento	59	50474,3301	855,4971	----	----
Resíduo	180	164193,9587	912,1887	----	----
Total	239	214668,2888	898,1937	----	----

** - significativo ao nível de 5% de probabilidade. ns - não-significativo

Pode-se verificar que, para o experimento realizado no meio da safra (Tabela 4), foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para a interação entre os fatores frequência e amplitude de vibração, bem como para a interação tripla entre frequência, amplitude de vibração e comprimento do ramo. Estes resultados indicam que o efeito da frequência de vibração na eficiência de derrça depende tanto do grau de maturação dos frutos quanto da amplitude da vibração.

A interação significativa entre frequência e amplitude ressalta a importância destes fatores durante o procedimento de derrça, uma vez que, estão relacionados à energia fornecida ao sistema fruto-pedúnculo durante este processo, a qual promove o desprendimento dos frutos (SANTOS 2008). O resultado não significativo para o grau de maturação mostra que os valores de eficiência de derrça tanto para os frutos verdes quanto para os cerejas não foram estatisticamente diferentes o que significa que não seria possível alcançar seletividade dentro da faixa estudada.

Na análise de variância para os dados do experimento do final da safra (Tabela 5), os fatores frequência e amplitude de vibração, comprimento do ramo e grau de maturação dos frutos foram significativos. As interações entre os fatores foram não significativas. A significância do grau de maturação dos frutos no final da safra é um indicativo de que a escolha do momento certo da colheita pode ter grande influência na seletividade da colheita do fruto do cafeeiro.

4.2.1 – Eficiência de derriça do fruto cereja em arranjos com frutos de diferentes graus de maturação.

Para a avaliação dos efeitos do comprimento do ramo, e da frequência e amplitude de vibração sobre a eficiência de derriça do fruto de café cereja em arranjos contendo frutos de diferentes graus de maturação, traçou-se a partir dos dados coletados em laboratório, um modelo de regressão considerando todos esses fatores e as interações entre eles.

Por meio da análise de variância da regressão foi possível verificar que o modelo completo é significativo e a falta de ajuste não significativa, o que indica a possível adequabilidade deste para descrever a eficiência de derriça do fruto do cafeeiro em função dos fatores avaliados. Porém pelo teste t para os parâmetros estimados do modelo, foram significativos apenas os fatores amplitude de vibração, comprimento do ramo e as interações entre frequência e amplitude de vibração e entre frequência e comprimento do ramo.

Souza (2004), em estudo semelhante, verificou que o aumento do comprimento do ramo proporcionou diminuição do valor da eficiência de derriça, pois, quanto mais longo o ramo maior é o efeito de amortecimento do movimento do sistema pedúnculo-fruto.

YUNG e FRIDLEY (1975), citados por SANTOS (2008), realizaram um estudo sobre a utilização da frequência natural do sistema fruto-pedúnculo como sendo a frequência de trabalho de vibradores empregados na colheita de frutos. Os resultados mostraram que, para árvores que possuem boa transmissibilidade de energia, a frequência ressonante do sistema fruto-pedúnculo deve ser empregada. Entretanto, em árvores com estrutura fraca e com ramos flexíveis, a frequência natural não é necessariamente uma boa

alternativa para a frequência de excitação, uma vez que plantas com estas características possuem elevado coeficiente de amortecimento mecânico.

Baseado nos resultados encontrados partiu-se para um novo modelo em função apenas dos fatores e interações significativos. O resultado da análise de variância do modelo de eficiência de derriça dos frutos de café de maturação cereja são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de variância para os dados de eficiência de derriça dos frutos de maturação cereja para o modelo reduzido ($\hat{y} = \hat{\mu}_0 + F\hat{\mu}_1 + A\hat{\mu}_2 + C\hat{\mu}_3 + FA\hat{\mu}_4 + FC\hat{\mu}_5$)

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo	5	39321	7864,20	12,64**
Falta de Ajuste	24	23133,6674	963,90	1,55
Tratamento	29	62454,6674	---	---
Resíduo	90	55993,9264	622,15	---
Total	119	118448,5937	---	---

** P<0,05; ^{n.s.} não significativo; $F_{5\%}(5; 90) = 2,329$; $F_{5\%}(24; 90) = 1,656$; $r^2=62,96\%$; $cv=150,78\%$; F= frequência de vibração; A= amplitude de vibração; C= comprimento do ramo; μ_i = parâmetros estimados.

Pelo teste F (Tabela 6), pode-se verificar que o modelo foi significativo, indicando sua adequabilidade para descrever o efeito dos fatores frequência e amplitude de vibração sobre a eficiência de derriça dos frutos no estágio de maturação cereja do cafeeiro.

O resultado para o teste t apresentado na Tabela 7 mostra que a frequência de vibração não foi significativa a 5% de probabilidade, porém a significância de sua interação com os fatores comprimento do ramo e amplitude de vibração indica que está tem influência sobre a eficiência de derriça. A interação entre frequência e amplitude de vibração é um dos fatores mais importantes, visto que estes estão diretamente ligados à energia fornecida ao ramo, e possuem grande influência no desprendimento dos frutos. O modelo ajustado está apresentado pela Equação 4.

Tabela 7. Resultados do teste t para o modelo reduzido ajustado para a eficiência de derriça dos frutos de maturação cereja do cafeeiro

Variável	GL	Parâmetros estimados	Erro Padrão	Valores de t
Intercepto	1	8,7435	75,25	0,12
F	1	-1,2802	1,66	-0,77 ^{ns}
A	1	-25,0527	11,98	-2,09 ^{**}
C	1	12,9263	5,86	2,21 ^{**}
F x A	1	0,8234	0,26	3,13 ^{**}
F x C	1	-0,2685	0,13	-2,08 ^{**}

** P<0.05; ^{ns}: não significativo; $t_{5\%}(105) = 1.6595$; F - frequência; A - Amplitude; C- comprimento

$$ED_C = 8,744 - 1,280F - 25,053A + 12,926C + 0,823FA - 0,268FC \quad (4)$$

em que,

ED_C = Eficiência de derriça dos frutos cerejas, %;

F = frequência de vibração, Hz;

A = amplitude de vibração, mm;

C = comprimento do ramo, cm.

Nas Figuras 6a e 6b são apresentados os mapas de contorno do modelo ajustado para descrever a eficiência de derriça dos frutos de maturação cereja do cafeeiro com ramos de 50 mm e 100 mm, respectivamente.

Pode-se observar que em ramos com 50 mm de comprimento, a eficiência de derriça é mais sensível a variação conforme são variadas as frequências e amplitudes de vibração. Isso possivelmente ocorre devido ao fato de que em ramos maiores, maior é o efeito de amortecimento e por isso nem toda a energia implementada à base do ramo do café chega ao sistema fruto pedúnculo.

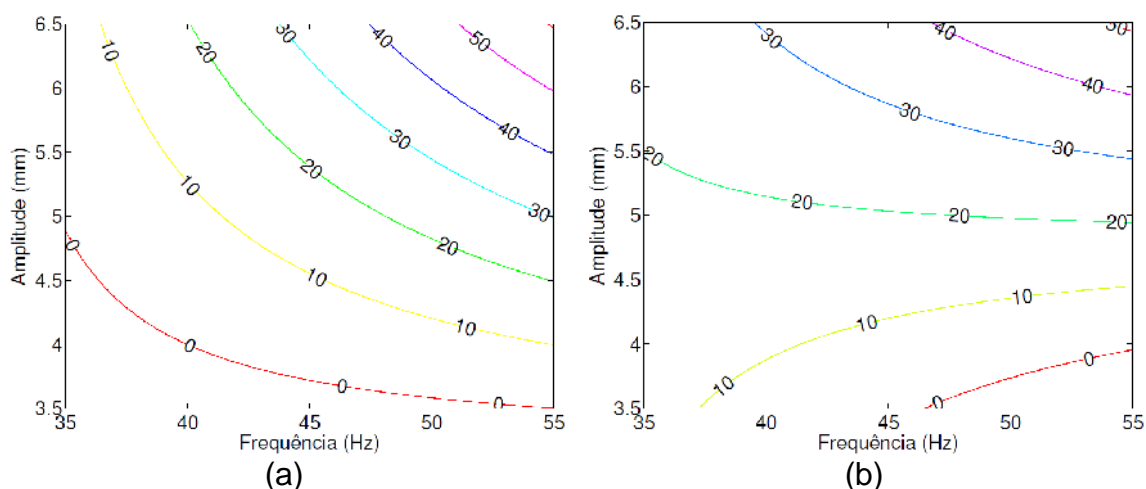


Figura 6. Mapas de contornos do modelo ajustado para avaliar a eficiência de derrida total dos frutos do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração em ramos com (a) 50 mm e (b) 100 mm.

Para os dados de eficiência de derrida coletados no final da safra, a mesma análise foi realizada e encontrou-se o modelo completo como significativo e a falta de ajuste como não significativa, indicando a adequabilidade do modelo, porém pelo teste t a 5% de probabilidade, apenas o comprimento do ramo e sua interação com a frequência de vibração se mostraram significativos.

