

**COEFICIENTES DE CULTURA (Kc) E  
CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIEIRO  
'RUBI' (*Coffea arabica* L.) ASSOCIADOS A  
GRAUS DIA DE DESENVOLVIMENTO (2º ANO  
DE IMPLANTAÇÃO).**

**RENATO ANTONIO DA SILVA**

**2006**

**RENATO ANTONIO DA SILVA**

**COEFICIENTES DE CULTURA ( $K_c$ ) E CRESCIMENTO VEGETATIVO  
DO CAFEIRO 'RUBI' (*Coffea arabica*.L) ASSOCIADOS A GRAUS DIA  
DE DESENVOLVIMENTO (2º ANO DE IMPLANTAÇÃO).**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**

Prof .Dr. Elio Lemos da Silva

**LAVRAS  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2006**

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

Silva, Renato Antonio

Coeficientes de cultura (Kc) e crescimento vegetativo do cafeeiro 'Rubi'  
(*Coffea arabica* L) associados a graus-dia de desenvolvimento ( 2º ano de  
implantação) / Renato Antonio. -- Lavras : UFLA, 2006.

61 p. : il.

Orientador: Elio Lemos da Silva.  
Dissertação (Mestrado) – UFLA.  
Bibliografia.

1. Café. 2. Crescimento. 3. Graus dia. 4. Coeficientes de cultura. 5.  
Irrigação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7387

**RENATO ANTONIO DA SILVA**

**COEFICIENTES DE CULTURA (Kc) E CRESCIMENTO VEGETATIVO  
DO CAFEIRO 'RUBI' (*Coffea arabica*.L) ASSOCIADOS A GRAUS DIA  
DE DESENVOLVIMENTO (2º ANO DE IMPLANTAÇÃO).**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 17 de novembro de 2006.

Prof. Dr. Luis Gonsaga de Carvalho

UFLA

Dra. Ângela Maria Soares

UFLA

Prof.Dr. Elio Lemos da Silva  
UFLA  
(Orientador)

**LAVRAS  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2006**

## DEDICO

A Deus, a Jesus Cristo e aos meus familiares pelo apoio e carinho que me deram durante toda a minha vida.

A todos meus amigos, que sempre me apoiaram e ajudaram em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade pelos ensinamentos proporcionados. Ao Departamento de Engenharia, onde esta a base do curso de Engenharia Agrícola, pelo curso oferecido e pela área cedida para montagem do experimento.

Ao CNPq pelo financiamento do projeto.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram e apoiaram, pois a ajuda deles foi fundamental para eu ter conseguido concluir esta etapa.

A minha mulher, minha filhinha, meus irmãos e familiares, pelo apoio e ajuda prestada.

Ao professor Élio Lemos da Silva, pela paciência e dedicação em me ensinar e preparar-me para condução do trabalho.

A professora Dra. Ângela Maria Soares que se dispôs a fazer parte da banca.

Ao professor Dr. Luiz Gonzaga de Carvalho, por ter aceitado ser meu co-orientador e se mostrar disposto a contribuir com este trabalho.

Ao professor Antonio Marciano da Silva, por quem tenho muita admiração.

A pesquisadora Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa

Aos meus colegas de projeto (Débora, Moisés, Renatinho), pela ajuda em conduzir este trabalho. A todos os demais professores da UFLA, que sempre deram uma contribuição para melhoria do trabalho.

Aos funcionários do laboratório de hidráulica, Sr Berg, Neném, Fátima, Sr. Cipriano e o José Luiz, pelo auxílio com material e ajuda no experimento.

Aos meus amigos Coelho, Carlinhos, Juninho, Adriano, Sato, Carla, Juliane, Polyana, Natalino, Carlos Rogério, Marcio Koetz, Samuel.

Aos meus colegas da Pós-graduação João Marcelo, Gustavo, Kátia, Wesley, Eduardo, Mônica, Sirley.

