



FLÁVIO CASTRO DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS
METEOROLÓGICAS DO SOLO E
NUTRICIONAIS NA FORÇA DE
DESPRENDIMENTO DOS FRUTOS DO CAFÉ**

LAVRAS - MG

2012

FLÁVIO CASTRO DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DO SOLO E
NUTRICIONAIS NA FORÇA DE DESPRENDIMENTO DOS FRUTOS
DO CAFÉ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva

LAVRAS - MG

2012

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

Silva, Flávio Castro da.

Influência de variáveis meteorológicas do solo e nutricionais na
força de desprendimento dos frutos do café / Flávio Castro da Silva.
– Lavras : UFLA, 2013.

71 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Fábio Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Cafeeiro. 2. Dotação de água. 3. Correlação. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.735

FLÁVIO CASTRO DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DO SOLO E
NUTRICIONAIS NA FORÇA DE DESPRENDIMENTO DOS FRUTOS
DO CAFÉ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 26 de novembro de 2012.

Dr. José Donizeti Alves UFLA

Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato UFLA

Dr. Marcelo Carvalho Alves UFMT

Dra. Myriane Stella Scalco UFLA

Dr. Fábio Moreira da Silva
Orientador

LAVRAS - MG

2012

Aos meus pais, Elpídio Castro da Silva e
Maria Amélia Franco da Silva, e a minha
noiva, Jussara Aparecida Mesquita.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, pela saúde, força e guia em todos os momentos de minha vida.

A minha família, pelo apoio em todos os momentos.

À Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Fábio Moreira da Silva, pela orientação profissional e, muitas vezes, por ter sido conselheiro e que, ao longo de todo este tempo, se tornou um grande amigo.

Aos professores Prof. Dr. José Donizeti Alves, Carlos Eduardo Silva Volpato, Marcelo Carvalho Alves e, em especial, à pesquisadora e doutora Myriane Stella Scalco, por todo o empenho e apoio durante todo o trabalho.

Aos meus grandes amigos que considero como irmãos: Marcos Antônio Zambillo Palma (Gaúcho), Murilo Machado de Barros (Mou), Gabriel Araújo e Silva Ferraz (Gaby Boy), Ronan Souza Sales, Éberson Silva, Vanderson Rabelo de Paula e Rafael Lima Bueno, pela ajuda e excelentes momentos compartilhados.

A todos os professores, funcionários, técnicos e servidores do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, em especial às secretárias do PPGEA, Greice e Flávia, pelo apoio durante todo o curso.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente da Universidade Federal Fluminense, pelo apoio e amizade.

A todos, meu muito obrigado e que Deus ilumine a vida de vocês.

Elevo os olhos para os montes: de onde me virá o socorro? O meu socorro vem do Senhor, que fez o céu e a terra. Ele não permitirá que os teus pés vacilem; não dormitará aquele que te guarda.

Salmo 121; 1-5

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar quais variáveis estão relacionadas com a variação da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), ao longo do período de maturação. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um experimento, buscando analisar o comportamento da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro nas maturações verde e cereja, ao longo do período de maturação, mediante as variáveis meteorológicas do ar e de umidade do solo, conduzindo os ensaios sob quatro diferentes condicionamentos de umidade do solo. Para a correlação dos dados de força de desprendimento, utilizaram-se variáveis meteorológicas do ar e de umidade do solo, tendo as meteorológicas sido obtidas por meio de uma estação automática de aquisição de dados instalada na área experimental. A umidade do solo foi obtida por meio de leituras em tensiômetros instalados nas parcelas experimentais nas profundidades de 10, 25 e 60 cm. Além da força de desprendimento dos frutos, foi analisada a umidade dos mesmos nas respectivas maturações. As alterações nos parâmetros meteorológicos e de umidade do solo acarretam na alteração da força de desprendimento dos frutos, principalmente na maturação verde. Com o aumento de temperatura, ocorreu diminuição da força de desprendimento dos frutos verdes e tendência de diminuição para os frutos cerejas. A umidade do solo apresentou correlação positiva com a força de desprendimento dos frutos verdes e tendência positiva para os frutos cerejas. A precipitação tendeu a diminuir a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, nos três dias após sua ocorrência. A força de desprendimento dos frutos verdes apresentou correlação negativa com a umidade do fruto.

Palavras-chave: Cafeeiro. Dotação de água. Correlação.

ABSTRACT

This work was performed with the objective of identifying which variables are related to the detachment force variation of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits along the maturation period. The work was developed in the Agriculture Department of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). The experiment aimed at analyzing the behavior of the detachment force of coffee fruits in the green and cherry maturations, considering the meteorological variables of the air and soil humidity. The trials were conducted under four different soil humidity conditions. For the correlation of the detachment force data, we used the air's meteorological variables and soil humidity, having obtained the meteorological variables through an automatic data acquisition station installed in the experimental area. Soil humidity was obtained through readings from tensiometers installed in the experimental plots at the depths of 10, 25 and 60 cm. In addition to the detachment force of the fruits, we analyzed the humidity of the same in the respective maturations. The alterations in the meteorological parameters and soil humidity entail variations in fruit detachment force, especially during green maturation. The increase in temperature reduced the detachment force of green fruits and tended to reduce that of the cherry fruits. Precipitation tended to reduce the detachment force of both green and cherry fruits in the three days after its occurrence. The detachment force of the green fruits had a negative correlation with fruit humidity.

Keywords: Coffee plant. Water endowment. Correlation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tensiômetros instalados na área experimental	29
Figura 2	Croqui da área experimental com diferentes condicionamentos de umidade do solo	30
Figura 3	Dinamômetro digital portátil para a determinação da força de desprendimento dos frutos.....	33
Figura 4	Avaliação da força de desprendimento e coleta dos frutos para determinação da umidade	34
Figura 5	Estação meteorológica automática de aquisição de dados	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes, ao longo do período de maturação	40
Gráfico 2	Comportamento da força média de desprendimento dos frutos na maturação cereja ao longo do período de maturação, para os diferentes condicionamentos	42
Gráfico 3	Comportamento da diferença da força média de desprendimento entre a maturação verde e cereja e ao longo do período de maturação	45
Gráfico 4	Força de desprendimento e umidade dos frutos no condicionamento C 1, ao longo do período de maturação	48
Gráfico 5	Força de desprendimento e umidade dos frutos no condicionamento C 2, ao longo do período de maturação	48
Gráfico 6	Força de desprendimento e umidade dos frutos no condicionamento C 3, ao longo do período de maturação	49
Gráfico 7	Força de desprendimento e umidade dos frutos no condicionamento C 4, ao longo do período de maturação	49
Gráfico 8	Comportamento da precipitação e das temperaturas máxima, média e mínima (°C), ao longo do período de maturação	52
Gráfico 9	Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a temperatura média diária no condicionamento C 1 ..	57
Gráfico 10	Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a temperatura média diária, no condicionamento C 2 .	58
Gráfico 11	Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, com a temperatura média diária no condicionamento C 3 .	59

Gráfico 12	Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a temperatura média diária no condicionamento C 4 ..	60
Gráfico 13	Força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 1 e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação	61
Gráfico 14	Força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 2 e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação	62
Gráfico 15	Força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 3 e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação	63
Gráfico 16	Força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 4 e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação	64
Gráfico 17	Relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação no condicionamento C 1	65
Gráfico 18	Relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação, no condicionamento C 2	66
Gráfico 19	Relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação, no condicionamento C 3	67
Gráfico 20	Relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação, no condicionamento C 4	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Análise de variância para a umidade média do perfil do solo, para os diferentes condicionamentos de umidade do solo.....	31
Tabela 2	Umidade média do perfil do solo em cada condicionamento.....	32
Tabela 3	Análise de variância para a avaliação da força média de desprendimento (N) dos frutos sob diferentes condicionamentos de umidade do solo e suas interações	38
Tabela 4	Força de desprendimento dos frutos (N) na maturação verde, dentro de cada condicionamento de umidade do solo e ao longo do período de maturação	39
Tabela 5	Força média de desprendimento dos frutos (N) na maturação cereja, dentro de cada condicionamento de umidade do solo e ao longo do período de maturação	41
Tabela 6	Análise de variância para a diferença de força média de desprendimento entre a maturação verde e cereja.....	43
Tabela 7	Diferença da força média de desprendimento (N) dos frutos entre as maturações verde e cereja, dentro de cada condicionamento de umidade do solo e ao longo do período de maturação	44
Tabela 8	Análise de variância da umidade dos frutos nas maturações verde e cereja, dentro de cada condicionamento de umidade do solo.....	46
Tabela 9	Umidade dos frutos (% b.u.) na maturação verde, nos diferentes condicionamentos ao longo do período de maturação	47
Tabela 10	Umidade dos frutos (% b.u.) na maturação cereja, nos diferentes condicionamentos analisados ao longo do período de maturação...	47
Tabela 11	Análise das variáveis meteorológicas ao longo do período de maturação dos frutos	51

Tabela 12	Correlação entre a força média de desprendimento do fruto de café na maturação verde com as variáveis meteorológicas e umidade do solo	54
Tabela 13	Correlação entre a força média de desprendimento do fruto de café na maturação cereja com as variáveis meteorológicas e umidade do solo	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1	Propriedades físicas e mecânicas do cafeeiro	19
3.2	Colheita mecânica e seletiva do café	21
3.3	Força de desprendimento dos frutos do cafeeiro	25
3.4	Importância da irrigação na cafeicultura	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1	Caracterização da área experimental	28
4.2	Sistema e manejo de irrigação: obtenção dos dados de umidade do solo	29
4.3	Determinação da força de desprendimento dos frutos	32
4.4	Obtenção dos dados meteorológicos	34
4.5	Análises estatísticas	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1	Força média de desprendimento dos frutos	37
5.2	Comportamento da umidade dos frutos ao longo do período de maturação	45
5.3	Relação da força de desprendimento com os parâmetros agrometeorológicos	50
5.4	Análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos verdes e as variáveis meteorológicas e umidade do solo	53
5.5	Análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos cerejas e as variáveis meteorológicas e umidade do solo	55
6	CONCLUSÕES	699
	REFERÊNCIAS	7070

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento das áreas cultivadas com café e a redução da disponibilidade de mão de obra, os cafeicultores encontram na fase de colheita suas maiores dificuldades. Isso requer grande expansão da mecanização nessa atividade, principalmente com o desenvolvimento de equipamentos e máquinas eficientes para a colheita mecânica.

Hoje, a mecanização é, sem dúvida, a grande ferramenta do agricultor contemporâneo e tem a função de contribuir para o aumento da produção de alimentos e fibras para uma população urbana crescente.

Existem, em determinadas regiões do Brasil, culturas totalmente mecanizadas, como soja, milho, arroz e outros cereais de ciclo anual. Porém, alguns desafios ainda residem na mecanização das culturas perenes, como o café, sobretudo com relação às operações de plantio e colheita.

A colheita é a última operação de campo e visa à retirada das partes interessantes das plantas, geralmente grãos ou frutos, separando-as de outras partes vegetativas. Ela pode ser realizada em diferentes sistemas, como colheita manual, manual-mecânica ou semimecanizada e a mecanizada. Os critérios para a escolha do sistema são baseados na viabilidade econômica da operação, nas características das plantas e de seus frutos, e na topografia da área.

Portanto, no que se refere à colheita mecanizada, alguns fatores devem ser considerados para que se alcance maior êxito no momento da operação. Entre os principais estão a umidade dos grãos ou frutos, a uniformidade de plantio ou das plantas e o fator humano. Sendo assim, para se garantir o sucesso no processo de colheita mecanizada, há a necessidade de planejamento prévio, acompanhamento e monitoramento constante durante sua execução, além de pessoas capacitadas e, principalmente, máquinas adequadas.