Fundamentado nesses resultados ajustou-se um novo modelo apenas com os fatores significativos e sua análise de variância é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8. Análise de variância para os dados de eficiência de derrida dos frutos de maturação cereja do cafeeiro para o modelo reduzido ($\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + F\hat{\alpha}_1 + C\hat{\alpha}_2 + FC\hat{\alpha}_3$)

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo	3	5608,8648	1869,62	7,94**
Falta de Ajuste	26	11305,2865	434,82	1,85**
Tratamento	29	16914,1513	---	---
Resíduo	90	21198,0475	235,53	---
Total	119	38112,1988	---	---

** P<0,05; n.s. não significativo; $F_{5\%}(3 ; 90) = 2,719$; $F_{5\%}(26 ; 90) = 1,632$; $r^2 = 33,16\%$; $cv = 181,27\%$ F= frequência de vibração; C= comprimento do ramo; $\hat{\alpha}_i$ = parâmetros estimados.

A análise de variância (Tabela 8) mostra que a falta de ajuste foi significativa pelo teste F a 5% de probabilidade. De acordo com

MONTGOMERY e PACK (1992), esse resultado estaria indicando a estimação de um erro sistêmico devido ao uso de um modelo inadequado. O teste t está apresentado na Tabela 9.

Tabela 9. Resultados do teste t para o modelo reduzido estimado para a eficiência de derriça dos frutos de maturação cereja do cafeeiro

Variável	GL	Parâmetros estimados	Erro Padrão	Valores de t
Intercepto	1	-69,6572	39,55	-1,76
F	1	2,1625	0,87	2,49**
C	1	9,8682	4,99	1,97**
F x C	1	-0,2622	0,11	-2,39**

** P<0.05; n.s. não significativo; $t_{5\%}(90) = 1,6620$; F - frequência; C - Comprimento

O modelo gerado (Equação 5) possui um coeficiente de determinação de 33,16%, um valor muito baixo, mostrando mais uma vez a inadequabilidade do modelo. A geração de um novo modelo considerando-se a interação tripla entre os fatores poderia ser uma solução, porém mesmo encontrando uma falta de ajuste não significativa e um coeficiente de determinação mais alto, seu grau de complexidade dificultaria a análise do processo de derriça por vibração.

$$ED_C = 69,657 + 2,162F + 9,868C - 0,262FC \quad (5)$$

4.2.2 – Eficiência de derriça do fruto verde em arranjos com frutos de diferentes graus de maturação.

Analogamente ao procedimento anterior, para a geração do modelo, consideraram-se inicialmente todos os fatores avaliados no experimento.

A análise de variância do modelo completo para os dados coletados no meio da safra o apontou como significativo e a falta de ajuste como não significativa indicando sua adequabilidade para descrever a eficiência de derriça dos frutos de café verdes. O teste t para os parâmetros estimados apontou apenas a interação entre a frequência e amplitude de vibração como significativos, mostrando mais uma vez a importância desses na eficiência de derriça por vibração do fruto de maturação verde.

A partir dos resultados obtidos, partiu-se para um modelo reduzido considerando apenas os fatores apontados como significativos. A adequabilidade do modelo reduzido foi confirmada pela análise de variância (Tabela 10) que indicou um resultado significativo para o modelo e não significativo para a falta de ajuste.

Tabela 10. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro para o modelo reduzido ($\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + F\hat{\alpha}_1 + A\hat{\alpha}_2 + FA\hat{\alpha}_3$)

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo	3	21802,0000	7267,33	12,27**
Falta de Ajuste	11	10868,9396	988,09	1,67 ^{ns}
Tratamento	14	32670,9396	---	---
Resíduo	105	62207,4068	592,45	---
Total	119	94878,0000	---	---

** P<0,05; ^{ns}: não significativo; $F_{5\%}(3 ; 105) = 2,700$; $F_{5\%}(11 ; 105) = 1,890$; $r^2=66,73\%$; $cv=196,93\%$; F= frequência de vibração; A= amplitude de vibração; α_i = parâmetros estimados.

O teste t para os parâmetros estimados do modelo reduzido (Tabela 11) indicou a interação entre frequência e amplitude de vibração como significativa e a partir desse resultado, ajustou-se o modelo apresentado na Equação 6.

Tabela 11. Resultados do teste t para o modelo reduzido estimado para a eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro

Variável	GL	Parâmetros estimados	Erro Padrão	Valores de t
Intercepto	1	66,51305	60,28	1,1034
F	1	-2,1716	1,32	-1,6396 ^{ns}
A	1	-18,60743	11,72	-1,5880 ^{ns}
F x A	1	0,60876	0,26	2,3717**

** P<0.05; ^{ns}: não significativo; $t_{5\%}(105) = 1,6595$; F - frequência; A - Amplitude;

$$ED_v = 66,513 - 2,172 F - 18,607 A + 0,609 FA \quad (6)$$

em que,

ED_v = eficiência de derrça do fruto verde, %.

Nas Figuras 7 e 8 são apresentadas respectivamente a superfície de resposta e o mapa de contorno da eficiência de derrça do fruto de maturação verde.

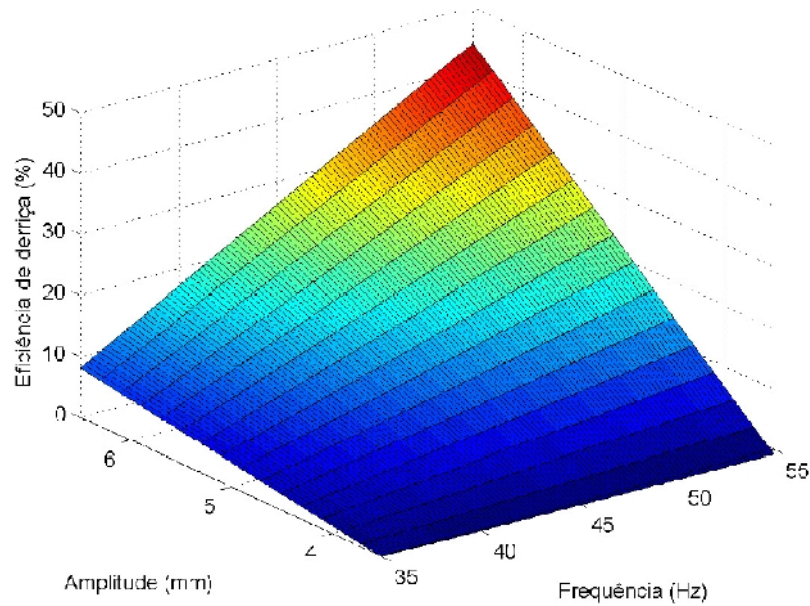


Figura 7. Superfície de resposta da eficiência de derriza dos frutos de maturação verde do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração.

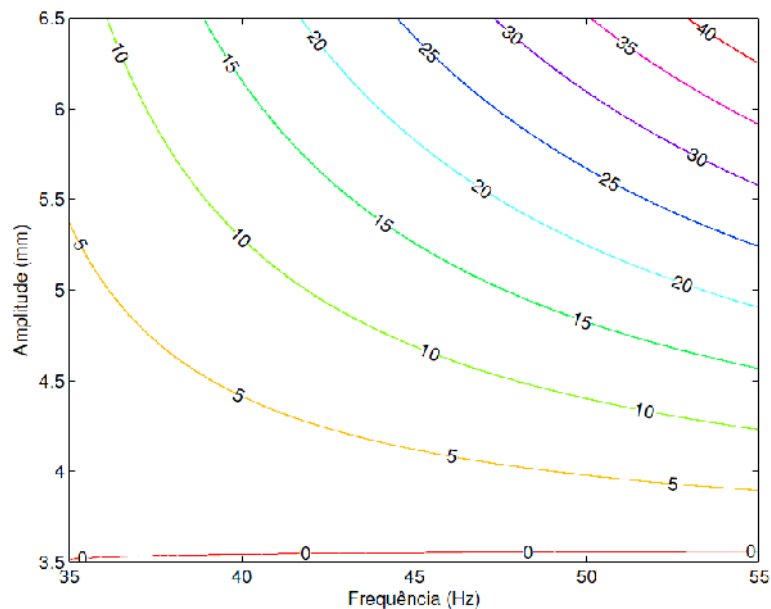


Figura 8. Mapa de contorno ajustado para avaliar a eficiência de derriza dos frutos de maturação verde em função da frequência e amplitude de vibração.

Pode-se observar pelas Figuras 7 e 8 que a eficiência de derriza para os frutos de maturação verde aumenta a medida que se aumenta também a frequência e amplitude de vibração implementadas ao ramo. Para a faixa estudada os valores alcançados no meio da safra para eficiência de derriza dos frutos verdes são inferiores a 50%.

Ao final da safra o mesmo experimento foi conduzido e o resultado do teste t para o modelo com todos os fatores apontou como significativos a 5% de probabilidade, a amplitude de vibração, o comprimento do ramo e as interações entre frequência e comprimento e frequência e amplitude, mostrando assim, que a frequência é um fator de influencia a eficiência de derrça assim como a amplitude de vibração e o comprimento do ramo.

Nas Tabelas 12 e 13 são apresentados os resultados da análise de variância para o modelo ajustado.