Emfim, todos aqueles que colaboraram para que este trabalho se concretizasse

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1O Cafeeiro.....	4
2.2 Graus-dia de desenvolvimento.....	5
2.3 Coeficiente de cultura.....	8
2.4 Evapotranspiração de referência.....	10
2.5 Evapotranspiração da cultura.....	13
2.6 Balanço hídrico.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Parcela experimental .....	16
3.2 Solo.....	17
3.3 Caracterização climática.....	18
3.4 Equação característica de retenção.....	18
3.5 Irrigação.....	20
3.6 Balanço hídrico do solo.....	23
3.6.1 Precipitação pluvial.....	24
3.6.2 Irrigação.....	25
3.6.3 Deflúvio superficial.....	25
3.6.4 Drenagem profunda.....	25
3.6.5 Condutividade hidráulica.....	26
3.6.6 Variação no armazenamento.....	26
3.6.7. Evapotranspiração da cultura.....	27
3.7 Evapotranspiração de referência.....	27



3.8. Determinação do coeficiente de cultura.....	32
3.9 Graus dia de desenvolvimento.....	32
3.10 Crescimento vegetativo.....	34
3.11 Análise de dados.....	34
4.0 Resultados e discussão.....	35
4.1 Elementos meteorológicos.....	35
4.2 Curva característica de retenção.....	36
4.3 Irrigação.....	38
4.3.1 Uniformidade de irrigação.....	39
4.4 Crescimento vegetativo.....	40
4.4.1 Número de ramos plagiotrópicos.....	40
4.4.2 Comprimento dos ramos plagiotrópicos.....	41
4.4.3 Diâmetro do caule.....	43
4.4.4 Diâmetro de copa.....	45
4.4.5 Altura de planta.....	46
4.4.6 Número de internódios.....	48
4.5 Coeficiente de cultura.....	49
5.0 CONCLUSÕES.....	51
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
7.0 ANEXOS.....	57

## RESUMO

SILVA, Renato Antonio. **Coefficientes de cultura (Kc) e crescimento vegetativo do cafeeiro ‘Rubi’ (*Coffea arabica* L) associados a graus-dia de desenvolvimento ( 2º ano de implantação).** 2006. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG\*.

Objetivou-se neste trabalho determinar o coeficiente de cultura (Kc), para variedade de cafeeiro Rubi (*Coffea arabica* L.), estabelecendo a relação coeficiente de cultura e graus dia de desenvolvimento, além de avaliar o crescimento do cafeeiro irrigado no seu segundo ano. O estudo foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia da UFLA. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com dois blocos cada um com cinco parcelas (repetições), sendo estas plantadas em diferentes épocas como descrito a seguir: P1 plantado em abril, P2 em junho, P3 em julho, P4 em agosto e P5 em setembro. O balanço hídrico do solo foi determinado através da contabilização de entradas e saída de água no volume de controle. De posse dos valores de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) sem restrição água no solo, determinou-se o coeficiente de cultura e estabeleceu sua relação com o acumulo das unidades térmicas de calor (GDD). Foram feitas avaliações de crescimento mensalmente até que a cultura completasse aproximadamente 6885 graus dia de desenvolvimento, valor correspondente ao somatório de GDD desde a implantação do experimento. As características avaliadas foram: diâmetro do caule, diâmetro da copa, altura de planta, comprimento do ramo plagiotrópico, número de ramos plagiotrópicos e número de internódios. Os resultados obtidos permitiram concluir que a metodologia de graus dia de desenvolvimento apresenta uma boa correlação com o crescimento do cafeeiro, mas para afirmarmos com mais segurança este fato seria preciso realizar novos trabalhos de pesquisa nessa área. Já para obtenção do coeficiente de cultura foi utilizada a análise de regressão que identificou o polinômio de segundo grau como o que melhor se ajusta aos dados mensurados, com um valor de coeficiente de determinação ( $R^2 = 0.98$ ). Pode-se verificar também que os valores de coeficiente de cultura variou de 0,77 a 0,84.

---

\* Comitê Orientador: Prof Dr. Elio Lemos da Silva – DEG/UFLA (Orientador), Prof. Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho – DEG/UFLA (Co-orientador).