Na colheita mecanizada do café, uma das dificuldades encontradas pelos produtores é determinar o momento adequado de iniciar a colheita, bem como determinar a vibração e a velocidade operacional mais adequadas para a regulação da colhedora. Os maiores valores na intensidade ou no tempo de vibração aplicados ao cafeeiro influenciam diretamente o volume de frutos colhidos, mas também podem aumentar significativamente a desfolha, as lesões causadas nas plantas e a porcentagem de frutos verdes colhidos, os quais não são interessantes para uma boa qualidade final do produto.

A colheita do café com duas ou mais passadas da colhedora, também conhecida como colheita seletiva, é uma prática que vem sendo empregada pelos produtores. Por este processo é possível adiantar o início de colheita, favorecendo a retirada de frutos cerejas, o que melhora a qualidade do produto final, visto que o café é um produto agrícola que tem seu preço baseado em parâmetros qualitativos e cujo valor aumenta significativamente com a melhoria da qualidade.

Para melhorar o desempenho operacional da colheita mecânica do cafeeiro há a necessidade de se estabelecerem parâmetros ou indicadores de referência para se determinar o momento ideal de início de colheita, bem como a vibração e a velocidade operacional mais adequada da colhedora.

De modo geral, a regulação da vibração e da velocidade operacional das colhedoras tem sido feita pelos produtores de modo empírico, por tentativas levando a erros, buscando o maior desempenho operacional. Um possível parâmetro objetivo para a determinação da vibração e da velocidade operacional adequadas poderia ser a força exigida pelos frutos do cafeeiro para seu desprendimento da planta.

É sabido, por resultados de trabalhos anteriores, que a força nominal de desprendimento dos frutos sofre algumas oscilações ao longo do período de maturação, o que altera também a diferença média entre a força de

desprendimento dos frutos verdes e cerejas. Tal diferença é um fator importante pois auxilia na seletividade dos frutos no momento da colheita. Porém, ainda não há confirmação científica dos fatores relacionados com este comportamento variável da força de desprendimento.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a força média de desprendimento dos frutos nos estádios de maturação verde e cereja, além da própria umidade do fruto e correlacionar com variáveis climáticas e de solo, buscando identificar quais dessas variáveis interferem no comportamento da força de desprendimento dos frutos, ao longo do período de maturação e, conseqüentemente, na colheita mecanizada e seletiva em cafeeiros.

2 OBJETIVO

O trabalho foi realizado com o objetivo de levantar a força de desprendimento dos frutos do cafeeiro nas maturações verde e cereja, ao longo do período de maturação e correlacionar este parâmetro com variáveis atmosféricas (temperaturas máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e precipitação), do solo (umidade do solo) e do fruto (umidade do fruto), buscando identificar quais variáveis estão relacionadas com a variação da força de desprendimento, ao longo do período de maturação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Propriedades físicas e mecânicas do cafeeiro

Na colheita mecanizada do café, um fator prejudicial à planta é a quebra de galhos e ramos. Essa quebra causa lesão na planta, além de perdas na produção no ano seguinte, além do fato de ser uma porta para a entrada de doenças e pragas no cafeeiro.

Todavia, com a utilização de colhedoras, é quase impossível não ocorrer quebra de ramos ou galhos, porém, com certa quantidade que não exceda limites aceitáveis. Este fator está ligado às propriedades mecânicas do cafeeiro, como, por exemplo, a densidade e a rigidez dos ramos ortotrópicos. A obtenção desses valores nas diferentes cultivares pode prever quais são as cultivares mais aptas à colheita mecanizada, do ponto de vista de minimizar os danos sofridos.

Cilas et al. (2006), estudando as propriedades físicas do caule e galho de cafeeiros das espécies arábica e canéfora, constataram que as propriedades físicas da planta, bem como o comprimento dos entrenós, estão relacionadas com a produtividade da cultura.

Visto que a produtividade é um dos fatores que influenciam a receita do produtor, o melhoramento genético visa à melhoria desta característica, que está relacionada diretamente com o número de ramos presentes na planta. Quanto maior o número de ramos plagiotrópicos, maior o potencial de produção.

Cilas et al. (2002) afirmam que as propriedades mecânicas do ramo ortotrópico de cafeeiros devem ser levadas em consideração no melhoramento genético, visto que essas propriedades estão relacionadas com a quebra de ramos plagiotrópicos e o acamamento dos cafeeiros. No trabalho desenvolvido pelos autores, eles analisaram a rigidez da planta com base no módulo de elasticidade longitudinal. O módulo de elasticidade obtido revelou uma variabilidade

substancial dentro da amostra do estudo de *Coffea canephora*. De acordo com os valores da rigidez encontrados, foi possível identificar as cultivares mais suscetíveis à quebra e ao acamamento.

Relacionando a produtividade e os danos causados na planta, é possível observar que quanto maiores os danos sofridos, menor será a produção no ano seguinte.

O cafeeiro apresenta um fenômeno chamado bienalidade, segundo o qual os ciclos de maior produção ocorrem em anos alternados, compreendidos por anos de baixa produção. Dentre os fatores que favorecem a bienalidade, os danos causados no cafeeiro, devido, principalmente, à colheita manual e às regulagens mal realizadas na colhedora se destacam. Até mesmo a forma como foi conduzido o plantio pode afetar os danos de colheita, como mal alinhamento das plantas de cafeeiros e também irregularidade topográfica do terreno, acima dos valores máximos estipulados para a realização da colheita mecanizada.

Analisando a bienalidade e o efeito da colheita manual do cafeeiro na produção do ano subsequente, Silva et al. (2010a) chegaram à conclusão de que a colheita manual foi um dos principais fatores que determinaram a redução da produtividade, em função do dano físico causado pela desfolha na derriça dos frutos de café nas plantas, causando redução da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel e alterações fisiológicas no metabolismo dessas plantas.

Observam-se, então, a importância da colheita planejada e do gerenciamento dos recursos disponíveis na propriedade cafeeira, visando à colheita de forma racional e eficiente, sem causar danos e prejuízos ao empreendimento.

3.2 Colheita mecânica e seletiva do café

A mecanização do processo produtivo agrícola, principalmente da colheita do café no Sul de Minas Gerais, tornou-se de grande importância, devido à crescente dificuldade para a contratação de mão de obra, tendo em vista o grande êxodo rural ocorrido nos últimos anos. Dessa forma, a mecanização vem aumentando a capacidade produtiva da mão de obra, à medida que o trabalho manual foi sendo substituído por mecanismos que dispõem de fontes de potência superior à humana.

Os métodos tradicionais de mecanização, normalmente, são recomendados em terrenos com declividade de até 20%. Isto, associado a outras limitações de ordem operacional e econômica, mostra que a mecanização depende sempre da complementação do serviço braçal. Além disso, as máquinas necessitam de operadores, de pessoal de manutenção, de comercialização e de assistência técnica, ou seja, mão de obra especializada. A colheita do café é comparativamente mais difícil de ser executada do que a de outros produtos, em razão da altura e da arquitetura da planta, da não uniformidade de maturação e do teor de umidade elevado (SILVA et al., 2010b).

A maior dificuldade prática na determinação do ponto de início de colheita baseia-se no fato de que a mesma deve ser efetuada com uma percentagem mínima de frutos verdes sem que uma grande quantidade de frutos secos tenha caído e com um máximo de frutos maduros denominados frutos cerejas, os quais conferem melhor qualidade ao produto final.

Devido à grande concentração da colheita em uma mesma época nas regiões cafeicultoras, há uma tendência de alguns produtores optarem pela antecipação da mesma, quando a porcentagem de frutos verdes encontra-se

acima do recomendado. No entanto, ao fazê-lo, deverão estar cientes que, na medida em que esse percentual ultrapassa o valor de 5%, vai ocorrendo uma diminuição proporcional da qualidade (SILVA et al., 2010b).

A duração da colheita deve ser o mais curta possível, motivo pelo qual recomenda-se dotar a propriedade de estrutura adequada para receber os frutos que vão sendo colhidos e encaminhados para o preparo (lavadores, despoldadores, etc.), compatível com a quantidade de café a ser produzida. A quantidade de mão de obra deve ser suficiente para que a colheita seja concluída em um prazo de 2 a 3 meses. Deve-se observar que quanto mais prolongado o período de colheita, mais sujeitos ficam os lotes finais de café colhido à incidência de chuvas na fase de colheita e secagem, colocando o produto em grande risco de comprometimento da qualidade.

Além de produtividade, o café deve ter qualidade e isso não envolve uma operação tão simples de se obter sucesso. A qualidade está ligada à quantidade de frutos maduros no volume total colhido. Quanto mais frutos maduros, maior será a qualidade do café, visto que o fruto verde é o principal responsável pela depreciação da qualidade. Portanto, o desafio no processo de colheita é a realização de colheita seletiva, retirando, preferencialmente, os frutos maduros da planta e deixando-se os frutos verdes para uma próxima ou próximas passadas da colhedora.

Aristizabal et al. (2003a), analisando o efeito da aplicação de vibrações circulares e multidirecionais em cafeeiros, chegaram à conclusão de que a maior eficiência de colheita foi obtida por meio de vibrações multidirecionais; já a qualidade do café colhido (obtido por meio do volume de frutos maduros no volume total) foi obtida por meio de vibrações circulares.

Aristizabal et al. (2003b), estudando as propriedades físicas e mecânicas para o modelamento da planta, visando à concepção de colhedoras mecânicas que utilizam o princípio de vibrações aplicadas no tronco dos cafeeiros da

Colômbia, concluíram que a variedade Caturra Vermelho foi a que apresentou as melhores propriedades físicas e mecânicas para a colheita mecanizada utilizando vibrações no tronco da planta.

Ciro (2001), avaliando as frequências naturais dos frutos no tronco de cafeeiros, visando obter mais parâmetros para a colheita mecânica, cita que a frequência dos frutos verdes é superior à dos frutos cerejas.

A colheita mecânica do café é realizada por meio de varetas situadas em cilindros oscilantes na colhedora, os quais trabalham na vertical, envolvendo os cafeeiros lateralmente, derricando os frutos pelo efeito da vibração.

Com a racionalização da exploração agrícola a caminho da sustentabilidade e a incorporação de novas tecnologias pela cafeicultura, tornam-se necessários o domínio, o conhecimento e o manejo dos principais fatores relacionados à produção, dentre os quais a irrigação é um destes fatores.

Nem sempre é possível obter uma maturação uniforme somente por meio das condições edafoclimáticas. Então, essa uniformidade na maturação dos frutos pode ser obtida com a aplicação de maturadores fisiológicos que aceleram o processo de maturação e, com isso, facilitam e podem antecipar a colheita mecânica e seletiva (SILVA et al., 2006a).

Comumente, quando uma variedade é descrita, dentre outras características, relata-se se esta é de maturação precoce, média ou tardia. Entretanto, a época de maturação, além da influência genética, é também influenciada pela altitude do local onde a variedade está plantada (Carvalho et al., 2009). Com a constatação de variedades e linhagens de *Coffea arabica* produtivas, com comportamento de maturação precoce, média e tardia, tem-se a possibilidade de se otimizar a mão de obra da propriedade na colheita, bem como conseguir aumentar o período da colheita de frutos cerejas numa mesma propriedade, o que é fundamental para se obter café de “bebida fina” e, assim, agregar valor ao produto.

Santos et al. (2009), avaliando os fatores frequência, amplitude, grau de maturação, direção de excitação e número de frutos por pedúnculo na eficiência de derriça, concluíram que a frequência de 26,67 Hz apresentou eficiência maior de derriça para os frutos cerejas e a amplitude de 7,5 mm indicou maior eficiência de derriça. Os autores afirmam também que o número de frutos por roseta influencia a eficiência de derriça dos frutos de café da variedade Mundo Novo.

A derriça dos frutos de café é a operação mais complexa durante a colheita, seja manual, em que o tempo consumido é grande, ou mecanizada, na qual se busca realizar uma derriça mais seletiva possível e em menor tempo, aumentando assim a eficiência do processo.