Tabela 12. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro para o modelo reduzido ($\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + \hat{F}_1 + \hat{A}_2 + \hat{C}_3 + \hat{FA}_4 + \hat{FC}_5$)

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo	5	10128	2025,60	8,60**
Falta de Ajuste	24	6786,1513	282,76	1,20 ^{ns}
Tratamento	29	16914,1513	---	---
Resíduo	90	21198,0475	235,53	---
Total	119	38112,1988	---	---

** P<0,05; ^{ns}. não significativo; $F_{5\%}(5; 90) = 2,329$; $F_{5\%}(24; 90) = 1,656$; $r^2=59,88\%$; $cv=238,72\%$; F= frequência de vibração; A= amplitude de vibração; C= comprimento do ramo; $\hat{\alpha}_i$ = parâmetros estimados.

Tabela 13. Resultados do teste t para o modelo reduzido estimado para a eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro

Variável	GL	Parâmetros estimados	Erro Padrão	Valores de t
Intercepto	1	12,1400	45,74	0,27
F	1	-0,4765	1,01	-0,47 ^{ns}
A	1	-16,7478	7,35	-2,28**
C	1	6,4315	3,60	1,79**
F x A	1	0,4740	0,16	2,93**
F x C	1	-0,1638	0,08	-2,06**

** P<0,05; ^{ns}. não significativo; $t_{5\%}(90) = 1,6620$; F - frequência; A - Amplitude; C- Comprimento

O modelo ajustado para a eficiência de derrça dos frutos de maturação verde em arranjos contendo frutos verdes e cerejas é apresentado na Equação 7.

$$ED_V = 12,140 - 0,477F - 16,747A + 6,431C + 0,474FA - 0,163FC \quad (7)$$

De acordo com os mapas de contorno gerados a partir da Equação 7 para ramos com 50 e 100 mm elucidados nas Figuras 9a e 9b respectivamente, observa-se que a eficiência de derrça para ramos de 50 mm foi maior do que nos ramos de 100 mm. O efeito da variação da frequência e amplitude de vibração sobre a eficiência de derrça foi mais sensível nos ramos de 5 centímetros alcançando eficiências próximas as 35% nas maiores faixas de frequência e amplitude de vibração.

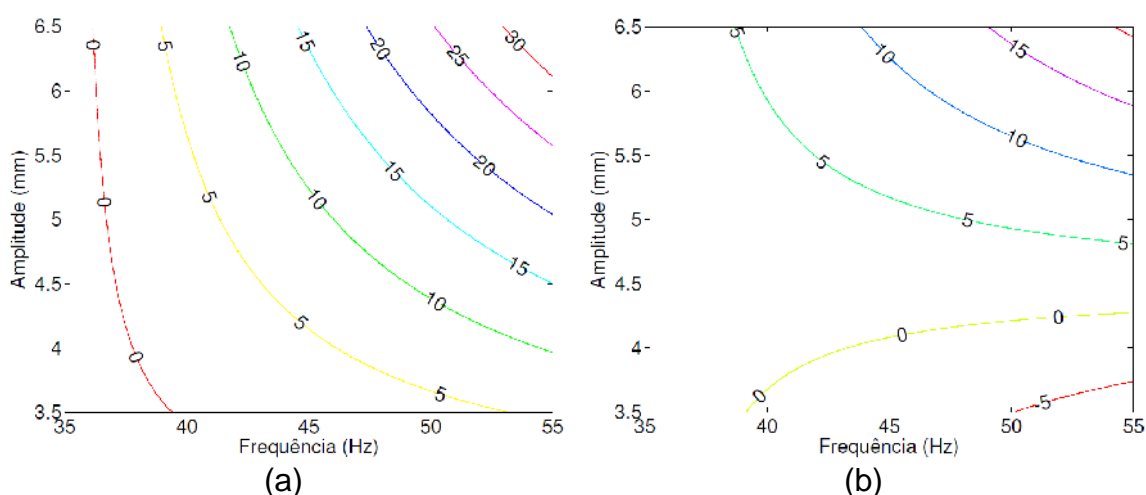


Figura 9. Mapa de contorno do modelo ajustado para avaliar a eficiência de derrça total dos frutos do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração em ramos com (a) 50 mm e (b) 10 mm de comprimento.

A descrição dos efeitos de diferentes combinações de frequência e amplitude sobre a eficiência de derrça nos diferentes graus de maturação dos frutos do cafeeiro pode indicar a possibilidade do uso de energia vibracional na seletividade da colheita, pois o desprendimento dos frutos acontece em proporções diferenciadas de acordo com o grau de maturação.

Nas faixas de frequência e amplitude de vibração, avaliadas no experimento, os modelos gerados para eficiência de derrça de frutos de maturação verde e cereja em arranjos contendo frutos com ambas as maturações, os resultados mostraram que a média de eficiência de derrça em uma mesma combinação de frequência e amplitude de vibração tendem a ser

maiores para frutos de maturação cereja. Corroborando os resultados encontrados por Santos (2008), que ao ajustar modelos para o estudo do efeito da frequência de vibração nos diferentes graus de maturação dos frutos na eficiência de derriça, ressaltou que, com base nos modelos ajustados, a média de eficiência de derriça para os frutos cereja tendeu a ser superior à média dos frutos verdes para frequências de vibração acima de 16,67 Hz.

SESSIZ e ÖZCAN (2006), em estudo experimental sobre a eficiência de colheita por vibração em azeitonas, avaliaram as frequências de 12, 16, 20 e 24 Hz e amplitude de 60 mm. Os resultados mostraram que as frequências de 20 e 24 Hz promoveram maiores eficiências de colheita e também observaram que a eficiência de colheita aumenta com o grau de maturação dos frutos.

4.2.3. Eficiência de derriça total

Para descrever os efeitos do comprimento do ramo de café e da frequência e amplitude de vibração sobre a eficiência de derriça total dos frutos do cafeeiro partiu-se de um modelo completo de regressão verificando-se o efeito de cada um desses fatores individualmente.

A análise de variância para o modelo completo mostrou que o mesmo foi significativo para representar a eficiência de derriça total dos frutos de café, além da falta de ajuste não ser significativa. No entanto, quando cada coeficiente de regressão ajustado foi comparado individualmente pelo teste t, foi possível verificar que somente a interação entre a frequência e a amplitude de vibração teve efeito significativo sobre a eficiência de derriça total dos frutos de café.

Sendo assim, um modelo reduzido contendo somente os fatores frequência e amplitude de vibração foi ajustado para representar a eficiência de derriça total dos frutos de café. A análise de variância para o modelo reduzido está apresentada na Tabela 14, na qual pode ser observada a significância do modelo e a não significância da falta de ajuste, o que denota que o modelo ajustado é adequado.

De acordo com MONTGOMERY e PECK (1992) é usual em delineamentos experimentais, o cálculo do coeficiente de determinação em função do somatório do quadrado dos tratamentos. O valor calculado para o

modelo ajustado nesse experimento foi de 75,82% e este é considerado um valor satisfatório, considerando a grande variabilidade de fatores quando se trabalha com colheita de café.

Tabela 14. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça total dos frutos de cafeeiro para o modelo reduzido $(\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + F\hat{\alpha}_1 + A\hat{\alpha}_2 + FA\hat{\alpha}_3)$

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo	3	25750	8583,33	15,36 ^{**}
Falta de Ajuste	11	8210,1777	746,38	1,34 ^{ns}
Tratamento	14	33960,1777		---
Resíduo	105	58668,9813	558,75	---
Total	119	92629	---	---

** P<0,05; ^{ns} não significativo; $F_{5\%}(3, 105) = 2,700$; $F_{1\%}(11 ; 105) = 1,890$; $r^2=75,82\%$; $cv=150,36\%$; F= frequência de vibração; A= amplitude de vibração; $\hat{\alpha}_i$ = parâmetros estimados.

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados para o teste t para os parâmetros estimados para o modelo reduzido.

Tabela 15. Resultados do teste “t” para os parâmetros estimados do modelo reduzido de eficiência total de derrça do fruto do cafeeiro

Variável	GL	Parâmetros estimados	Erro Padrão	Valores de t
Intercepto	1	82,8617	58,26	1,42
F	1	-2,5983	1,29	-2,02 ^{**}
A	1	-20,3751	11,33	-1,79 ^{**}
F x A	1	0,6751	0,25	2,71 ^{**}

** P<0.05; ^{ns} não significativo; $t_{5\%}(105)=1.6595$; F - frequência; A - Amplitude.

O modelo ajustado para a eficiência de derrça total do fruto do cafeeiro é apresentado pela Equação 8.

$$ED_T = 82,167 - 2,598 F - 20,375 A + 0,675 FA \quad (8)$$

em que,

ED_T = eficiência de derrça total dos frutos de café, %.

Nas Figuras 10 e 11 são apresentados, respectivamente, a superfície de resposta e o mapa de contorno do modelo ajustado para a eficiência de derrça total dos frutos do cafeeiro.