## ABSTRACT

Silva, Renato Antonio. **Crop coefficient (Kc) and vegetative growth of coffee plant “rubi”(Coffea arabica.L) associated to growing degree days (2<sup>nd</sup> year).** 2006. 61p. Thesis (Master in Irrigation and Drainage) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil\*

This work goals were to determine crop coefficient (Kc) of the Rubi coffee plant variety, to relate crop coefficient to growing degree days, GDD, and to evaluate the growth of a two year old irrigated coffee. The study was carried out in an experimental area of the Engineering Department of Federal University of Lavras, at Lavras, MG. The experimental design applied was random blocks, with two replications and five plots cultivated according to the following: P1 planted in April, P2 in June, P3 in July, P4 in August and P5 in September. Soil water balance was determined evaluating inflow and outflow from soil layer control. Crop coefficients (Kc) were determined based on reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and crop evapotranspiration without soil water restriction, establishing that Kc is related to GDD. Growing evaluations were evaluated monthly until the crop summing 6885 GDD since the beginning of experiment. Stem diameter, canopy diameter, plant height, plagiotrópic branch length, number of plagiotrópic branches and number of internodes were evaluated. The results showed that GDD methodology had not presented good correlation with coffee crop development, being necessary carry out more scientific works for ratification of this conclusion. Regression analyzes applied to crop coefficient determined second degree equation as best adjustment based on the highest coefficient of determination. Crop coefficient ranged from 0,77 to 0,84

## 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura sempre teve destacada participação na economia brasileira. Presente no país desde o século XVIII, a lavoura cafeeira registrou rápida expansão e passou a ser um dos principais produtos agrícolas.

O agronegócio do café gera no Brasil, cerca de 3 bilhões de dólares por ano, envolvendo uma complexa cadeia que vai desde a indústria de insumos até o consumo final (Guimarães et al., 2002). No entanto, o aumento da competição internacional, diante de um mercado livre para o café e a globalização da economia está exigindo do cafeicultor brasileiro maior eficiência para se manter na atividade. As margens de lucro estão cada vez menores, daí a necessidade de baixar custos de produção para permanecer no mercado.

A competitividade pode ser alcançada pelo aumento da produtividade dos cafezais cultivados adequadamente, dentro da mais moderna tecnologia. A cafeicultura tradicional brasileira vem mostrando custo de produção muito elevado, em consequência, principalmente, da baixa produtividade dos cafezais e do aumento do custo da mão-de-obra. Os fatores responsáveis por esse baixo desempenho são complexos e interdependentes, podendo ser agrupados em três categorias: econômico, climático e manejo da cultura.

A irrigação é uma prática que, além de incrementar a produtividade, pode proporcionar a obtenção de um produto diferenciado, de qualidade superior e com perspectivas de melhores preços.

A irrigação do cafeeiro em larga escala é uma prática relativamente nova e, como toda tecnologia em fase de implantação, é muito carente de informação. Os limites e as variações envolvidas em todo o processo de produção desta cultura irrigada ainda estão por serem definidos, cabendo aos pesquisadores promover estudos e questionamentos que os elucidem.

Estimativas do consumo de água na cultura cafeeira constituem um importante instrumento no planejamento e manejo da irrigação (Iaffe et al.,

2000). Nesse contexto, nota-se a necessidade de se identificar os métodos de determinação das necessidades hídricas que melhor atendam às condições regionais, considerando clima, solo, operacionalidade, estágio de desenvolvimento da cultura e o sistema de irrigação utilizado. A determinação de lâminas de irrigação tem sido feita a partir de valores de coeficientes que permitem estimar a evapotranspiração máxima de uma cultura qualquer, a partir de valores de evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ). Tais coeficientes são denominados coeficientes de cultura ( $K_c$ ) e têm sido tabelados para as diversas culturas, como função de dias após emergência ou outra forma de acompanhamento do crescimento vegetativo.

As informações existentes de coeficiente de cultura,  $K_c$ , como as publicadas pelo boletim técnico n.56 da FAO (Allen et al., 1998) e também por Matiello (1991) para cafeeiro, caracterizam as fases da cultura na escala de tempo, como dias após o início da emissão de novas folhas ou dias após o plantio, seguindo, na maioria das vezes, o calendário Juliano. Curvas de  $K_c$  tendo como abscissa dias do ano parecem não representar as diferentes condições das lavouras nas diferentes condições de clima, principalmente de temperatura.