Nos últimos anos, têm sido introduzidas derriçadores portáteis, que são máquinas apropriadas para pequenos e médios produtores de café e para regiões de declividade superior a 20%, locais estes onde as colhedoras automotrizes ou tracionadas não operam. Essas máquinas são acionadas por um motor de combustão interna cuja potência varia entre 1,3 a 3,5 cv de potência. O princípio de funcionamento é por vibração e contato, possibilitando, dessa forma, a colheita seletiva e, assim, contornando o problema da desuniformidade de maturação dos frutos do cafeeiro no momento da colheita (SILVA et al., 2006a).

Souza et al. (2006), trabalhando com derriçadores portáteis na colheita mecanizada do café, concluíram que, no sistema de colheita que utiliza duas derriçadoras portáteis, simultaneamente, na mesma linha de plantio, eles apresentam melhor desempenho operacional, quando comparados com o sistema em que se utiliza apenas uma. Os mesmos autores afirmam que a capacidade de derriça aumenta com o incremento da carga pendente e da porcentagem de frutos maduros, além do fato de que a colheita seletiva é influenciada pela porcentagem de frutos maduros do cafeeiro.

A cultura do cafeeiro apresenta elevado custo de produção e a colheita e a pós-colheita são operações que determinam a qualidade final do produto. Com base em pesquisas sobre o desempenho de colheita mecanizada do cafeeiro, pode-se afirmar que o aumento da velocidade de colheita implica diretamente na redução de custos, sem prejuízos ou perdas ao sistema produtivo ou danos às plantas (SILVA et al., 2006a).

Oliveira et al. (2007), avaliando a influência da colheita mecanizada na produção cafeeira, concluíram que a produtividade da lavoura cafeeira não foi influenciada pela colheita mecanizada ao longo dos anos, passando a colhedora uma ou duas vezes. Os autores afirmam que o aumento da vibração das hastes promoveu maior quantidade de frutos colhidos, porém, a desfolha aumentou proporcionalmente ao incremento da vibração.

3.3 Força de desprendimento dos frutos do cafeeiro

Para se realizar a colheita do café mais seletiva possível é necessário estabelecer parâmetros objetivos que estejam mais fortemente relacionados com os estádios de maturação, pois é a quantidade de frutos maduros presentes no volume total colhido que irá evidenciar se a colheita foi total ou seletiva. Na colheita total não há a preocupação em se retirar da planta apenas os frutos maduros, mas sim todos os frutos verdes, maduros e boia. Já na colheita seletiva, o interesse é retirar apenas os frutos maduros, os quais vão conferir melhor qualidade ao produto final.

Um parâmetro objetivo pode ser a força de desprendimento dos frutos. Essa força necessária para que ocorra o desprendimento dos frutos da planta é diferente dentro de cada estágio de maturação, evidenciando-se, assim, como um parâmetro favorável à seletividade, visto tal característica ser distinta entre os estádios de maturação (SILVA, et al., 2010b).

Crisosto e Nagao (1991) afirmam que esta diferença é significativa, principalmente na força de desprendimento de frutos verdes e cerejas e que também é significativa em diferentes cultivares de cafeeiros. Eles observaram que a força para desprendimento dos frutos verdes foi semelhante em cinco cultivares estudadas, mas essa força foi, aproximadamente, o dobro da requerida para a remoção dos frutos no estágio cereja.

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

Em estudos mais recentes e analisando diferentes cultivares, Silva et al. (2010b) afirmam que a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas difere significativamente entre cultivares e ao longo do período de maturação. Ainda segundo os mesmos autores, essa diferença na força entre os estádios de maturação pode ser um parâmetro para o gerenciamento da colheita, visando uma colheita mais seletiva e eficiente.

3.4 Importância da irrigação na cafeicultura

A irrigação é um dos fatores de manejo que podem afetar a uniformidade de maturação dos frutos nos cafeeiros. O objetivo principal é atender à demanda de água das plantas nos períodos críticos, o que interfere na emissão das floradas.

A deficiência hídrica na fase de chumbinho (outubro a dezembro) atrasa o crescimento dos frutos e reduz a produtividade do cafeeiro. O tamanho final dos grãos é fortemente associado à precipitação ocorrida no período de 10 a 17 semanas após o florescimento, período este considerado de expansão rápida do fruto. A irrigação tem propiciado aumentos na produtividade, tanto em regiões

onde a deficiência hídrica coincide com o estágio de frutificação, como em regiões aptas ao cultivo, como o Sul de Minas Gerais.

Silva, Teodoro e Melo (2008), avaliando a produtividade e o rendimento de quatro primeiras safras de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivado sob lâminas de irrigação, concluíram que a produtividade máxima foi de 115 sacas.ha⁻¹, obtida com a lâmina de 164,1% da ECA. A reposição de 143% da ECA propiciou rendimento de 291,8 L de “café da roça” por saca beneficiada. Ainda segundo os autores, o efeito das lâminas de irrigação sobre a produtividade e o rendimento depende do ano e a irrigação não ameniza o efeito da bienalidade da produção do cafeeiro, em relação às plantas cultivadas em sequeiro.

Carvalho et al. (2006), avaliando o crescimento do cafeeiro da cultivar Rubi-MG-1192, submetido a diferentes regimes de irrigação e em duas densidades de plantio, concluíram que, nos tratamentos irrigados, os cafeeiros apresentaram maior altura de plantas, maior diâmetro de copas e maior número de ramos plagiotrópicos que os não irrigados. Encontraram, ainda, que a densidade de plantas não afetou o diâmetro de copa, mas as plantas mais altas e com maior número de ramos plagiotrópicos foram observadas na maior densidade de plantio.

Lima et al. (2008), avaliando o efeito da irrigação na produtividade e no rendimento do café da roça em lavoura irrigada por pivô central na região de Lavras, MG, concluíram que a irrigação promoveu acréscimo na produtividade dos tratamentos irrigados, quando comparada à produtividade do sequeiro. Ainda segundo os autores, o grau de maturação, no momento da colheita, influenciou o rendimento dos tratamentos, tendo os frutos nos estádios cereja e seco sido os que mais interferiram no rendimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (21°14' S e 45°00' W, altitude de 910 m), em lavoura da cultivar Rubi MG1192 (*Coffea arabica* L.) transplantada em 3 de janeiro de 2001, na densidade de plantio de 2.500 plantas.ha⁻¹, com espaçamento de 4,0 m entre linha e 1,0 m entre plantas.

De acordo com a classificação de Köppen (1970), o clima do local é do tipo Cwa, caracterizado por duas estações distintas: uma seca, de abril a setembro, e outra chuvosa, de outubro a março. As médias anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa são, respectivamente, de 19,40 °C, 1.529,7 mm e 76,2% (BRASIL, 1992). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-escuro distroférico de textura argilosa a muito argilosa.

O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados (DBC), com três repetições. Para verificar a influência da umidade do solo na força de desprendimento dos frutos, foram simuladas condições diferenciadas de umidade média do solo, fixando-se quatro regimes de dotação de água no solo, como segue:

- a) C 1 - condição de sequeiro;
- b) C 2 - irrigação com tensão próxima de 60 kPa;
- c) C 3 - irrigação na tensão próxima de 20 kPa;
- d) C 4 - irrigação utilizando o manejo do balanço hídrico climatológico (BHC).

4.2 Sistema e manejo de irrigação: obtenção dos dados de umidade do solo

O sistema de irrigação constou de uma unidade central de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e de tela, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões), linha principal de tubos de PVC, PN 80, linhas de derivação de PVC, PN 40, linhas laterais com tubo flexível de polietileno, PN 40, gotejadores autocompensantes (vazão nominal de $3,78 \text{ L.h}^{-1}$) e registros.

Para o controle da dotação de água do solo foram instalados tensiômetros, nas profundidades de 0,10 m, 0,25 m e 0,60 m, afastados cerca de 0,10 m da base do caule das plantas (Figura 1), cuja descrição e forma de uso são relatadas por Gomide (1998) e Silveira e Stone (1994).



Figura 1 Tensiômetros instalados na área experimental

No manejo de irrigação do balanço hídrico climatológico efetuado pelo software Irriplus, os dados meteorológicos foram monitorados por uma

estação meteorológica automática instalada junto à área experimental. Para o cálculo da evapotranspiração de referência, foram utilizados os dados de temperatura máxima, média e mínima, velocidade do vento, umidade relativa, radiação e precipitação. Os valores de coeficiente de cultura (K_c) utilizados para o cálculo da evapotranspiração da cultura foram crescentes em função do desenvolvimento do cafeeiro, conforme recomendação de Santinato, Fernandes e Fernandes (1996).

O layout da área experimental, com os diferentes condicionamentos de umidade do solo, está representado na Figura 2.



Figura 2 Croqui da área experimental com diferentes condicionamentos de umidade do solo

Legenda	
Cor	Condicionamento
	C 1 Sequeiro
	C 2 60 kPa
	C 3 20 kPa
	C 4 BHC
	Bordadura

Na Tabela 1 é apresentado o quadro de análise de variância para a umidade média do perfil do solo, para os diferentes condicionamentos ao longo do período de maturação dos frutos. A umidade do perfil foi considerada como a média da umidade registrada nas profundidades de 0,10 m, 0,25 m e 0,60 m.

Tabela 1 Análise de variância para a umidade média do perfil do solo, para os diferentes condicionamentos de umidade do solo

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR > FC
Condicionamento	3	0,31	0,10	25,74	0,0000
Erro	164	0,66	0,00		
Total corrigido	167	0,97			
CV (%)	19,86				
Média geral	0,32				

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, PR = probabilidade.

Na Tabela 2 observa-se a umidade média do perfil do solo para os diferentes condicionamentos estabelecidos ao longo do período de maturação dos frutos. Constata-se que houve diferença significativa da umidade do perfil solo entre os condicionamentos estabelecidos, tendo a umidade média do solo em condição de sequeiro sido de 25,23%, contra 36,45% nas parcelas que recebem irrigação seguindo balanço hídrico climatológico, demonstrando que as condições simuladas de umidade do solo ao longo do período de maturação dos frutos foram diferentes.

Tabela 2 Umidade média do perfil do solo em cada condicionamento

Condicionamento de umidade do solo	Umidade média (%)*
C 1 (sequeiro)	25,23 A
C 2 (60 kPa)	31,50 B
C 3 (20 kPa)	34,93 C
C 4 (BHC)	36,45 D

*Significativo, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

4.3 Determinação da força de desprendimento dos frutos

A força de desprendimento dos frutos (FDF) nos estádios de maturação verde e cereja foi determinada por meio de um dinamômetro digital portátil (Figuras 3 e 4). O equipamento permite leituras da força em Newton, lbf e em kgf, possibilitando leitura máxima de 20 kg (200N), sendo utilizada, no entanto, a unidade Newtons (N), conforme Sistema Internacional de Unidades.



Figura 3 Dinamômetro digital portátil para a determinação da força de desprendimento dos frutos

A força de desprendimento dos frutos nos estágios verde e cereja foi determinada a cada sete dias, durante o período de maturação dos frutos (entre 18 de abril a 20 de junho), sendo realizado em três plantas previamente demarcadas em cada parcela experimental, caracterizando três repetições.

As leituras da força de desprendimento dos frutos foram obtidas nos terços superior, médio e inferior das plantas, caracterizando, assim, os três patamares da planta. Em cada patamar foi obtido a FDF em cinco frutos, para cada estágio de maturação. Com isso, foi possível obter também a diferença entre a força média de desprendimento dos frutos nos estádios analisados.

Todos os frutos destacados da planta para a obtenção da FDF foram levados para estufa, a 105 ± 3 °C, por 24 horas (BRASIL, 1992), para a obtenção da umidade gravimétrica, durante todo o período de maturação dos frutos.



Figura 4 Avaliação da força de desprendimento e coleta dos frutos para determinação da umidade

4.4 Obtenção dos dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos utilizando-se uma estação meteorológica automática de aquisição de dados (Figura 5) junto a área experimental. Com isso puderam ser obtidos os dados das variáveis meteorológicas no local do experimento, durante o período de maturação dos frutos.