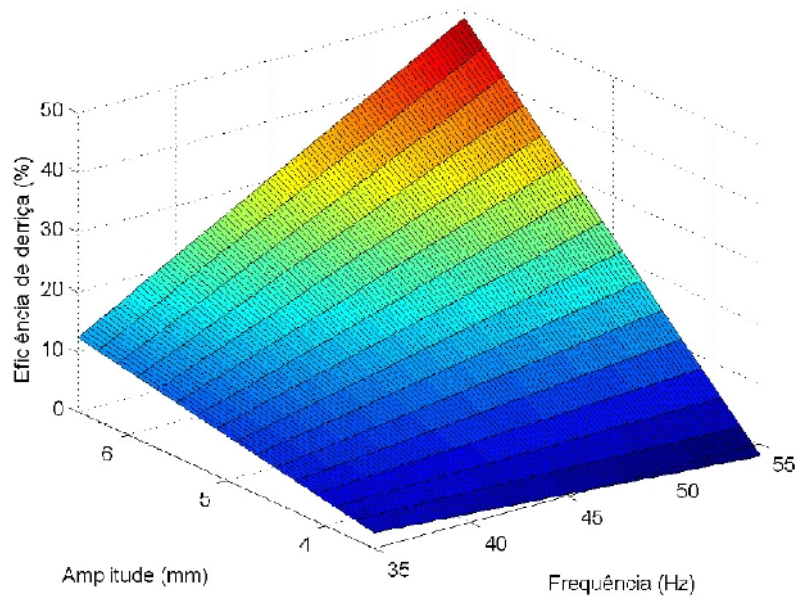


Figura 10. Superfície de resposta para a eficiência de decaffeinação total dos frutos do cafeeiro.

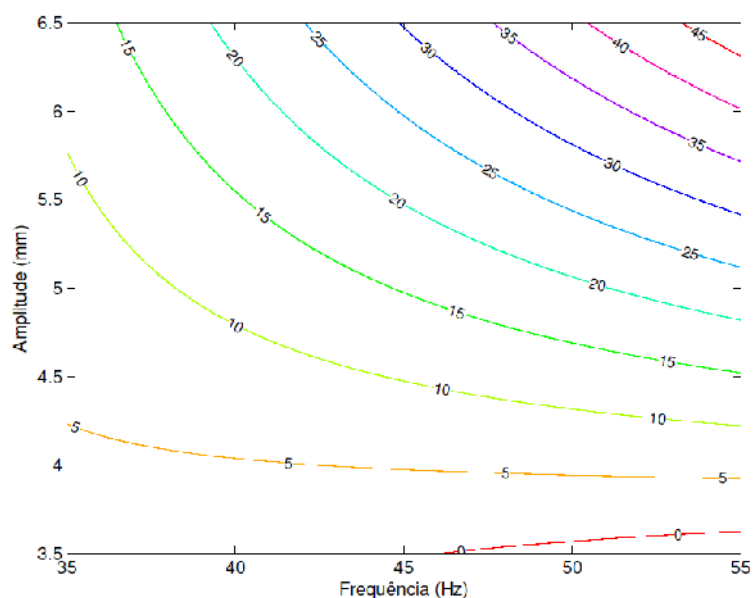


Figura 11. Mapa de contorno do modelo de superfície de resposta ajustado para a eficiência de decaffeinação total do fruto do cafeeiro.

Pode-se observar por meio das Figuras 10 e 11 que com o aumento da frequência e da amplitude de vibração, obtém-se uma maior eficiência de decaffeinação do fruto do cafeeiro. Santos (2008) defende que o comportamento crescente da eficiência de decaffeinação, quando a frequência e a amplitude são aumentadas, pode ser atribuído ao fato de que quanto maior o valor dessas grandezas maior é a energia transmitida ao fruto.

O maior valor de eficiência de decaffeinação para os valores não atingiu valores superiores a 50%, o que pode ser insatisfatório para uma aplicação em campo,

caso fosse feita a colheita em uma só etapa. Verifica-se também pela Figura 11 que menores frequências e amplitudes propiciam uma menor variação na eficiência de derrça, no entanto para valores maiores para ambas as frequências, a variação da eficiência de derrça total é maior.

O mesmo experimento foi repetido ao final da safra. Foi feita a análise de variância e assim como no experimento anterior o resultado indicou que o modelo linear proposto é significativo pelo teste F a 5% de probabilidade e não significativo para a falta de ajuste. O que exprime que o modelo poderia ser usado para descrever o efeito dos fatores comprimento do ramo, frequência e amplitude de vibração sobre a eficiência de derrça. Diferente do experimento realizado no meio da safra, o teste t a 5% de probabilidade para os parâmetros estimados, considerou também o fator comprimento do ramo como significativo, bem como a frequência e a amplitude de vibração, ficando como não significativos apenas os termos quadráticos e a interação amplitude de vibração e comprimento do ramo.

Fundamentado nos resultados encontrados, partiu-se para um modelo reduzido em função apenas dos fatores significativos. A análise de variância é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça total dos frutos de cafeeiro para o modelo reduzido do final da safra ($\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + F\hat{\alpha}_1 + A\hat{\alpha}_2 + C\hat{\alpha}_3 + FA\hat{\alpha}_4 + FC\hat{\alpha}_5$)

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo	5	12980,000	2596,00	12,34 ^{**}
Falta de Ajuste	24	7636,484	318,19	1,51 ^{ns}
Tratamento	29	20616,484		---
Resíduo	90	18935,274	210,39	---
Total	119	39551,782	---	---

** P<0,05; ^{ns}. não significativo; $F_{5\%}(5 ; 90) = 2,329$; $F_{5\%}(24 ; 90) = 1,656$; $r^2=62,96$; $cv=139,63$; F= frequência de vibração; A= amplitude de vibração; C= comprimento do ramo; α_i = parâmetros estimados.

Da análise de variância (Tabela 16) pode-se verificar que o modelo reduzido foi significativo e a falta de ajuste como não significativa, indicando uma adequabilidade do modelo para descrever o efeito da variação do comprimento do ramo e da frequência e amplitude de vibração sobre a eficiência de derrça total dos frutos do cafeeiro. Aplicando-se o teste t para os

parâmetros estimados (Tabela 17) verificou-se que o comprimento do ramo e as interações entre a frequência e o comprimento e a frequência e a amplitude de vibração como significativos, deixando clara a importância dessas variáveis no processo de colheita total por vibração.

Tabela 17. Resultados do teste “t” para os parâmetros estimados do modelo reduzido de eficiência total de derrça do fruto do cafeeiro

Variável	GL	Parâmetros estimados	Erro Padrão	Valores de t
Intercepto	1	-17,91951	43,65	-0,4105
Frequência (F)	1	0,19432	0,67	0,2900 ^{ns}
Amplitude (A)	1	-10,05425	6,97	-1,4420 ^{ns}
Comprimento (C)	1	7,53405	3,41	2,21037 ^{***}
F x A	1	0,36280	0,15	2,3683 ^{**}
F x C	1	-0,20076	0,07	-2,6840 ^{**}

^{**} P<0.05; ^{ns} não significativo; $t_{5\%}(90) = 1,6620$

Na equação 9 é apresentado o modelo ajustado para descrever a eficiência de derrça total do fruto do cafeeiro no final da safra, em função do comprimento do ramo e da frequência e amplitude de vibração.

- Modelo ajustado

$$ED_T = -17,919 + 0,194F - 10,054A + 7,534C + 0,363FA - 0,201FC \quad (9)$$

Nas Figuras 12a e 12b tem-se o mapa de contorno da eficiência de derrça ajustado a partir da equação 9 para os ramos com comprimento de 50 mm e 100 mm respectivamente.

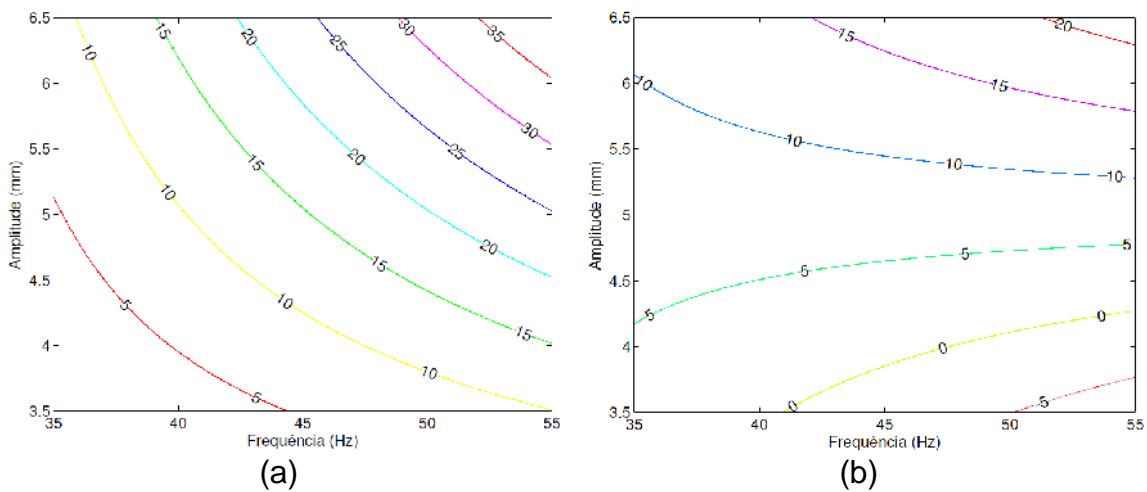


Figura 12. Mapa de contorno do modelo ajustado para avaliar a eficiência de derrça total dos frutos do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração em ramos com (a) 50 mm e (b) 100 mm de comprimento.