Segundo Oliveira Nunez (1986), a duração das fases fenológicas de uma cultura avaliada pelo número de dias do calendário varia bastante entre regiões, anos e datas de plantio, em razão das freqüentes mudanças das condições do tempo e das diferenças climáticas. A determinação de lâminas de irrigação usando coeficientes de cultura ( $K_c$ ) obtidos em locais diferentes da lavoura implantada pode ser equivocada, se as condições dos locais em que os valores de  $K_c$  foram obtidos e onde a cultura está implantada forem diferentes, podendo superestimar ou subestimar o consumo de água. A utilização apropriada de elementos meteorológicos, que influenciam o crescimento e o desenvolvimento

das plantas, permite determinar com maior precisão a duração das fases fenológicas das plantas cultivadas.

A utilização da metodologia de graus-dia ou unidades térmicas como indicador das diferentes fases de uma cultura, em substituição ao acompanhamento por meio de um calendário, poderá permitir a importação e a exportação de resultados de pesquisa referentes ao consumo relativo de água (Kc) em diferentes regiões e épocas de irrigação. O conceito de graus-dia pressupõe a existência de temperatura basal inferior (Tb) e temperatura basal superior (TB), aquém ou além das quais a planta não se desenvolve e, se o fizer, será a taxas muito reduzidas (Ometto, 1981).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivos determinar os coeficientes de cultura (Kc) do cafeeiro 'Rubi' (*Coffea arabica* L.) e relacioná-los a graus-dia de desenvolvimento (GDD), bem como avaliar o crescimento vegetativo desse cafeeiro, irrigado, também associado à GDD.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O cafeeiro

O cafeeiro é uma planta originária do Continente Africano, das regiões altas da Etiópia (Cafa e Enária), podendo ser a região de Cafa responsável pela origem do nome café. É uma planta de sub-bosque, de nome café, o qual também é dado ao fruto, à semente, à bebida e aos estabelecimentos que a comercializam (Graner & Godoy Junior, 1967, citados por Guimarães et al., 2002).

No Brasil, as regiões climaticamente aptas para a cafeicultura foram delimitadas com base nos fatores térmicos e hídricos. Segundo Silva et al. (2000), temperaturas médias anuais na faixa de 18°C a 22°C são mais favoráveis, estando a ideal entre 19°C e 21°C. Temperaturas acima de 23°C e abaixo de 18°C são consideradas inaptas para o cultivo do café arábica. Segundo o mesmo autor, os limites foram adotados com base na deficiência hídrica anual (dha), em que têm-se: apta sem irrigação, apta com irrigação ocasional, apta com irrigação complementar e apta com irrigação obrigatória, correspondendo aos valores de  $dha < 100\text{mm}$ ,  $100\text{mm} < dha < 150\text{mm}$ ,  $150 < dha < 200\text{mm}$  e  $dha > 200\text{mm}$ , respectivamente.

De acordo com Thomaziello (1999), os limites de altitude para se considerar uma região apta à cafeicultura é de 400 a 1.200 metros.

Na região centro-sul do Brasil, zoneada como climaticamente aptas à cafeicultura (café arábica), a irrigação é uma prática considerada desnecessária. Porém, essas regiões estão sujeitas ao efeito de estiagens que, ocorrendo nas fases de demanda de água da cultura, pode causar uma significativa queda na produção e também perda na qualidade do produto.

O cafeeiro arábica apresenta quatro fases fenológicas distintas durante o ano, que são: granação e abotoamento, maturação e abotoamento, dormência,

floração e expansão. O cafeeiro realiza dois processos concorrentes a cada ano, sendo um referente à frutificação no segmento do ramo formado no ano anterior e o outro relativo à formação de novo ramo para frutificação no ano seguinte (Camargo, 1987).