Figura 5 Estação meteorológica automática de aquisição de dados

Os dados levantados foram temperatura máxima, média e mínima do ar, umidade relativa, precipitação e radiação solar, com leituras diárias registradas automaticamente.

4.5 Análises estatísticas

Os dados levantados de umidade média do solo, força de desprendimento e umidade dos frutos, bem como os dados climatológicos do ar, foram tabulados em planilhas eletrônicas para fazer as análises de média e, posteriormente, foram submetidos a análises de correlação, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2001) e SAS[®] versão 8.0, respectivamente, utilizando o “proc” para correlação de Pearson. O coeficiente de correlação de Pearson foi definido através da Equação 1.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum[(x_i - \bar{x})^2])(\sum[(y_i - \bar{y})^2])}}$$

Eq. 1

As análises de correlação foram realizadas nas maturações verde e cereja, separadamente, para melhor interpretação dos resultados. As correlações foram realizadas com os dados obtidos no dia da coleta e a média dos dados de três dias anteriores à coleta da força de desprendimento. O objetivo do referido procedimento foi verificar quais dos parâmetros e dentro de quanto tempo eles estão relacionados e interferindo na força de desprendimento dos frutos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Força média de desprendimento dos frutos

Na Tabela 3 encontram-se os resultados da força média de desprendimento dos frutos durante o período de maturação, evidenciando que os parâmetros período de maturação, maturação dos frutos e interação entre período e estágio de maturação dos frutos foi significativo, a 5%, pelo teste de Tukey. Ou seja, ao longo do período de maturação houve diferença significativa da força média de desprendimento dos frutos separadamente, bem como houve diferença da força de desprendimento entre os dois estádios avaliados (verde e cereja) e entre a interação destas duas fontes de variação. Já as demais fontes de variação não apresentaram diferença significativa, bem como suas possíveis interações.

Tabela 3 Análise de variância para a avaliação da força média de desprendimento (N) dos frutos sob diferentes condicionamentos de umidade do solo e suas interações

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR > FC
Bloco	2	11,50	5,75	4,96	0,0534
Condicionamento	3	4,10	1,36	1,18	0,3926
Erro 1	6	6,95	1,15		
Período	6	12,26	2,04	3,74	0,0021
Maturação	1	443,33	443,33	811,38	0,0000
Período * Cond.	18	17,83	0,99	1,81	0,0329
Período * Maturação	6	5,29	0,88	1,61	0,1506
Cond. * Maturação	3	0,91	0,30	0,55	0,6450
Per. * Cond. * Mat.	18	11,26	0,62	1,14	0,3211
erro 2	104	56,82	0,54		
Total corrigido	167	570,30			
CV 1(%)	16,29				
CV 2(%)	11,19				
Média geral	6,60				

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, PR = probabilidade.

A análise do desdobramento da força de desprendimento dos frutos verdes, ao longo do período de maturação, para cada condicionamento de umidade do solo, pode ser observada na Tabela 4. A força de desprendimento variou de 7,17 a 9,14 N, entre os condicionamentos avaliados. Observa-se que, nas datas de 09/05 e 23/05, ocorreram as maiores forças médias de desprendimento dos frutos verdes, 8,64 e 8,66 N, respectivamente; em 25/04 e

16/05, ocorrerem as menores forças médias de desprendimento dentre os condicionamentos, contudo, essas diferenças não foram significativas.

Tabela 4 Força de desprendimento dos frutos (N) na maturação verde, dentro de cada condicionamento de umidade do solo e ao longo do período de maturação

Cond.	Período de maturação*							Média
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06	
C 1	9,09 bA	7,75 abA	8,30 abA	8,60 abA	8,13 abA	8,06 abA	7,17 aA	8,15 A
C 2	8,81 aA	8,37 aA	8,27 aA	8,22 aA	7,68 aA	8,36 aA	8,66 aA	8,34 A
C 3	7,80 abA	7,47 aA	8,09 abA	8,62 abA	8,22 abA	9,60 bA	8,78 abA	8,37 A
C 4	7,50 aA	7,62 aA	7,72 aA	9,14 aA	7,78 aA	8,62 aA	7,99 aA	8,05 A
Média	8.30a	7.80 a	8.09 a	8.64 a	7,95 a	8.66 a	8.15 a	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

No Gráfico 1 é possível observar o comportamento da força média de desprendimento dos frutos verdes, ao longo do período de maturação. Como já foi detalhado anteriormente, podem-se verificar os valores da força de desprendimento dos frutos verdes que, em geral, foram mais baixos em 25/04 e 16/05.

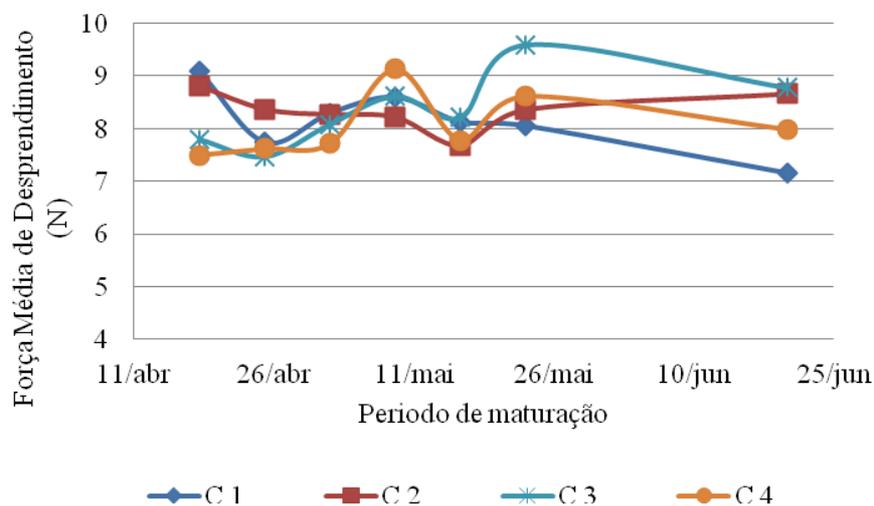


Gráfico 1 Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes, ao longo do período de maturação

Na Tabela 5 encontra-se a análise da força média de desprendimento dos frutos cerejas ao longo do período de maturação, dentro de cada condicionamento de umidade do solo. Pode-se observar que não houve diferença significativa da força de desprendimento dentre os condicionamentos de umidade do solo, porém, apresentando diferença significativa ao longo do período de maturação. Destaca-se que, em 16/05, a força média de desprendimento dos frutos cerejas foi de 4,35 N, sendo o menor valor médio observado, com diferença significativa em relação às avaliações do dia 18/04 e 20/06, quando as forças foram maiores, de 5,40 N e 5,26 N, respectivamente.

Tabela 5 Força média de desprendimento dos frutos (N) na maturação cereja, dentro de cada condicionamento de umidade do solo e ao longo do período de maturação

Cond.	Período de maturação							Média
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06	
C 1	5,66 aA	5,31 aA	5,73 aA	5,02 aA	4,30 aA	4,52 aA	4,98 aA	5,07 A
C 2	5,45 aA	5,43 aA	4,96 aA	4,68 aA	4,48 aA	6,18 aA	5,43 aA	5,21 A
C 3	4,99 aA	4,29 aA	5,06 aA	5,44 aA	4,40 aA	5,26 aA	5,43 aA	4,98 A
C 4	5,51 aA	3,75 aA	5,09 aA	4,51 aA	4,23 aA	4,27 aA	5,20 aA	4,65 A
Média	5.40 b	4.66 ab	5.21ab	4.91ab	4.35 a	5.06ab	5.26 b	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

No Gráfico 2 observa-se o comportamento da força de desprendimento dos frutos cerejas ao longo do período de maturação. Pode-se perceber que, em 16/05, houve uma diminuição da força de desprendimento em todos os condicionamentos de umidade do solo.

Outro fato a ser analisado é que essa diminuição foi verificada para todos os condicionamentos analisados, tendo os valores convergido para uma média em torno de 4,35 N, valor este inferior ao da avaliação anterior, que apresentou média de 4,91 N, ou seja, redução de 13% em um período de 7 dias. Observa-se que, nesta mesma data, a força de desprendimento dos frutos verdes também diminuiu, o que pode significar a interferência de algum fator climático ou do solo sobre o comportamento das plantas.

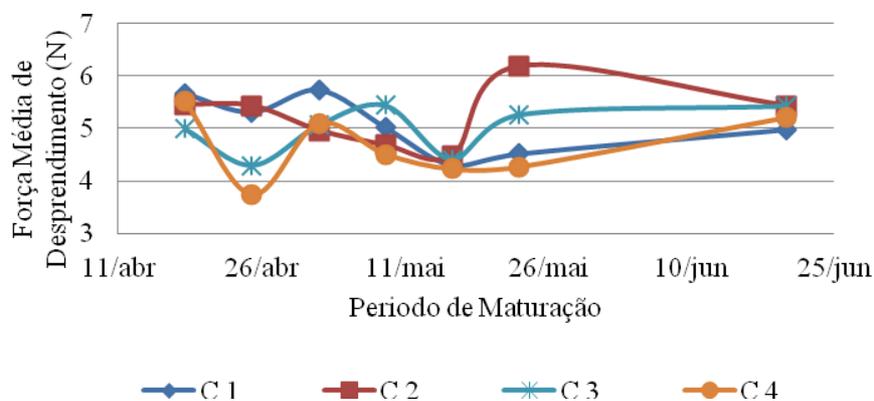


Gráfico 2 Comportamento da força média de desprendimento dos frutos na maturação cereja ao longo do período de maturação, para os diferentes condicionamentos

Na Tabela 6, encontra-se o quadro de análise de variância para a diferença da força média de desprendimento entre os frutos verdes e cerejas, dentre os diferentes condicionamentos de umidade do solo. Conforme pode ser observado, nenhuma das fontes de variação ou parâmetros analisados apresentou diferença significativa.

Tabela 6 Análise de variância para a diferença de força média de desprendimento entre a maturação verde e cereja

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M	Fc.	Pr > Fc
Bloco	2	1,44	0,72	0,98	0,4267
Condicionamento	3	1,81	0,60	0,82	0,5255
Erro 1	6	4,39	0,73		
Período	6	10,57	1,76	1,34	0,2580
Período*Cond.	18	22,50	1,25	0,95	0,5267
Erro 2	48	63,09	1,31		
Total corrigido	83	103,83			
CV 1 (%)	26,34				
CV 2 (%)	35,29				
Média geral	3,24				

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, PR = probabilidade.

Na Tabela 7 é apresentada a diferença da força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, dentro de cada condicionamento de umidade do solo, ao longo do período de maturação. Observa-se que, entre os condicionamentos do solo, não houve variação significativa.

Tabela 7 Diferença da força média de desprendimento (N) dos frutos entre as maturações verde e cereja, dentro de cada condicionamento de umidade do solo e ao longo do período de maturação

Cond.	Período de maturação							Média
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06	
C 1	3,42 Aa	2,43 Aa	2,56 Aa	3,58 Aa	3,83 Aa	3,53 Aa	2,18 Aa	3,07A
C 2	3,36 Aa	2,94 Aa	3,31 Aa	3,54 Aa	3,20 Aa	2,18 Aa	3,23 Aa	3,12A
C 3	2,81 Aa	3,18 Aa	3,03 Aa	3,17 Aa	3,82 Aa	4,34 Aa	3,34 Aa	3,38A
C 4	2,00 Aa	3,86 Aa	2,63 Aa	4,63 Aa	3,55 Aa	4,35 Aa	2,78 Aa	3,40A
Média	2,90 a	3,14 a	2,88 a	3,73 a	3,59 a	3,60 a	2,88 a	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

No Gráfico 3 observa-se o comportamento da diferença da força média de desprendimento entre os frutos verdes e cerejas. No condicionamento com maior umidade média do perfil do dolo, observa-se maior oscilação na diferença da força média de desprendimento contra menor oscilação no condicionamento com menor umidade média. Considerando as datas entre 09/05 e 16/05, observam-se diferenças mais elevadas entre as forças de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, confirmando que este período é o recomendado para a colheita seletiva. A força de desprendimento dos frutos cerejas diminuiu relativamente mais que a dos frutos verdes, sendo possível, assim, destacar os frutos cerejas com menores níveis de vibração impostos pelas colhedoras de café, sem, contudo, destacar os frutos verdes, o que é o princípio da colheita mecanizada e seletiva.