Assim como nos resultados encontrados no meio da safra, os valores de eficiência de derrça são maiores à medida que se aumenta a frequência e a amplitude de vibração implementadas ao ramo, porém o maior valor estimado de eficiência de derrça total no final da safra foi inferior a 40%. Mesmo para os valores estimados de eficiência de derrça no meio da safra a colheita total dos frutos do cafeeiro pode não ser uma alternativa viável, visto que não se alcançaria valores superiores a 50% de derrça em uma única passada, o que tornaria o processo inviável.

4.3. Análise de variância para os resultados dos ensaios de derrça por vibração com ramos de café contendo arranjos de frutos verdes e cerejas separadamente.

Nas Tabelas 18 e 19 são apresentados os resultados da análise de variância para a eficiência da derrça obtida a partir dos testes realizados com os ramos de café contendo arranjos de frutos verdes (Tabela 18) e cerejas (Tabela 19) separadamente. Pode-se observar pelos resultados da análise de variância que a interação tripla entre o comprimento do ramo, e a frequência e a amplitude de vibração, foi não significativa tanto para o experimento com

ramos contendo arranjos de frutos verdes quanto para o experimento com ramos contendo arranjos de frutos cerejas.

Tabela 18. Análise de variância para os dados de eficiência de derricha dos frutos verdes do cafeeiro

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Frequência (F)	4	18160,000	4540,00	20,03 ^{**}	<0,001
Amplitude (A)	2	9528,889	4764,44	21,02 ^{**}	<,0001
Comprimento (C)	1	1284,444	1284,44	5,67 ^{**}	0,0205
F*A	8	14560,000	1820,00	8,03 ^{**}	<,0001
F*C	4	1626,667	406,67	1,79 ^{ns}	0,1418
A*C	2	1742,222	871,11	3,84 ^{**}	0,0269
F*A*C	8	2080,000	260,00	1,15 ^{ns}	0,3460
Tratamento	29	48982,222	1689,04	----	----
Resíduo	60	13600,000	226,67	----	----
Total	89	62582,222	703,17	----	----

** - significativo ao nível de 5% de probabilidade. ns - não-significativo

Tabela 19. Análise de variância para os dados de eficiência de derricha dos frutos cerejas do cafeeiro

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Frequência (F)	4	3804,444	951,11	0,94 ^{ns}	0,4479
Amplitude (A)	2	25662,222	12831,11	12,66 ^{**}	<,0001
Comprimento (C)	1	360,000	360,00	0,36 ^{ns}	0,5534
F*A	8	6115,556	764,44	0,75 ^{ns}	0,6437
F*C	4	995,556	248,89	0,25 ^{ns}	0,9112
A*C	2	1520,000	760,00	0,75 ^{ns}	0,4767
F*A*C	8	2257,778	282,22	0,28 ^{ns}	0,9706
Tratamento	29	40715,556	1403,98	----	----
Resíduo	60	60800,000	1013,33	----	----
Total	89	101515,556	1,14	----	----

** - significativo ao nível de 5% de probabilidade. ns - não-significativo

Nos tópicos seguintes serão discutidos os modelos gerados para descrever os efeitos dos fatores comprimento dos ramos e amplitude e frequência de vibração sobre a eficiência de derricha dos frutos do cafeeiro em arranjos contendo cada uma das maturações separadamente.

4.3.1 – Arranjo de Verdes

A análise de variância para o modelo completo com teste “F” a 5% de probabilidade indicou o modelo como significativo e a falta de ajuste como não significativa, e sendo assim o modelo foi considerado adequado para descrever os dados. Contudo o teste “t” a 5% para os parâmetros do modelo completo indicaram apenas o termo quadrático da amplitude de vibração como não significativo e fundamentado nesse resultado partiu-se para um modelo reduzido desconsiderando o termo quadrático da amplitude de vibração. A análise de variância do modelo reduzido é apresentada na Tabela 20.

Tabela 20. Análise de variância para os dados de eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro para o modelo reduzido

$$(\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + F\hat{\alpha}_1 + A\hat{\alpha}_2 + C\hat{\alpha}_3 + F^2\hat{\alpha}_4 + FC\hat{\alpha}_5 + FA\hat{\alpha}_6 + AC\hat{\alpha}_7)$$

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo	7	41447	5921	4,95**
Falta de Ajuste	22	7535,222	342,5101	1,24 ^{ns}
Tratamento	29	48982,222	---	---
Resíduo	60	13600,0000	226,6667	---
Total	89	62582	---	---

** P<0,05; ^{ns}. não significativo; F_{5%}(7 ; 60) = 2,167; F_{5%}(22 ; 60) = 1,725; r²=84,62%; cv=151,37%; F= frequência de vibração; A= amplitude de vibração; C= comprimento do ramo; α_i = parâmetros estimados.

O modelo reduzido foi também considerado adequado de acordo com a análise de variância (Tabela 20) que indicou o modelo como significativo e a falta de ajuste como não significativa pelo teste “F” a 5% de probabilidade. O teste “t” do modelo reduzido (Tabela 21) foi significativo para os parâmetros estimados da frequência e amplitude de vibração e para o comprimento do ramo bem como para as interações entre eles.

Tabela 21. Resultados do teste “t” para os parâmetros estimados do modelo reduzido de eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro

Variável	GL	Parâmetros estimados	Erro Padrão	Valores de t
Intercepto	1	156,544	30,82	5,08
Frequência (F)	1	-5,9556	0,88	-6,76**
Amplitude (A)	1	-23,500	5,20	-4,52**
Comprimento (C)	1	-8,600	3,10	-2,77**
F x F	1	0,040	0,01	4,27**
F x C	1	0,111	0,04	2,47**
F x A	1	0,633	0,09	6,91**
A x C	1	1,244	0,52	2,40**

** P<0,05; n.s. não significativo; $t_{5\%}(90) = 1,6706$

O modelo ajustado que descreve a eficiência de derrça dos frutos de café verdes em ramos com arranjos de frutos de mesma maturação é apresentado na Equação 10. Na Figura 13 é apresentado um mapa de contorno do modelo ajustado mostrando a eficiência de derrça alcançada fixando os comprimentos de 5 e 10 centímetros testados nos ensaios laboratoriais.

$$ED_v = 156,544 - 5,956 F - 23,500 A - 8,600 C + 0,040 F^2 + 0,111 FC + 0,633 FA + 1,244 AC$$

(10)

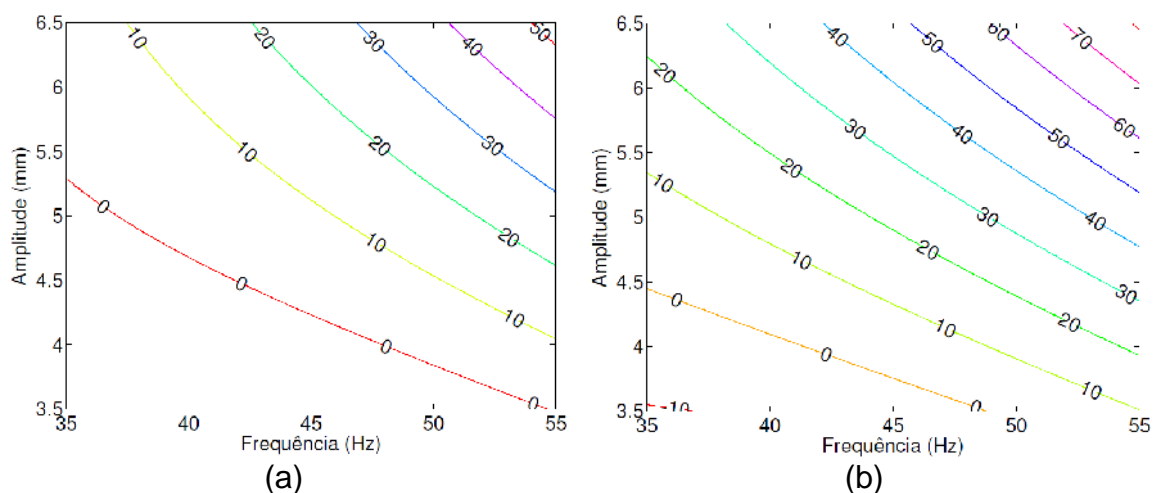


Figura 13. Mapa de contorno do modelo ajustado para avaliar a eficiência de derrça dos frutos de maturação verde do cafeeiro em função da frequência e amplitude de vibração em ramos com (a) 50 mm e (b) 100 mm de comprimento.

Os mapas de contorno deixam claro que como nos resultados anteriores a eficiência de derrça aumenta com o aumento da frequência e amplitude de vibração implementadas aos ramos e nesse caso o comprimento do ramo também teve grande influencia. Para ramos com 50 mm de comprimento a máxima eficiência de derrça que se poderia ter trabalhando dentro da faixa avaliada seria próxima a 50% enquanto para os ramos de 100 mm esse valor subiria para 80%. A transmissibilidade da vibração pelo sistema estrutural pode ser o fator responsável por essa grande diferença, de acordo com Fridley e Yung (1975), citados por Aristizabal (2003), a transmissão de vibração do sistema estrutural influencia o desprendimento dos frutos, árvores com ramos duros e retos têm melhor transmissão da vibração do que aqueles com ramos em forma de arco, pois, neste último caso, o movimento é insuficiente para produzir a força necessária para o destacamento.