Camargo et al. (1984 e 1986) informam que, se ocorrer déficit hídrico na fase de floração e expansão (chumbinho), ocorrerá atraso no crescimento dos frutos, resultando em peneira baixa e reduzida produtividade. Se o déficit ocorrer na fase de granação (janeiro a março), os frutos serão afetados, induzindo um maior percentual de grãos chochos. Segundo esses autores, na fase de maturação e abotoamento (abril a junho), o déficit hídrico não afeta a maturação dos frutos já formados e nem a produtividade deste ano porque, neste período, eles já se encontram em avançado estágio de maturação; no entanto, prejudica a abotoação e, conseqüentemente, a produção do ano seguinte. Para eles, o déficit hídrico pode até ser benéfico na fase de dormência (julho a setembro), uma vez que pode condicionar um florescimento abundante após as chuvas ou irrigação, no final da fase, promovendo frutificação e maturação mais uniformes na safra seguinte.

## **2.2 Graus-dia de desenvolvimento**

Já no século XVIII sabia-se que as plantas eram exigentes em temperatura, porém, só em 1916 essa idéia foi constatada na prática. Abbe publicou, em 1905, (Mota, 1986), uma revisão completa dos primeiros trabalhos a respeito de graus-dia e relações entre a cultura e o clima, citando que o conceito de graus-dia data de mais de 200 anos. Aquele autor já afirmava que o crescimento da planta é diferente de acordo com a quantidade de calor a que ela é submetida durante toda a vida. Ainda segundo Mota (1986), os estudos das interações clima-planta foram iniciados por Réaumur, em 1735, que é considerado o precursor do conceito de graus-dia ou unidades térmicas. Ele



sugeriu que a soma das temperaturas médias diárias do ar para a ocorrência de um determinado estágio de desenvolvimento era praticamente constante para uma dada espécie de planta. Apesar da influência dominante da temperatura, outras variáveis, como umidade do solo, população de plantas, fertilidade do solo e o fotoperíodo podem afetar a suposta relação linear entre temperatura, crescimento e desenvolvimento das culturas. Todavia, apesar das limitações do conceito graus-dia, este índice tem se mostrado bastante útil na caracterização dos estágios fenológicos das culturas, principalmente anuais.

Segundo Réaumur, a teoria dos graus-dia assume que:

- 1) há uma relação linear entre o crescimento da cultura e a temperatura;
- 2) as temperaturas diurnas e noturnas são de igual importância para o crescimento e desenvolvimento da planta;
- 3) a influência dos outros elementos do ambiente, tais como fotoperíodo e umidade do solo, são desprezíveis quando comparadas à da temperatura.

Um grau-dia, ou unidade térmica, era definido por Réaumur como a temperatura média do dia. No método original aplicado por este autor, a constante térmica é calculada a partir da soma das temperaturas médias diárias acima de 0°C, que podia ser determinada para o ciclo total ou para cada fase. Esse método foi denominado de método direto, porém, apresenta o inconveniente de sofrer variações segundo localidades consideradas (Mota, 1986). De acordo com o mesmo autor, para atender ao cálculo de graus-dia para diversas localidades, deve-se usar o método residual que consiste no somatório das diferenças entre a temperatura média diária e a temperatura mínima necessária para uma espécie.

A complexidade fisiológica da planta impede a determinação precisa das temperaturas bases. Contudo, é possível encontrar, na literatura, resultados de pesquisa com faixas de valores aproximados da espécie cultivada. Segundo Matiello (1991), as temperaturas ótimas para o crescimento do cafeeiro jovem

(até o primeiro ano) são de cerca de 30°C durante o dia e 23°C durante a noite. À medida que a planta cresce, essas temperaturas diminuem e, após um ano e meio de idade, as temperaturas ideais, diurnas e noturnas, situam-se em torno de 23°C e 17°C. De acordo com o mesmo, a máxima fotossíntese ocorre a uma temperatura de 24°C, havendo um decréscimo de 10% no processo, com o aumento de cada grau de temperatura.

Segundo Sedyama et al. (1998), os valores de coeficiente de cultura baseados em graus-dia eliminam parcialmente os efeitos sazonais do ambiente sobre o desenvolvimento das plantas, quando comparados aos valores de Kc baseados somente no tempo ou na porcentagem da duração normal do crescimento.