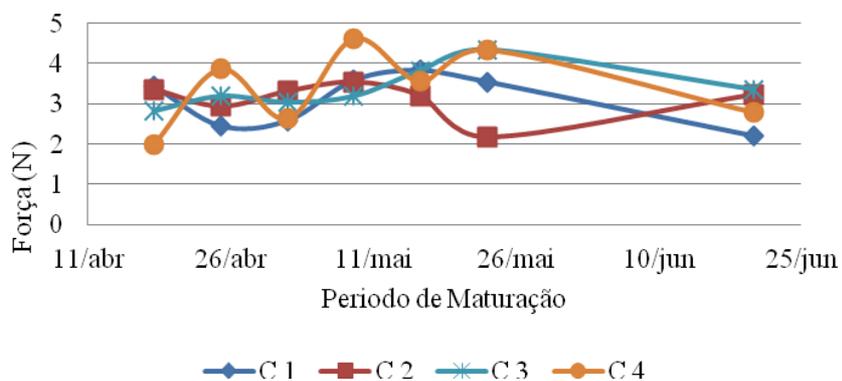


Gráfico 3 Comportamento da diferença da força média de desprendimento entre a maturação verde e cereja e ao longo do período de maturação

5.2 Comportamento da umidade dos frutos ao longo do período de maturação

Na Tabela 8 é apresentada a análise de variância da umidade dos frutos nas maturações verde e cereja, dentro de cada condicionamento de umidade do solo. Verifica-se que os fatores que apresentaram diferença significativa quanto à umidade dos frutos foram os condicionamentos e as maturações dos frutos. As demais fontes não apresentaram diferença significativa, 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 8 Análise de variância da umidade dos frutos nas maturações verde e cereja, dentro de cada condicionamento de umidade do solo

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR > FC
Bloco	2	1,84	0,92	0,34	0,7186
Condicionamento	3	89,91	29,97	11,37	0,0069
Erro 1	6	15,80	2,63		
Maturação	1	50,14	50,14	10,15	0,0019
Período	6	46,72	7,78	1,57	0,1611
Cond.*Maturação	3	29,14	9,71	1,96	0,1234
Cond.*Período	18	69,37	3,85	0,78	0,7180
Maturação*Período	6	13,09	2,18	0,44	0,8492
Cond.*Mat.*Per.	18	59,96	3,33	0,67	0,8287
Erro 2	104	513,45	4,93		
Total corrigido	167	889,45			
CV 1(%)	2,42				
CV 2(%)	3,31				
Média geral	67,17				

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M. = quadrado médio, F. C. = f calculado, PR = probabilidade.

Nas Tabelas 9 e 10 apresenta-se a umidade dos frutos (% b.u) na maturação verde e cereja, respectivamente, entre os condicionamentos analisados e ao longo do período de maturação. Observa-se que a umidade dos frutos verdes não variou ao longo do período, mas variou significativamente entre os condicionamentos de umidade do solo, sem, contudo, apresentar um comportamento característico. Para os frutos cerejas não houve diferença significativa dentro do período de maturação ou entre os condicionamentos.

Tabela 9 Umidade dos frutos (% b.u.) na maturação verde, nos diferentes condicionamentos ao longo do período de maturação

Cond.*	Período de maturação *							Média
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06	
C 1	65,15 aA	66,74 aA	66,50 aA	67,96 aA	67,91 aA	65,95 aA	66,82 aAB	66,72A
C 2	68,28 aAB	68,98 aA	68,37 aA	68,27 aA	68,11 aA	66,42 aA	68,06 aB	68,07AB
C 3	72,68 aB	69,35 aA	69,53 aA	67,59 aA	69,31 aA	68,14 aA	69,23 aB	69,40B
C 4	68,48 aAB	66,29 aA	67,22 aA	65,89 aA	67,42 aA	68,05 aA	63,29 aA	66,66A
Média	67,27 a	67,84 a	67,90 a	67,42 a	68,18 a	67,14 a	66,85 a	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Tabela 10 Umidade dos frutos (% b.u.) na maturação cereja, nos diferentes condicionamentos analisados ao longo do período de maturação

Cond.	Período de maturação							Média
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06	
C 1	66,61 aA	65,82 aA	66,05 aA	66,22 aA	67,95 aA	64,08 aA	65,40 aA	66,02A
C 2	66,54 aA	66,72 aA	67,13 aA	67,69 aA	66,85 aA	66,69 aA	66,15 aA	66,82A
C 3	66,88 aA	66,92 aA	66,25 aA	67,40 aA	68,26 aA	67,63 aA	66,06 aA	67,06A
C 4	66,54 aA	65,48 aA	66,56 aA	66,46 aA	68,52 aA	66,75 aA	65,60 aA	66,58A
Média	66,64 a	66,23 a	66,48 a	66,94 a	67,89 a	66,28 a	65,80 a	

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Observa-se que, em 09/05 e 16/05, os frutos cerejas apresentaram maiores umidade ao longo do período de maturação, mesmo não se tratando de diferenças significativas. Contudo, este período é o mesmo citado anteriormente como recomendado para se fazer a colheita seletiva e mecanizada.

O comportamento da umidade dos frutos e da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, ao longo do período de maturação, pode ser visto nos Gráficos 4 a 7, respectivamente, dentro de cada condicionamento de umidade do

solo. Nota-se, em geral, um comportamento típico de diminuição da força de desprendimento com o aumento da umidade dos frutos.

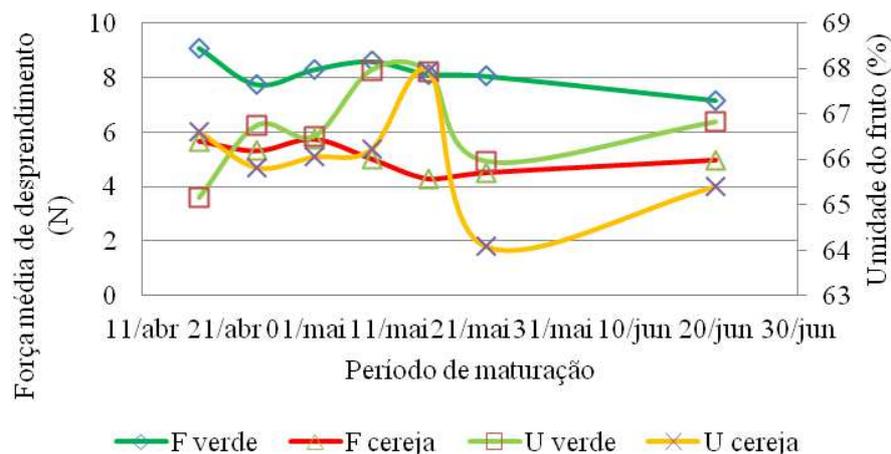


Gráfico 4 Força de desprendimento e umidade dos frutos no condicionamento C 1, ao longo do período de maturação

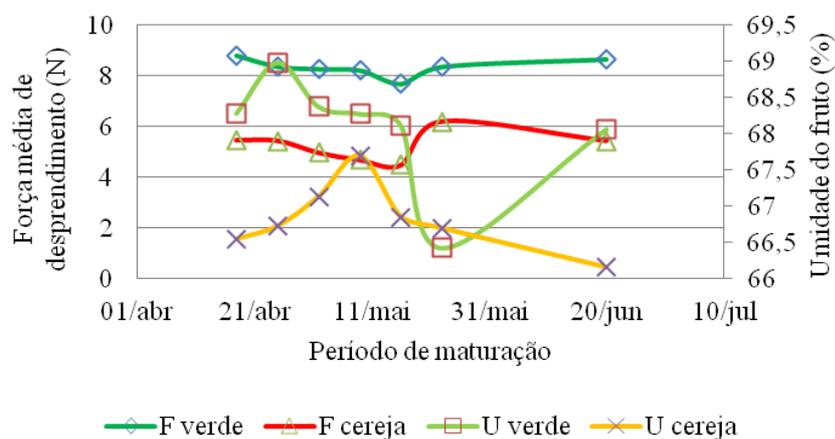


Gráfico 5 Força de desprendimento e umidade dos frutos no condicionamento C 2, ao longo do período de maturação

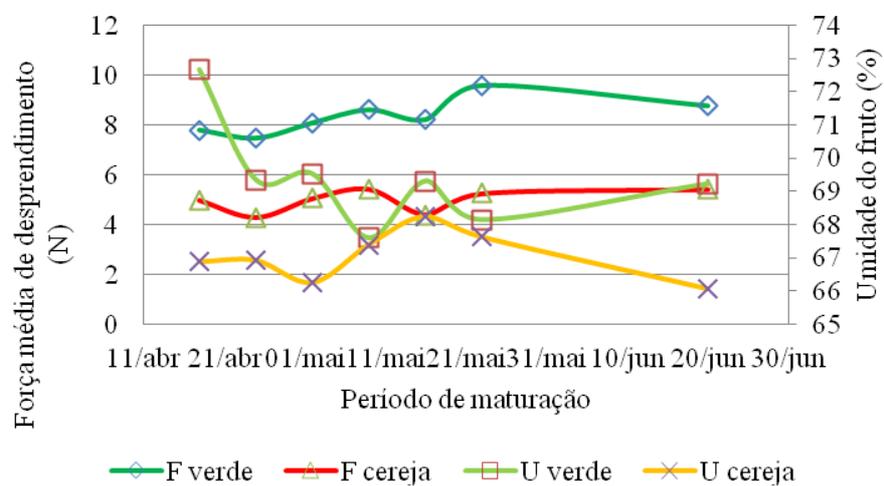


Gráfico 6 Força de desprendimento e umidade dos frutos no condicionamento C 3, ao longo do período de maturação

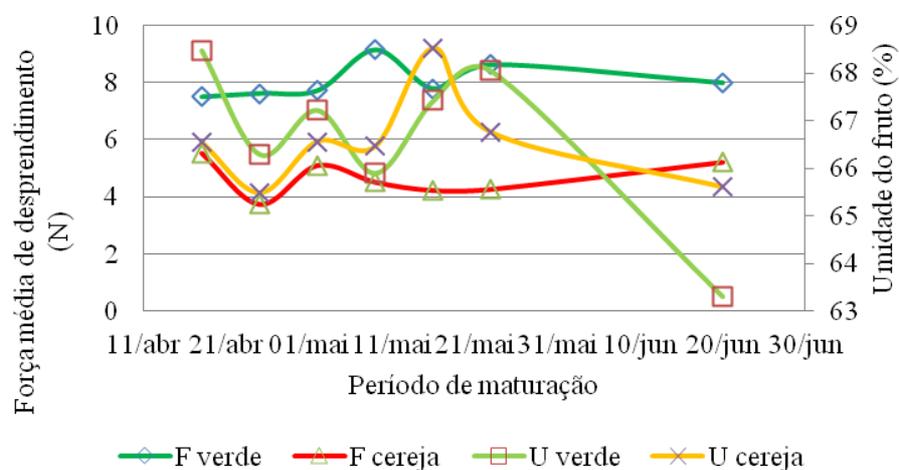


Gráfico 7 Força de desprendimento e umidade dos frutos no condicionamento C 4, ao longo do período de maturação

Analisando-se a força média de desprendimento e a umidade dos frutos nos diferentes condicionamentos, fica evidenciado que a força de desprendimento diminui à medida que ocorre aumento da umidade dos frutos, com destaque para o dia 16/05, sobretudo para o fruto cereja.

5.3 Relação da força de desprendimento com os parâmetros agrometeorológicos

Na Tabela 11 encontra-se a análise das variáveis meteorológicas ao longo do período de maturação dos frutos. Observa-se que todas as variáveis analisadas apresentaram diferença significativa ao longo do período de maturação.