4.3.2 – Arranjo de Cerejas

Apesar da análise de variância para o modelo completo para os dados de eficiência de derrça para os frutos de café em arranjos contendo apenas frutos de maturação cereja mostrar a possível adequabilidade do modelo para descrever o desprendimento dos frutos, o teste t indicou que apenas a amplitude de vibração teve influência significativa na derrça. Fundamentado nesse resultado partiu-se para a análise do modelo reduzido em função apenas da amplitude de vibração.

O resultado da análise de variância para o modelo reduzido (Tabela 22) aponta para a adequabilidade do modelo indicando este como significativo e a falta de ajuste como não significativa, sendo também confirmada pelo teste t (Tabela 23) a significância dos parâmetros do modelo reduzido.

Tabela 22. Análise de variância para os dados de eficiência de derricha dos frutos de maturação cereja do cafeeiro para o modelo reduzido

$$(\hat{y} = \hat{\alpha}_0 + A \hat{\alpha}_1)$$

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo	1	25627	25627	29,39**
Falta de Ajuste	1	35,2222	35,2222	0,04 ^{ns}
Tratamento	2	25662,2222	---	---
Resíduo	87	75853,3333	871,88774	---
Total	89	101515,5556	---	---

** P<0,05; ^{ns.} não significativo; F_{5%}(1 ; 87) = 3,961; r²=99,86%; cv=124,18%; A= amplitude de vibração; $\hat{\alpha}_i$ = parâmetros estimados.

Tabela 23. Resultados do teste “t” para os parâmetros estimados do modelo reduzido de eficiência de derricha dos frutos de maturação cereja do cafeeiro

Variável	GL	Parâmetros estimados	Erro Padrão	Valores de t
Intercepto	1	-45,11111	13,07	-3,45**
Amplitude (A)	1	13,7778	2,54	5,42**

** P<0.05; ^{ns.} não significativo; t_{5%}(87) = 1.6626

Na equação 11 apresenta-se o modelo ajustado para a eficiência de derricha dos frutos de café de maturação cereja, em função da amplitude de vibração aplicada ao ramo no experimento contendo apenas frutos cereja. Na Figura 14 é mostrada a reta que descreve o efeito da amplitude de vibração sobre a eficiência de derricha dos frutos de café de maturação cereja.

$$ED_c (\%) = - 45,111 + 13,778 A \quad (11)$$

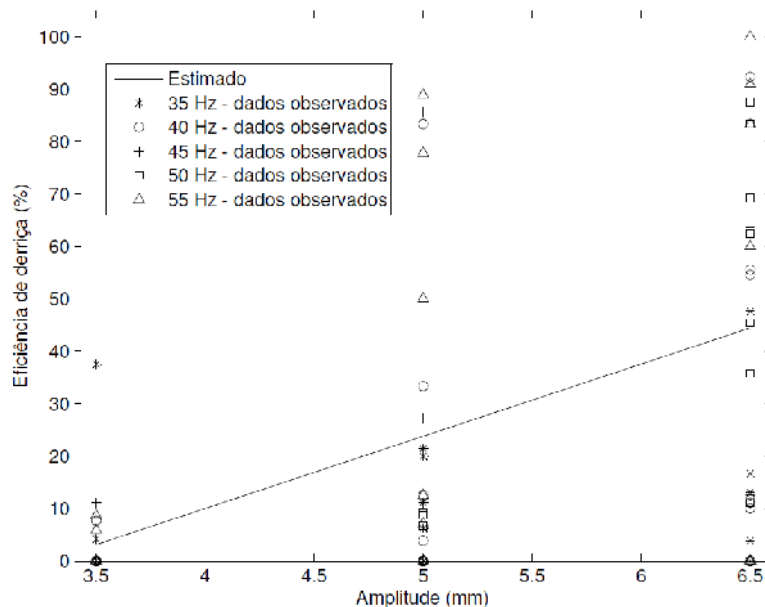


Figura 14. Curva da eficiência de derrça em função da amplitude de vibração e valores de eficiência de derrça encontrados em laboratório para ramos com frutos apenas de maturação cereja.

De acordo com os modelos gerados para descrever a eficiência de derrça dos frutos de café de maturação verde e cereja, equações 10 e 11 respectivamente, observa-se que a eficiência de derrça estimada dos frutos verdes foi próxima de 80% e a dos frutos cerejas foi inferior a 45%, o que seria indesejável. Porém, essa diferença encontrada mostra que de acordo com o grau de maturação, a eficiência de derrça varia para uma mesma faixa de amplitude e frequência de vibração aplicada. Isso significa que a máquina de colheita tenha que ser regulada de acordo com o estágio de maturação dos frutos. Além disso, pode ser um indicativo da possibilidade do uso da energia vibracional na colheita seletiva do fruto do cafeeiro.

5 – CONCLUSÕES

Quanto ao efeito dos fatores frequência de vibração, amplitude de vibração, comprimento do ramo e grau de maturação com relação a eficiência de derriça dos frutos do cafeeiro, em ramos contendo frutos de diferentes graus de maturação, pode-se concluir que:

- o resultado da eficiência de derriça do café no meio da safra não apresentou diferença significativa estatisticamente entre os graus de maturação verde e cereja;
- no final da safra o fator grau de maturação foi significativo para os valores de eficiência de derriça, apontando influência do período da colheita na seletividade da derriça por vibração;
- a interação entre os fatores frequência e amplitude de vibração foi significativa, indicando a importância do estudo conjunto desses fatores na eficiência de derriça;
- em ramos com 50 mm a eficiência de derriça tem maior variação, quando comparado à obtida com ramos de 100 mm, conforme são variadas as frequências e amplitudes de vibração;
- nas faixas de frequência e amplitude de vibração avaliadas, os modelos gerados para eficiência de derriça de frutos de maturação verde e cereja, mostraram que a média de eficiência de derriça em uma mesma combinação de frequência e amplitude de vibração tendem a ser maiores para frutos de maturação cereja;
- na faixa de frequência e amplitude de vibração avaliadas, a colheita total por vibração dos frutos do cafeeiro pode não ser uma alternativa viável, pois não se alcançaria valores superiores a 50% de eficiência de derriça em uma única passada, para os níveis de frequências e amplitudes avaliadas

Quanto ao efeito dos fatores frequência e amplitude de vibração, comprimento do ramo com relação a eficiência de derrida dos frutos do cafeeiro, em ramos contendo arranjo de frutos com maturação verde ou cerejas, pode-se concluir que:

- para os ramos com frutos de maturação verde, com 50 mm de comprimento, a máxima eficiência de derrida alcançada trabalhando dentro da faixa avaliada seria próxima a 50% enquanto para os ramos de 100 mm esse valor subiria para 80%;
- no experimento com arranjos de frutos de maturação cereja, apenas a amplitude de vibração teve efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade;
- os valores máximos de eficiência de derrida estimados pelos modelos apontam que na faixa de frequência e amplitude avaliada os valores de eficiência de derrida do fruto de maturação verde seria maior que os dos frutos de maturação cereja.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC – Associação Brasileira da Indústria do Café. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/estatisticas.html#intro>>. Acesso em: 17 de outubro de 2010.

BLISKA, F. M. M. et al. Dinâmica fitotécnica e socioeconômica da cafeicultura brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 15-18, jan. 2009.

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

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Custo de produção estimado - Agricultura Empresarial: Safra café Arábica 2009**. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 12 de novembro de 2009b.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da Safra Cafeeira 2009 – Quarta Estimativa, Dezembro/2009**. 18 p. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da Safra Agrícola Cafeeira 2010 – Terceira Estimativa, Setembro/2010**. 18 p. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 21 de setembro de 2010.

COPPOCK, G.E. Properties of young and mature Valencia oranges related to selective harvesting by mechanical means. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 15, n. 2, p. 235-238, 1972.

CORTEZ, J. G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida no café**. Piracicaba, SP: ESALQ. 2001. 71p. Tese de doutorado

ESPINOSA, B.G.; RODRIGUEZ, A.M. e MUSA, A.H. Cálculo de los parámetros de un vibrador inercial de alta frecuencia para la cosecha selectiva del café. **Revista Ciencia Técnicas Agropecuárias**, v. 15, n. 4, p.1-7, 2006.

GOMES, F. P. (2000). Curso de estatística experimental. 14^a ed., Nobel, Piracicaba, 477 p. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2009). Área, produção e rendimento.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de outubro de 2009.

ICO – International Coffee Organization. **Total production of exporting countries crop years commencing: 2004 to 2009.** Disponível em: <<http://dev.ico.org/prices/po.htm>>. Acesso em: 16 de maio de 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área, produção e rendimento.** Confronto das Safras de 2009 e das Estimativas para 2010. Disponível em < www.ibge.gov.br >. Acesso em 04 de julho de 2010.

MBUGE, D.O. e LANGAT, P.K. Principles of a mechanical shaker coffee harvesting. **The CIGR E-Journal**. v. 10. P1-15. 2008.