Trabalhos como o de Sammis et al. (1985) têm demonstrado a grande utilidade do uso de graus-dia acumulado ou graus-dia de desenvolvimento (GDD) para previsão de fases fenológicas, bem como zoneamento de culturas. Essa forma de “quantificar” as fases fenológicas da planta tem como característica o fato de que GDD independe da época e do local de plantio. Esses trabalhos de pesquisa têm demonstrado uma maior adaptação do ciclo de algumas culturas ao GDD do que a quantidade de dias do calendário.

Camargo et al. (1987), em conformidade com o que verificado por Reaumur observaram que o método dos graus-dia admite uma relação linear entre acréscimo de temperatura e desenvolvimento vegetal e que cada espécie vegetal ou variedade possui, como característica, uma temperatura base que pode variar em função da idade ou da fase fenológica da planta. No entanto é comum adotar uma única temperatura base para todo o ciclo da planta.

Iaffe et al. (2000), trabalhando com a cultivar Mundo Novo, encontraram valores de temperatura base inferior igual a 11°C, na região de Pindorama (SP) e a soma média entre a florada e a colheita foi de 2.462 graus-dia (°C). Os mesmos autores determinaram a temperatura base inferior de 12,3°C e a superior de 34°C,

para o período de florescimento à colheita, para a mesma cultivar, na região de Botucatu (SP). Lima (2006) verificou temperaturas base inferior e superior para as cultivares Açaía cerrado e Rubi, de 12.9 e 32.4, respectivamente para o cafeeiro irrigado o ano todo desde o plantio até a primeira florada. Amaral (1991), analisando as taxas de crescimento do cafeeiro no período de baixas temperaturas, verificou que a transição do crescimento ativo para crescimento reduzido do cafeeiro ocorreu quando as temperaturas mínimas ficaram entre 13,5°C e 14,0°C, ou seja, a partir destas temperaturas, as plantas não se desenvolveram ou, então, se desenvolveram muito pouco.

### **2.3 Coeficiente de cultura**

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ), proposto por Van Wijk e Vries, é adimensional e representa a razão entre a evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_c$ ) e a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) (Sediyama et al., 1998). Segundo estes autores, os valores de  $K_c$  representam a integração dos efeitos de três características que distinguem da evapotranspiração da cultura: a) a altura da cultura que afeta a rugosidade e a resistência aerodinâmica; b) a resistência da superfície relativa ao binômio solo-planta, que é afetado pela área foliar (resistência estomática), pela fração de cobertura do solo com vegetação, pela idade e condições das folhas, e pela umidade no perfil do solo; c) o albedo da superfície, que é influenciado pela cobertura do solo, pela vegetação e pelo teor de água no solo, que influencia o saldo de radiação disponível à superfície, que é a principal fonte de energia para trocas de calor e de massa no processo de evapotranspiração.

Várias pesquisas têm demonstrado que a  $ET_c$  não pode ser, simplesmente, estabelecida para todas as situações climáticas com um simples valor de  $K_c$ . Os coeficientes de culturas devem ser determinados para cada estágio de desenvolvimento da cultura. Segundo Doorembos & Pruitt (1977),

para cada estágio de desenvolvimento da cultura, os dados de Kc podem ser obtidos por meio de uma curva suavizada de acordo com sua fase fisiológica.

As fases ou estágios de uma cultura qualquer são fatores de grande importância na determinação do consumo de água e podem ser definidos de diversas formas, tais como: dias após plantio, dias após emergência, índice de área foliar e graus-dia de desenvolvimento (GDD). Tradicionalmente, os coeficientes de cultura, Kc, têm sido determinados com base em semanas ou meses do ano. Algumas pesquisas já foram desenvolvidas com o objetivo de se determinar coeficientes de cultura como função do estágio fenológico, percentagem do ciclo (Tosso e Torres, 1986) e graus-dia de desenvolvimento (Sammis et al.,1985).