Tabela 11 Análise das variáveis meteorológicas ao longo do período de maturação dos frutos

Data	Radiação solar (W.m ²)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
18/04	108,50 AB	0,40 A	79,62 BC
25/04	171,75 C	0,00 A	69,50 A
02/05	143,87 BC	22,40 C	76,00 AB
09/05	112,00 AB	1,00 A	81,37 BC
16/05	80,75 A	9,40 B	83,62 C
23/05	87,37 A	0,60 A	82,12 BC
20/06	82,37 A	0,00 A	79,00 BC

Data	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)
18/04	16,19CD	28,53 CD	21,42 DE
25/04	16,86 D	29,39 D	21,89 E
02/05	16,17 CD	25,92 B	21,42 CD
09/05	14,95 BC	26,93 BC	19,67 C
16/05	13,56 B	25,52 B	18,06 B
23/05	11,43 A	22,82 A	15,83 A
20/06	9,65 A	23,22 A	15,12 A

No Gráfico 8 encontra-se a análise do comportamento das temperaturas mínima, máxima e média (°C), bem como a precipitação, ao longo do período de maturação.

Observa-se que, no período considerado como início de maturação, tratando-se da segunda quinzena de abril e primeira quinzena de maio,

ocorreram maiores oscilações da temperatura máxima e que, a partir de 09/05, houve uma estabilidade nos valores das temperaturas máxima, média e mínima.

Houve ocorrência de chuvas nos dias 29/04, 15/05 e 09/06, com precipitação de 22,4; 8,40 e 18,00 mm, respectivamente. A temperatura média apresenta comportamento decrescente ao longo do período de maturação, o que é esperado, uma vez que se aproxima do período de inverno. Porém, no dia 16/05 ocorreu discreta elevação da temperatura média, logo após a ocorrência de chuva do dia 15/05, lembrando que, no dia 16, houve uma diminuição da força de desprendimento dos frutos cerejas, inclusive com diferença significativa, como demonstrado na Tabela 5.

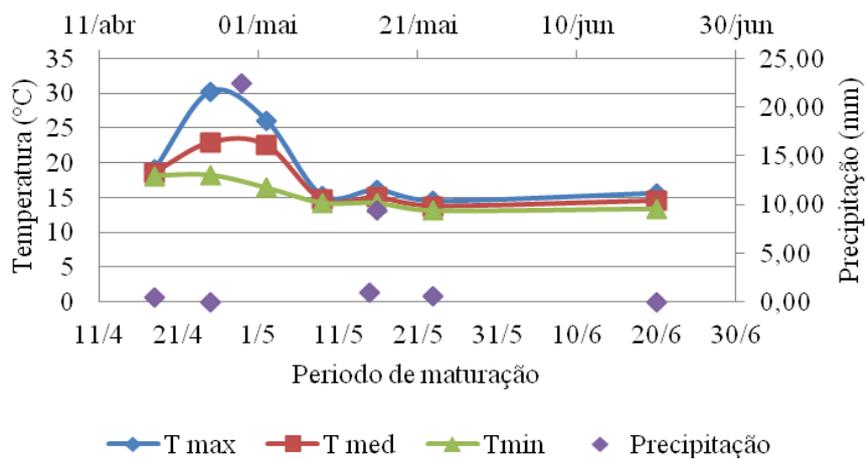


Gráfico 8 Comportamento da precipitação e das temperaturas máxima, média e mínima (°C), ao longo do período de maturação

5.4 Análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos verdes e as variáveis meteorológicas e umidade do solo

A análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos na maturação verde com as variáveis meteorológicas e de umidade do solo, nos diferentes condicionamentos de umidade do solo, é apresentada na Tabela 15. A avaliação de correlação foi feita para todos os parâmetros determinados no dia de avaliação da força de desprendimento, e com a média dos parâmetros determinados nos três dias anteriores à avaliação da força, com exceção da precipitação, para a qual foi considerado o valor acumulado dos três dias anteriores ao dia de avaliação.

Tabela 12 Correlação entre a força média de desprendimento do fruto de café na maturação verde com as variáveis meteorológicas e umidade do solo

Variáveis	Períodos de avaliação	Condicionamento de umidade do solo			
		C1	C 2	C 3	C 4
Temperatura máxima	No dia	- 0,03	0,04	-0,45*	-0,33
	Três dias antes	0,25	0,08	-0,55**	-0,24
Temperatura mínima	No dia	0,26	0,18	-0,59**	-0,37
	Três dias antes	0,35	-0,08	-0,43*	-0,22
Temperatura média	No dia	0,07	0,08	-0,47*	-0,36
	Três dias antes	0,32	0,05	-0,52**	-0,25
Precipitação	No dia	-0,04	0,01	0,46*	0,24
	Três dias antes	0,07	-0,23	-0,11	-0,16
Umidade Relativa	No dia	0,23	- 0,10	0,28	0,26
	Três dias antes	0,24	-0,20	0,35	0,27
Radiação Solar	No dia	-0,26	0,09	-0,32	-0,09
	Três dias antes	0,00	0,07	-0,39	-0,26
Umidade do Fruto	No dia	-0,47*	-0,07	-0,38	-0,09
	Três dias antes	----	----	----	----
Umidade do solo	No dia	0,09	-0,31	0,23	0,46*
	Três dias antes	----	----	----	----

*Significativo, a 5%, ** Significativo, a 1%

5.5 Análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos cerejas e as variáveis meteorológicas e umidade do solo

A análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos cerejas com as variáveis meteorológicas e de umidade do solo é apresentada na Tabela 16. A avaliação de correlação foi feita para todos os parâmetros determinados no dia de avaliação da força de desprendimento e com a média dos parâmetros determinados nos três dias anteriores à avaliação da força, com exceção da precipitação, para a qual foi considerado o valor acumulado dos três dias anteriores ao dia de avaliação.

Tabela 13 Correlação entre a força média de desprendimento do fruto de café na maturação cereja com as variáveis meteorológicas e umidade do solo

Variáveis	Períodos de avaliação	Condicionamento de umidade do solo			
		C1	C 2	C 3	C 4
Temperatura máxima	No dia	0,32	-0,05	-0,33	-0,15
	Três dias antes	0,33	-0,26	-0,28	-0,03
Temperatura mínima	No dia	0,36	-0,04	-0,30	0,05
	Três dias antes	0,22	-0,15	-0,37	-0,18
Temperatura média	No dia	0,38	-0,07	-0,29	-0,02
	Três dias antes	0,33	-0,18	-0,31	-0,07
Precipitação	No dia	-0,22	0,50**	0,15	-0,17
	Três dias antes	0,14	-0,28	-0,07	0,12
Umidade relativa	No dia	-0,23	-0,16	0,27	0,23
	Três dias antes	-0,33	-0,05	0,17	0,06
Radiação solar	No dia	0,10	-0,07	-0,22	-0,27
	Três dias antes	0,37	-0,03	-0,23	-0,09
Umidade do fruto	No dia	-0,10	-0,33	0,04	-0,30
	Três dias antes	---	---	---	---
Umidade do solo	No dia	0,41	-0,10	0,19	0,36
	Três dias antes	---	---	---	---

*Significativo, a 5%, ** Significativo, a 1%

A força de desprendimento dos frutos apresentou comportamento de correlação negativa com a temperatura do ar, sendo, inclusive, significativa para os frutos verdes no condicionamento C 3. Somente para o condicionamento C 1 do solo, ou seja, condição de sequeiro, com menor umidade média ao longo do

período de maturação, a tendência de correlação foi positiva. Para os frutos cerejas, a força de desprendimento também apresentou comportamento de correlação negativa com a temperatura, confirmando a ocorrência observada no dia 16/05, em que se registrou menor força de desprendimento média dos frutos cerejas, em todos os condicionamentos de umidade do solo, mediante pequena elevação de temperatura.

No Gráfico 9 apresenta-se a comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, com a temperatura média diária no condicionamento de sequeiro (C 1). Observa-se que, com o aumento da temperatura, ocorreu diminuição na força de desprendimento e vice-versa, principalmente para os frutos verdes.

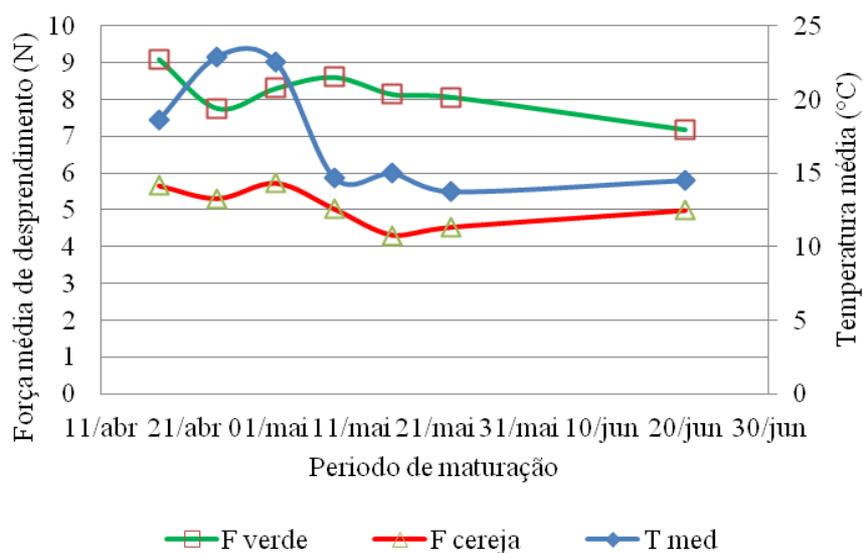


Gráfico 9 Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a temperatura média diária no condicionamento C 1

No Gráfico 10 demonstra-se a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas e sua relação com a temperatura média, ao longo do período de maturação, para o condicionamento C 2. O mesmo comportamento inverso da força de desprendimento se verifica em relação à temperatura, porém, sem significância.

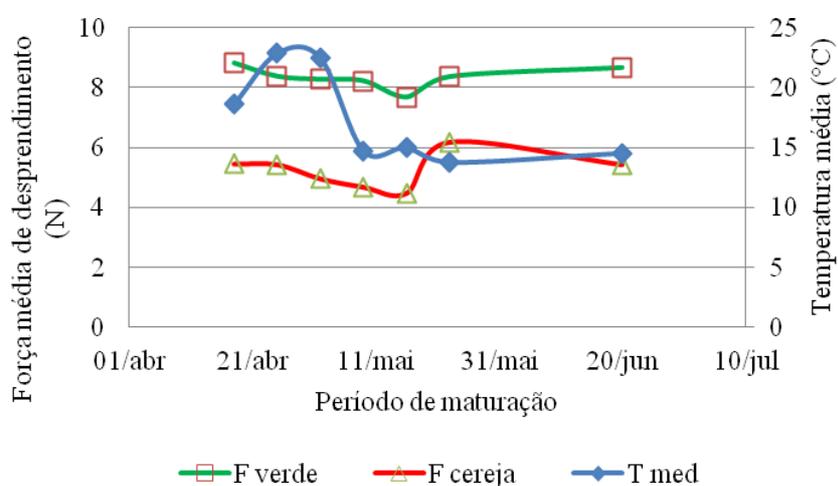


Gráfico 10 Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a temperatura média diária, no condicionamento C 2

No Gráfico 11 é demonstrada a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas e sua relação com a temperatura média, ao longo do período de maturação para o condicionamento C 3. Observa-se que, com o aumento da temperatura média, ocorre a diminuição da força de desprendimento, tanto para os frutos verdes como os cerejas. Nas duas elevações de temperatura ocorridas, dias 25/04 e 16/05, a força de desprendimento caiu. Por meio da análise de correlação (Tabela 15) fica evidenciada a correlação negativa significativa para a maturação verde.