MONTGOMERY, D. C. e PECK E. A. **Introduction to linear regression analysis.** USA, John Wiley e Sons, Inc., 1992. 527p.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **e-Handbook of Statistical Methods**, 2003, Disponível em: <<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>>. Acesso em 11 de janeiro de 2011.

OLIVEIRA, E.; SILVA F. M.; SALVADOR, N.; SOUZA, Z. M.; SARA M. C.; e FIGUEIREDO, C. A. P. Custos Operacionais da Colheita Mecanizada do Cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.827-831, 2007

PIMENTA, C. J. ; CHALFOUN, S. M. Composição microbiana associada ao café em coco e beneficiado, colhido em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 25, n. 3, p. 677-682, 2001.

QUEIROZ, D.M.; SANTOS, F.L. e PINTO, F.A.C. **Analysis of Coffee Harvesting Process by Vibration.** The 2007 ASABE Annual International Meeting. ASABE Paper No. 07-1142. St. Joseph, Mich. 13 páginas. 2007.

REVISTA CAFEICULTURA. **Movimento S.O.S Cafeicultura – Marcha pelo café acontece em Varginha/MG em 16 de março de 2009.** Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=19618>>. Acesso: em 05 de dezembro de 2009.

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

SANTOS, F. L., QUEIROZ, D. M., PINTO, F. A. C., RESENDE, R. C. Efeito da frequência e amplitude de vibração sobre a derriça de frutos de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n 4, p.425-431, 2010.

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

SILVA, F.M.; CARVALHO, G.R.; SALVADOR, N. Mecanização da colheita do café. **Informe Agropecuário**, v.18, p.43-54, 1997.

SILVA, F. M., **Colheita do café mecanizada e semi-mecanizada**. Lavras, MG: UFLA. 2001. 88p. Boletim de Extensão.

SOUZA, C. M. A. **Desenvolvimento e modelagem de sistemas de derriça e de abanação de frutos do cafeeiro**. Viçosa, MG: UFV. 2004. 123p. Tese de Doutorado.

SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C. e TEIXEIRA M. M. Desempenho de Derriçadora Portátil de Frutos do Cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.791-800, 2005.

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M. e RAFUL, L. Z. L. Derriçadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1637-1642, 2006.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. **Engineering principles of agricultural machines**. Michigan: ASAE. 1996. 601p.

TEIXEIRA, S. M.; CAIXETA, G. Z. T.; DONZELE, M. L. **Viabilidade econômica da cafeicultura da agricultura familiar na Zona da Mata de Minas Gerais**. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/9/820.pdf>>

VILLIBOR, G. P., QUEIROZ, D. M., PINTO, F. A. C., GUEDES, D. M. Effect of frequencies and low amplitudes of vibration on coffee fruit harvesting efficiency. In: International Conference on Agricultural Engineering.

WIEZEL, J. B. C. **Qualidade da bebida do café**. Curso (Pós-Graduação em Fitotecnia), Piracicaba, ESALQ, 24p. 1981.

7- APÊNDICE

DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS NOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

Tratamento	Frequência (Hz)	Amplitude (mm)	Comprimento (mm)
1	35	3,5	5,0
2	35	5,0	5,0
3	35	6,5	5,0
4	35	3,5	10,0
5	35	5,0	10,0
6	35	6,5	10,0
7	40	3,5	5,0
8	40	5,0	5,0
9	40	6,5	5,0
10	40	3,5	10,0
11	40	5,0	10,0
12	40	6,5	10,0
13	45	3,5	5,0
14	45	5,0	5,0
15	45	6,5	5,0
16	45	3,5	10,0
17	45	5,0	10,0
18	45	6,5	10,0
19	50	3,5	5,0
20	50	5,0	5,0
21	50	6,5	5,0
22	50	3,5	10,0
23	50	5,0	10,0
24	50	6,5	10,0
25	55	3,5	5,0
26	55	5,0	5,0
27	55	6,5	5,0
28	55	3,5	10,0
29	55	5,0	10,0
30	55	6,5	10,0

ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE COMPRIMENTO DOS FRUTOS VERDES E CEREJA COLETADOS EM LABORATÓRIO.

FV	GL	SQ	QM	F	P valor
Tratamento	1	20,0806	20,0806	20,56	<0,0001
Resíduo	812	793,2104	0,9769	---	
Total	813	813,2910	---	---	

ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE DIÂMETRO MAIOR DOS FRUTOS VERDES E CEREJA COLETADOS EM LABORATÓRIO.

FV	GL	SQ	QM	F	P valor
Tratamento	1	268,6115	268,6115	410,8600	<0,0001
Resíduo	812	530,8633	0,6538	---	
Total	813	799,4748	---	---	

ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE DIÂMETRO MENOR DOS FRUTOS VERDES E CEREJA COLETADOS EM LABORATÓRIO.

FV	GL	SQ	QM	F	P valor
Tratamento	1	165,7633	165,7633	251,03	<0,0001
Resíduo	812	536,1999	0,6603	---	
Total	813	701,9632	---	---	

ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS DADOS DE MASSA DOS FRUTOS VERDES E CEREJA COLETADOS EM LABORATÓRIO.

FV	GL	SQ	QM	F	P valor
Tratamento	1	0,7251	0,7251	169,64	<0,0001
Resíduo	34	0,1453	0,0043	---	
Total	35	0,8705	---	---	

**RESULTADOS DE EFICIÊNCIA DE DERRIÇA ENCONTADOS EM FUNÇÃO
DOS TRATAMENTOS REALIZADOS NO INÍCIO DA SAFRA**

Trat	F	A	C	%Der. Verde	%Der. Cereja	%Der Total
1	35	3,5	5	0,00	0,00	4,17
1	35	3,5	5	0,00	0,00	0,00
1	35	3,5	5	0,00	0,00	0,00
1	35	3,5	5	0,00	0,00	0,00
2	35	5	5	0,00	0,00	0,00
2	35	5	5	0,00	0,00	0,00
2	35	5	5	0,00	0,00	20,00
2	35	5	5	0,00	0,00	6,25
3	35	6,5	5	0,00	25,00	16,67
3	35	6,5	5	0,00	0,00	0,00
3	35	6,5	5	0,00	0,00	0,00
3	35	6,5	5	0,00	0,00	0,00
4	35	3,5	10	0,00	60,00	37,50
4	35	3,5	10	0,00	0,00	0,00
4	35	3,5	10	0,00	0,00	0,00
4	35	3,5	10	0,00	0,00	0,00
5	35	5	10	0,00	0,00	0,00
5	35	5	10	0,00	33,33	11,11
5	35	5	10	0,00	0,00	0,00
5	35	5	10	0,00	30,00	21,43
6	35	6,5	10	0,00	0,00	0,00
6	35	6,5	10	53,33	33,33	47,62
6	35	6,5	10	0,00	30,00	13,04
6	35	6,5	10	0,00	14,29	3,85
7	40	3,5	5	0,00	0,00	0,00
7	40	3,5	5	16,67	0,00	7,69
7	40	3,5	5	0,00	0,00	0,00
7	40	3,5	5	0,00	0,00	0,00
8	40	5	5	0,00	0,00	3,85
8	40	5	5	33,33	25,00	33,33
8	40	5	5	0,00	0,00	0,00
8	40	5	5	0,00	0,00	0,00
9	40	6,5	5	0,00	0,00	0,00
9	40	6,5	5	0,00	20,00	11,11
9	40	6,5	5	20,00	0,00	12,50
9	40	6,5	5	0,00	0,00	0,00
10	40	3,5	10	0,00	0,00	0,00
10	40	3,5	10	0,00	0,00	0,00
10	40	3,5	10	0,00	0,00	0,00
10	40	3,5	10	0,00	0,00	0,00
11	40	5	10	0,00	0,00	12,50

Continuação

11	40	5	10	100,00	66,67	83,33
11	40	5	10	0,00	0,00	0,00
11	40	5	10	0,00	0,00	0,00
12	40	6,5	10	0,00	14,29	10,00
12	40	6,5	10	88,89	100,00	92,31
12	40	6,5	10	40,00	66,67	55,56
12	40	6,5	10	66,67	40,00	54,55
13	45	3,5	5	0,00	0,00	0,00
13	45	3,5	5	0,00	0,00	0,00
13	45	3,5	5	0,00	0,00	0,00
13	45	3,5	5	0,00	0,00	0,00
14	45	5	5	0,00	0,00	0,00
14	45	5	5	0,00	0,00	0,00
14	45	5	5	0,00	0,00	0,00
14	45	5	5	0,00	0,00	0,00
15	45	6,5	5	0,00	0,00	0,00
15	45	6,5	5	0,00	58,33	50,00
15	45	6,5	5	63,64	60,00	63,64
15	45	6,5	5	0,00	50,00	20,00
16	45	3,5	10	0,00	0,00	0,00
16	45	3,5	10	0,00	0,00	0,00
16	45	3,5	10	0,00	0,00	0,00
16	45	3,5	10	0,00	0,00	11,11
17	45	5	10	66,67	100,00	85,71
17	45	5	10	0,00	0,00	0,00
17	45	5	10	0,00	0,00	0,00
17	45	5	10	0,00	42,86	27,27
18	45	6,5	10	0,00	0,00	0,00
18	45	6,5	10	0,00	0,00	0,00
18	45	6,5	10	0,00	0,00	0,00
18	45	6,5	10	0,00	25,00	12,50
19	50	3,5	5	0,00	0,00	0,00
19	50	3,5	5	0,00	0,00	0,00
19	50	3,5	5	0,00	0,00	0,00
19	50	3,5	5	0,00	0,00	0,00
20	50	5	5	0,00	20,00	8,70
20	50	5	5	0,00	0,00	0,00
20	50	5	5	0,00	0,00	0,00
20	50	5	5	0,00	0,00	0,00
21	50	6,5	5	25,00	100,00	35,71
21	50	6,5	5	62,50	80,00	69,23
21	50	6,5	5	28,57	75,00	45,45
21	50	6,5	5	75,00	100,00	83,33
22	50	3,5	10	0,00	0,00	0,00
22	50	3,5	10	0,00	0,00	0,00

Continuação

22	50	3,5	10	0,00	0,00	0,00
22	50	3,5	10	0,00	0,00	0,00
23	50	5	10	0,00	0,00	9,09
23	50	5	10	0,00	0,00	0,00
23	50	5	10	0,00	0,00	0,00
23	50	5	10	0,00	0,00	6,67
24	50	6,5	10	100,00	40,00	62,50
24	50	6,5	10	100,00	100,00	87,50
24	50	6,5	10	50,00	100,00	83,33
24	50	6,5	10	0,00	16,67	11,11
25	55	3,5	5	0,00	0,00	0,00
25	55	3,5	5	0,00	0,00	5,88
25	55	3,5	5	0,00	0,00	0,00
25	55	3,5	5	0,00	0,00	0,00
26	55	5	5	100,00	83,33	88,89
26	55	5	5	0,00	0,00	0,00
26	55	5	5	0,00	0,00	0,00
26	55	5	5	66,67	25,00	50,00
27	55	6,5	5	0,00	0,00	0,00
27	55	6,5	5	87,50	100,00	90,91
27	55	6,5	5	0,00	0,00	0,00
27	55	6,5	5	60,00	100,00	83,33
28	55	3,5	10	0,00	0,00	0,00
28	55	3,5	10	0,00	15,38	8,70
28	55	3,5	10	0,00	0,00	0,00
28	55	3,5	10	0,00	0,00	0,00
29	55	5	10	0,00	0,00	0,00
29	55	5	10	75,00	80,00	77,78
29	55	5	10	0,00	0,00	7,14
29	55	5	10	0,00	0,00	12,50
30	55	6,5	10	0,00	0,00	0,00
30	55	6,5	10	50,00	66,67	60,00
30	55	6,5	10	0,00	0,00	0,00
30	55	6,5	10	100,00	100,00	100,00

**RESULTADOS DE EFICIÊNCIA DE DERRIÇA ENCONTADOS EM FUNÇÃO
DOS TRATAMENTOS REALIZADOS NO FINAL DA SAFRA**

Trat	F	A	C	%Der. Verde	%Der. Cereja	% Der Total
1	35	3,5	5	0,00	0,00	0,00
1	35	3,5	5	0,00	50,00	18,18
1	35	3,5	5	0,00	0,00	0,00
1	35	3,5	5	0,00	12,50	6,67
2	35	5	5	0,00	16,67	17,65
2	35	5	5	0,00	0,00	0,00
2	35	5	5	0,00	0,00	14,29
2	35	5	5	0,00	40,00	16,67
3	35	6,5	5	0,00	100,00	27,27
3	35	6,5	5	0,00	0,00	0,00
3	35	6,5	5	0,00	0,00	0,00
3	35	6,5	5	0,00	0,00	0,00
4	35	3,5	10	0,00	0,00	0,00
4	35	3,5	10	0,00	0,00	0,00
4	35	3,5	10	0,00	0,00	0,00
4	35	3,5	10	0,00	0,00	0,00
5	35	5	10	0,00	20,00	10,00
5	35	5	10	0,00	0,00	0,00
5	35	5	10	0,00	10,00	4,55
5	35	5	10	0,00	22,22	14,29
6	35	6,5	10	0,00	22,22	8,70
6	35	6,5	10	16,67	50,00	30,00
6	35	6,5	10	0,00	0,00	0,00
6	35	6,5	10	0,00	33,33	12,50
7	40	3,5	5	0,00	0,00	0,00
7	40	3,5	5	0,00	0,00	0,00
7	40	3,5	5	0,00	0,00	0,00
7	40	3,5	5	0,00	0,00	0,00
8	40	5	5	0,00	0,00	0,00
8	40	5	5	0,00	0,00	0,00
8	40	5	5	0,00	0,00	0,00
8	40	5	5	0,00	0,00	0,00
9	40	6,5	5	0,00	0,00	26,67
9	40	6,5	5	0,00	0,00	14,29
9	40	6,5	5	0,00	0,00	0,00
9	40	6,5	5	0,00	14,29	8,33
10	40	3,5	10	0,00	0,00	5,00
10	40	3,5	10	0,00	0,00	6,67
10	40	3,5	10	0,00	0,00	0,00
10	40	3,5	10	0,00	0,00	0,00
11	40	5	10	0,00	0,00	0,00

Continuação

11	40	5	10	0,00	0,00	0,00
11	40	5	10	0,00	0,00	0,00
11	40	5	10	0,00	0,00	0,00
12	40	6,5	10	0,00	42,86	25,00
12	40	6,5	10	0,00	0,00	0,00
12	40	6,5	10	12,50	83,33	42,86
12	40	6,5	10	0,00	0,00	0,00
13	45	3,5	5	0,00	0,00	0,00
13	45	3,5	5	0,00	0,00	0,00
13	45	3,5	5	0,00	0,00	0,00
13	45	3,5	5	0,00	0,00	0,00
14	45	5	5	0,00	0,00	0,00
14	45	5	5	25,00	33,33	30,00
14	45	5	5	0,00	33,33	14,29
14	45	5	5	0,00	0,00	0,00
15	45	6,5	5	0,00	40,00	25,00
15	45	6,5	5	33,33	0,00	16,67
15	45	6,5	5	25,00	50,00	37,50
15	45	6,5	5	0,00	0,00	0,00
16	45	3,5	10	0,00	0,00	0,00
16	45	3,5	10	0,00	0,00	0,00
16	45	3,5	10	0,00	0,00	13,64
16	45	3,5	10	0,00	0,00	0,00
17	45	5	10	0,00	0,00	0,00
17	45	5	10	0,00	0,00	0,00
17	45	5	10	0,00	0,00	0,00
17	45	5	10	0,00	0,00	6,67
18	45	6,5	10	11,11	25,00	17,65
18	45	6,5	10	0,00	0,00	0,00
18	45	6,5	10	0,00	0,00	0,00
18	45	6,5	10	33,33	30,00	31,25
19	50	3,5	5	0,00	0,00	0,00
19	50	3,5	5	25,00	20,00	23,08
19	50	3,5	5	0,00	0,00	0,00
19	50	3,5	5	0,00	0,00	0,00
20	50	5	5	0,00	0,00	0,00
20	50	5	5	83,33	50,00	64,29
20	50	5	5	50,00	33,33	44,44
20	50	5	5	0,00	50,00	28,57
21	50	6,5	5	0,00	100,00	55,56
21	50	6,5	5	0,00	100,00	70,00
21	50	6,5	5	75,00	62,50	66,67
21	50	6,5	5	25,00	0,00	9,09
22	50	3,5	10	0,00	0,00	0,00

Continuação

22	50	3,5	10	0,00	0,00	0,00
22	50	3,5	10	0,00	20,00	12,50
22	50	3,5	10	0,00	0,00	0,00
23	50	5	10	0,00	0,00	0,00
23	50	5	10	0,00	0,00	0,00
23	50	5	10	0,00	0,00	0,00
23	50	5	10	12,50	0,00	7,69
24	50	6,5	10	100,00	100,00	100,00
24	50	6,5	10	23,08	0,00	15,79
24	50	6,5	10	23,53	36,36	28,57
24	50	6,5	10	0,00	0,00	0,00
25	55	3,5	5	0,00	0,00	0,00
25	55	3,5	5	0,00	0,00	0,00
25	55	3,5	5	0,00	0,00	6,25
25	55	3,5	5	0,00	14,29	6,67
26	55	5	5	16,67	25,00	20,00
26	55	5	5	0,00	25,00	8,33
26	55	5	5	0,00	33,33	30,00
26	55	5	5	0,00	0,00	5,26
27	55	6,5	5	0,00	0,00	6,25
27	55	6,5	5	40,00	50,00	46,67
27	55	6,5	5	75,00	42,86	54,55
27	55	6,5	5	61,54	83,33	61,90
28	55	3,5	10	0,00	0,00	0,00
28	55	3,5	10	0,00	0,00	0,00
28	55	3,5	10	0,00	0,00	0,00
28	55	3,5	10	0,00	0,00	0,00
29	55	5	10	0,00	0,00	9,09
29	55	5	10	0,00	0,00	0,00
29	55	5	10	0,00	0,00	11,11
29	55	5	10	0,00	0,00	5,00
30	55	6,5	10	20,00	0,00	9,09
30	55	6,5	10	0,00	4,76	3,45
30	55	6,5	10	0,00	0,00	0,00
30	55	6,5	10	0,00	0,00	0,00