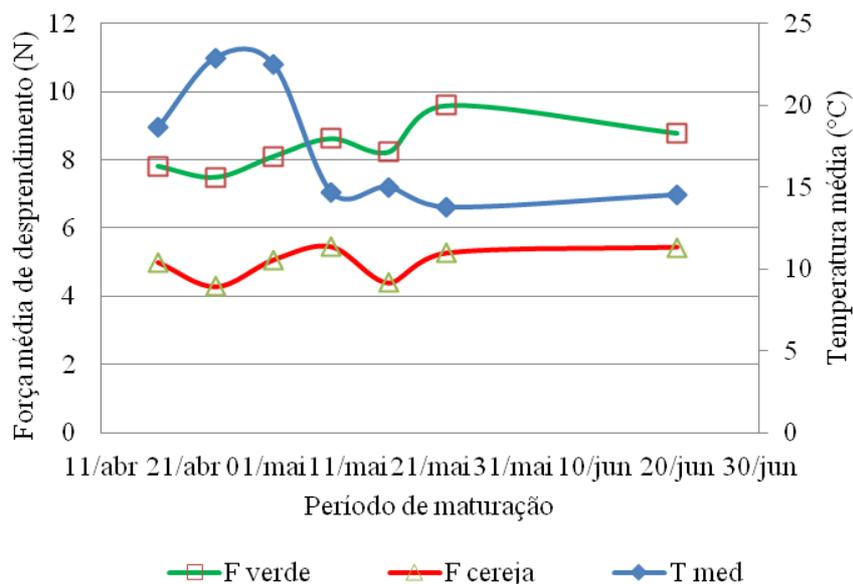


Gráfico 11 Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, com a temperatura média diária no condicionamento C 3

Os dados do Gráfico 12 demonstram a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas e sua relação com a temperatura média ao longo do período de maturação, para o condicionamento C 4 de maior umidade do solo. Conforme pode ser visualizado, nas datas em que ocorreu elevação da temperatura média (25/04 e 16/05), houve diminuição da força média de desprendimento dos frutos, principalmente para os frutos verdes, não apresentando, contudo, correlação significativa.

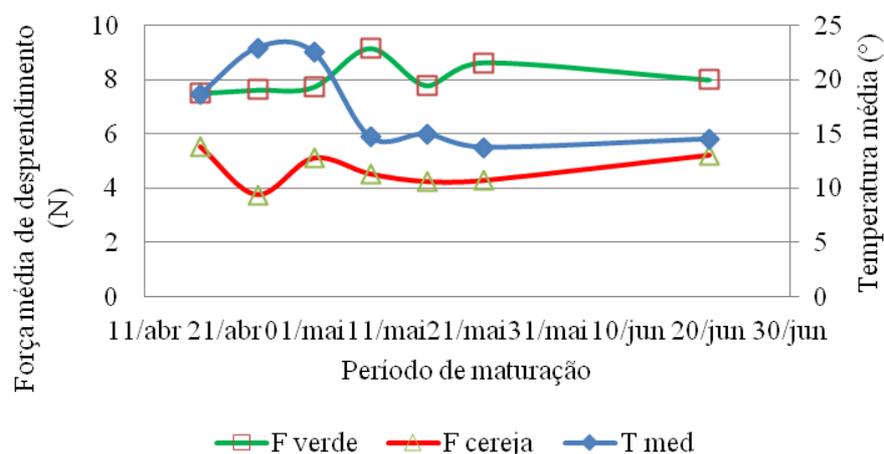


Gráfico 12 Comportamento da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a temperatura média diária no condicionamento C 4

Com relação à umidade do solo, a força de desprendimento apresentou correlação positiva para os frutos verdes, sendo significativa para o condicionamento C 4, em que a dotação de água procurou atender às necessidades das plantas. Nos demais condicionamentos e, em especial, para os frutos cerejas, não houve correlação significativa.

No Gráfico 13 está demonstrada a força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 1 de sequeiro e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação. Conforme pode ser visualizado, a umidade média do solo não sofreu grandes alterações a partir de 09/05, mantendo-se em torno de 25%. Comportamento semelhante pode ser observado para a força de desprendimento dos frutos, que variou pouco.

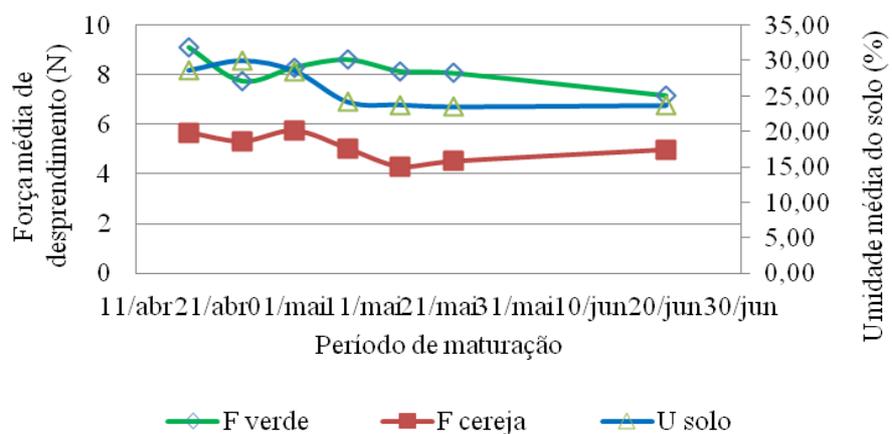


Gráfico 13 Força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 1 e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação

Para o condicionamento C 2, observa-se que a umidade do solo sofreu variações ao longo de todo o período, bem como a força de desprendimento dos frutos verde e cereja (Gráfico 14). Para o dia 16/05, ficou evidenciado que houve aumento da umidade do solo em relação à avaliação anterior (09/05), porém, não acarretando em variação significativa da força de desprendimento dos frutos, conforme demonstraram os resultado da análise de correlação (Tabelas 15 e 16).

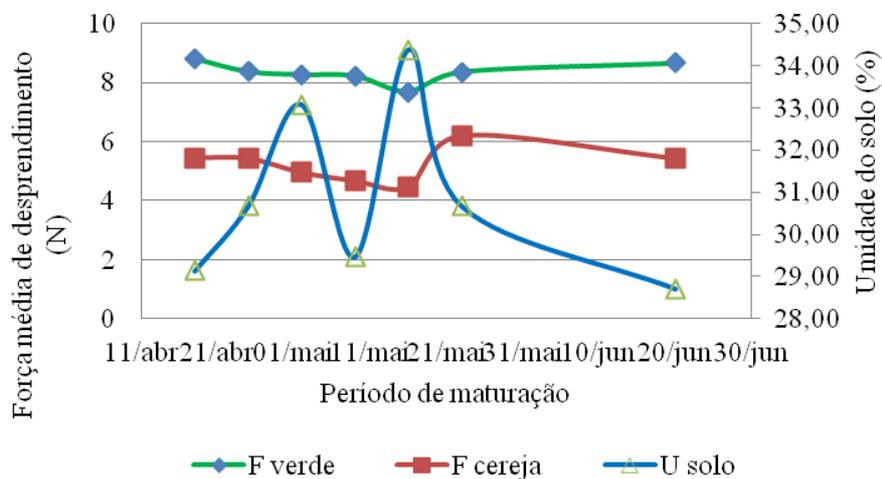


Gráfico 14 Força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 2 e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação

Para o condicionamento C 3 observa-se que a umidade do solo também sofreu variações ao longo de todo o período de maturação, bem como a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas (Gráfico 15). Em 16/05, o aumento da umidade do solo acarretou em diminuição da força de desprendimento para as duas maturações, sendo mais evidente para os frutos cerejas.

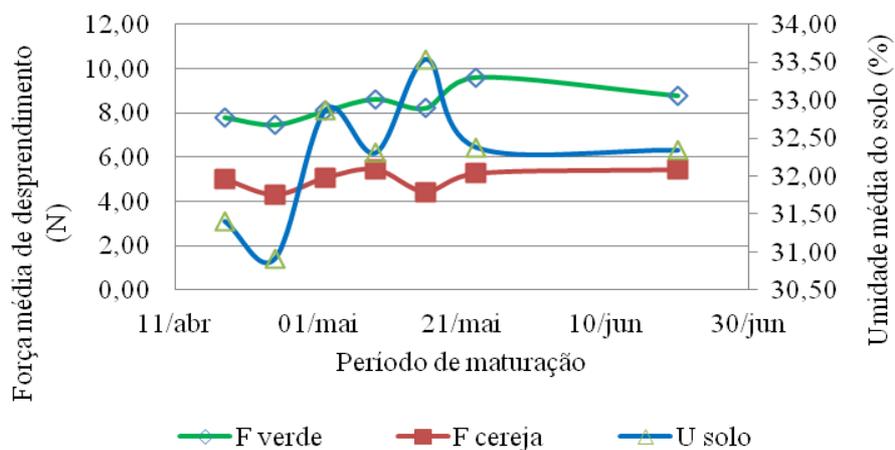


Gráfico 15 Força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 3 e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação

No Gráfico 16 observa-se a força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 4, de maior umidade média do solo ao longo do período (36%). Neste condicionamento, como esperado, a variação da umidade foi mínima e a força de desprendimento dos frutos verdes apresentou correlação positiva significativa (Tabela 15). Para os frutos cerejas não se observou correlação (Tabela 16).

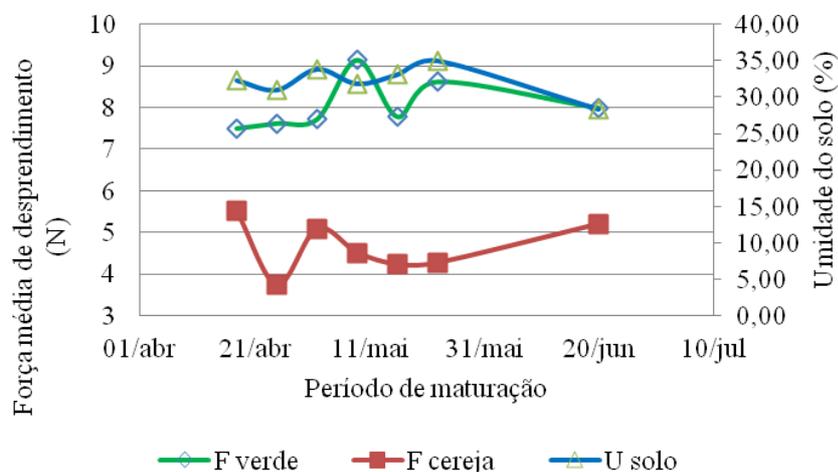


Gráfico 16 Força de desprendimento média das maturações verde e cereja no condicionamento C 4 e sua relação com a umidade média do solo, ao longo do período de maturação

A força de desprendimento apresentou correlação negativa com a umidade do fruto, sendo significativa para os frutos verdes no condicionamento C 1, condição de sequeiro. Para os demais condicionamentos e para os frutos cerejas, observou-se comportamento inverso entre a força de desprendimento e a umidade dos frutos, porém, apenas com tendência correlação. Em geral, o aumento da umidade dos frutos ocorreu com diminuição da força de desprendimento.

Com relação à precipitação, a força de desprendimento dos frutos apresenta comportamento distinto, com correlação positiva e significativa para os frutos verdes e cerejas, no dia de avaliação da força de desprendimento. Porém, é preciso observar que, nesses dias, as ocorrências de precipitação foram muito baixas, variando de 0 a 0,40 mm. Quando se analisa o comportamento da força de desprendimento com a ocorrência de precipitação nos três dias

anteriores ao de avaliação da força, a tendência passa a ser de correlação negativa, contudo, não significativa.

A força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas não apresentou padrão de correlação com os parâmetros umidade relativa do ar e radiação solar.

No Gráfico 13 está representada a relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação no condicionamento C 1 (sequeiro). Durante o período, ocorreram duas precipitações de maior volume: 29/04 e 15/05, com 22,40 e 8,40 mm, respectivamente, tendo a primeira precipitação ocorrido três dias antes da avaliação e a segunda, um dia antes da avaliação.

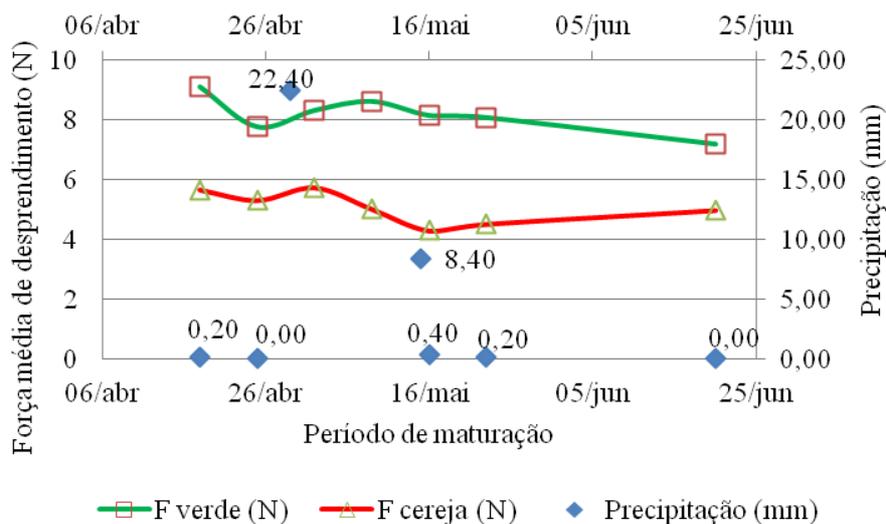


Gráfico 17 Relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação no condicionamento C 1

Nos Gráficos 18 a 20 está representada a relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação, nos condicionamentos C 2, C 3 e C 4.

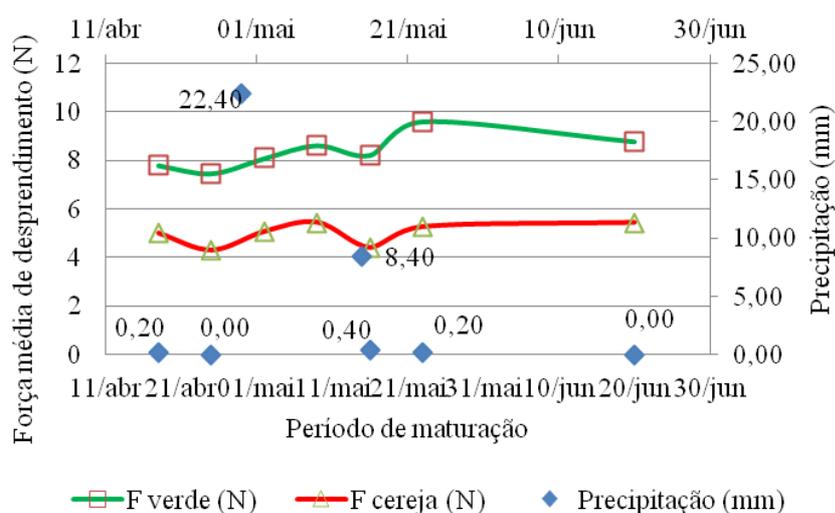


Gráfico 18 Relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação, no condicionamento C 2

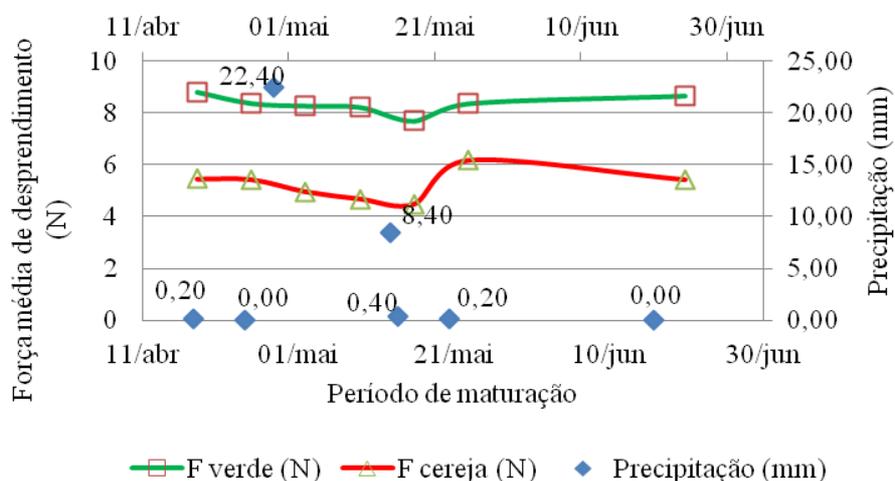


Gráfico 19 Relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação, no condicionamento C 3

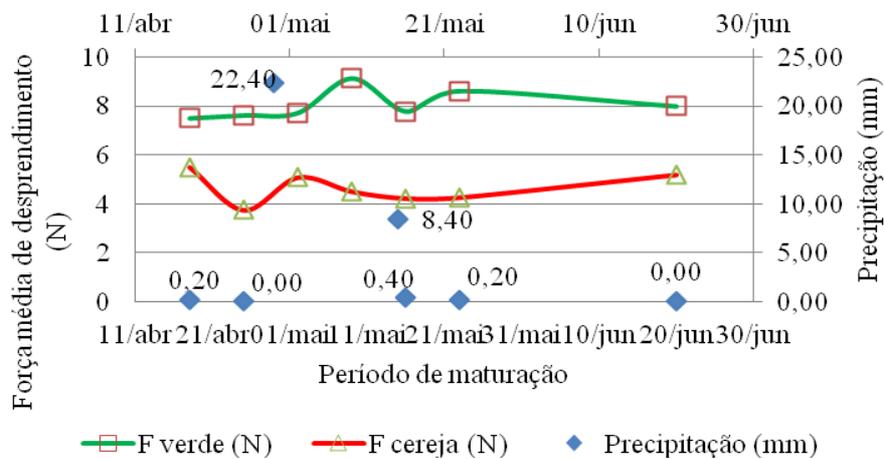


Gráfico 20 Relação entre a força média de desprendimento dos frutos verdes e cerejas com a precipitação, ao longo do período de maturação, no condicionamento C 4

Segundo Pereira et al. (2005) em trabalho buscando descrever a produção de etileno em frutos de café em diferentes estágios de maturação, concluíram que um rápido crescimento na produção de etileno (hormônio vegetal que desempenha um papel fundamental na senescência de órgãos e tecidos, amadurecimento dos frutos e abscisão) em frutos verde-cana, após o final da formação do endosperma, com um decréscimo nos frutos cereja, indicando uma fase climatérica na maturação. Segundo os autores mesmo não sendo claro o que controla os níveis iniciais de produção de etileno, a sua síntese é autocatalítica, estimulando uma maior produção de etileno durante os estágios iniciais de maturação, que é característico de frutos que estão em fase de amadurecimento. Isto explica o fato de que a maior correlação entre força de desprendimento e temperatura foram verificadas em frutos verde e não em frutos cereja, sendo conhecido que a temperatura é um parâmetro que estimula a planta a produzir etileno.

No fruto verde cana é o ponto onde ocorre um estímulo na produção de etileno. Esse etileno que é recém sintetizado vai disparar os eventos relacionados ao amadurecimento como, degradação de clorofilas e síntese de carotenoides (na casca), síntese de açúcar e fenólicos voláteis, degradação de parede celular. Importante lembrar que a passagem do fruto verde para o verde-cana, muitas vezes é imperceptível. Por isso, algumas vezes somente a observação da cor da casca como verde, pode ser incorreta e na verdade os frutos já passaram para a próxima fase (verde-cana a qual já houve completa formação do endosperma), apesar da coloração verde e não verde-cana.

6 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e nos resultados encontrados, foi possível concluir que as oscilações da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro estão relacionadas com as variáveis clima, precipitação, umidade de solo e umidade dos frutos, ao longo do período de maturação. A alteração da temperatura do ar, da umidade do solo e da umidade do fruto acarreta em alterações na força de desprendimento dos frutos verdes e, para frutos cerejas, a ocorrência de precipitação alterou a força de desprendimento.

Com o aumento de temperatura ocorreu diminuição da força de desprendimento dos frutos verdes e tendência de diminuição para os frutos cerejas. A umidade do solo apresentou correlação positiva com a força de desprendimento dos frutos verdes e tendência positiva para os frutos cerejas. A precipitação tendeu a diminuir a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, nos três dias após sua ocorrência. A força de desprendimento dos frutos verdes apresentou correlação negativa com a umidade do fruto.

REFERÊNCIAS

- ARISTIZABAL, I. D. et al. Mechanical harvest of coffee applying circular and multidirectional vibrations. **Transactions of the Asae**, v. 46, n. 2, p. 205-209, Mar./Apr. 2003a.
- ARISTIZABAL, I. D. et al. Physical and mechanical properties of the coffee tree related to harvest mechanization. **Transactions of the Asae**, v. 46, n. 2, p. 197-204, Mar./Apr. 2003b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas 1960-1992**. Brasília, 1992.
- CARVALHO, C. H. M. et al. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 243-250, mar./abr. 2006.
- CARVALHO, G. R. et al. Behavior of F-4 progenies obtained from crossing of Icatu with Catimor. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2009.
- CILAS, C. et al. Genetic study on the physical properties of *Coffea arabica* L. wood. **Trees-Structure and Function**, v. 20, n. 5, p. 587-592, 2006.
- CILAS, C. et al. Variability in the rigidity of *Coffea canephora* Pierre stems determined by acoustic analysis. **Trees-Structure and Function**, v. 16, n. 1, p. 23-27, Jan. 2002.
- CIRO, H. J. Coffee harvesting I: Determination of the natural frequencies of the fruit stem system in coffee trees. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 17, n. 4, p. 475-479, July 2001.
- COELHO, G.; SILVA, A. M. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 400-408, mar./abr. 2005.

CRISOSTO, C. H.; NAGAO, M. A. Evaluation of fruit removal force of coffee cultivars. **Hortscience**, Alexandria, v. 26, n. 2, p. 210-210, Feb. 1991.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

GOMIDE, R. L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 133-238.

KÖPPEN, W. **Roteiro para classificação climática**. [S.l.: s.n.], 1970. 6 p. 289-302. Mimeografado.

LIMA, L. A. et al. Coffee yield and production during the initial five harvests under irrigation with center pivot in Lavras, MG. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

OLIVEIRA, E. et al. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2007, v. 27, n. 3, p. 714-721.

PARCHOMC, P.; COOKE, J. R. Vibratory harvesting - experimental analysis of fruit-stem dynamics. **Transactions of the Asae**, v. 15, n. 4, p. 598-603, 1971.

PEREIRA, L. F. P.; GALVÃO, R. M.; KOBAYASHI, A. K.; CAÇÃO, S. M. B.; VIEIRA, L. G. E. Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v.17 n.3 Londrina July/Sept. 2005.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476 p.

SANTOS, F. L., QUEIROZ, D. M., PINTO, F. A. C., SANTOS, N. T. Analysis of the coffee harvesting process using an electromagnetic shaker. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 32, n. 3, p. 373-378, 2009.

SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008.

SILVA, F. C. et al. Behavior of the coffee fruit detachment force throughout the harvest period. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, 2010a.

SILVA, F. M. et al. Effects of manual harvesting on coffee (*Coffea arabica* L.) crop biannuality in Ijaci, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, 2010b.

SILVA, F. M. et al. Evaluation of mechanized coffee (*coffea arabica* l.) harvest with ethephon use. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 1-6, abr./jun. 2006.

SILVA, C. A. et al. Productivity and yield of coffee plant under irrigation levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008a.

SILVA, F. M. et al. Spatial variability of chemical attributes and coffee productivity in two harvests. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev. 2008b.

SILVA, A. L. et al. Variability of water balance components in a coffee crop in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 105-114, mar./abr. 2006.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro**: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 46 p. (EMBRAPA - CNPAF. Circular Técnica, 27).

SOUZA, C. M. A. et al. Portable harvester in the total and selective harvesting of coffee fruits. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 11, p. 1637-1642, 2006.