Blore (1964) sugere, para o cafeeiro, um coeficiente de cultura (Kc) igual a 0,5 para a estação seca e de 0,8 para a estação úmida. Clowes (1984) considera um coeficiente de cultura de 0,6 para todas as fases fenológicas do cafeeiro. Gutierrez et al. (1994), citados por Arruda (2000), encontraram valor de Kc igual a 0,58m para cafeeiro com apenas um ano e valores médios de 0,75 a 0,79, para cafeeiro de 2 a 4 anos. Oliveira (2003) encontrou valores de Kc na região de Lavras (MG), para o cafeeiro ‘Catuaí’, com uma população de plantas igual a 3.500 por hectare, após um ano de recepa, variando de 0,44 a 0,87, e, para o mesmo cafeeiro, com 16 anos de idade, encontrou valores variando de 0,72 a 1,5. Teodoro (2004), trabalhando na região de Uberlândia (MG), com o cafeeiro ‘Obatã’ e população de plantas igual a 4.100 por hectares e 19 meses de idade, encontrou valor de Kc igual a 0,89 para o período de setembro a março e 0,98 para o período de abril a agosto. Já para o ano seguinte, correspondendo dos 30 aos 41 meses, encontrou valores de Kc igual 1,05 para o período de julho a dezembro; 0,95 para o período de janeiro a março e 1,03 para o período de abril a junho. Já Faria (2004), trabalhando com cafeeiro Iapar 59 em formação, com uma população de plantas igual a 6.800 por hectare, na região de Londrina

(PR), encontrou valores de  $K_c$  igual a 1,18, 0,86 e 0,81 para cafeeiros irrigados por aspersão, gotejamento e não irrigados, respectivamente.

## **2.4 Evapotranspiração de referência**

Estimativas das necessidades de água pelas culturas são fundamentalmente importantes para o planejamento e o manejo de áreas irrigadas. Assim, as informações sobre a evapotranspiração de referência, que permitem estimativas da evapotranspiração das culturas, tornam-se ferramentas importantes no estudo de áreas irrigadas. A escolha inadequada de um método para estimativa da ET, bem como a adoção de valores de ET não representativos dos períodos de crescimento da planta, em função das condições climáticas, pode conduzir a prejuízos irreversíveis à planta e ou ao solo, além de influenciar a eficiência do sistema de irrigação, em razão do dimensionamento inadequado desse sistema (Sediyama et al., 1998).

Segundo Jensen et al. (1989), a evapotranspiração da cultura de referência ( $E_{To}$ ) é definida como “a taxa pela qual a água, se disponível, pode ser removida do solo e superfície de planta de uma cultura específica, arbitrariamente chamada de cultura de referência”. Esta é, normalmente, expressa como taxa de calor latente transferido por unidade de área ou lâmina de água evaporada. A evapotranspiração da cultura de referência é, essencialmente, equivalente à evapotranspiração potencial, com a especificação adicional que representa a evapotranspiração de uma cultura conveniente, bem molhada cobrindo todo solo. De acordo com Allen et al. (1998), o uso de outras denominações, tais como evapotranspiração potencial, é fortemente dissuadido por suas definições equivocadas.

De acordo com Sediyama et al. (1998), para evitar o conflito entre as definições existentes para evapotranspiração potencial ( $E_{Tp}$ ), a Organização das Nações Unidas (ONU), por intermédio da *Food and Agricultural Organization*

(FAO), estabeleceu o conceito de evapotranspiração da cultura de referência (ET<sub>o</sub>) em publicação mundialmente conhecida como “Guidelines for crop water requirements” (Boletim FAO-24), de autoria de Doorenbos & Pruitt (1977). A FAO, em colaboração com a Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID), recomendou uma revisão de metodologias para a estimativa das exigências de água pelas culturas. Após uma reunião em Roma, em maio de 1990, decidiu mudar o conceito de evapotranspiração de referência e revisar os procedimentos de cálculos. Com base em estudos existentes, todos os cálculos foram revisados, incluindo os parâmetros relacionados com a radiação e os componentes aerodinâmicos (Allen et al., 1998). Os autores ressaltam que a superfície de referência é uma cultura hipotética, como a grama, com características específicas. A nova padronização para estimativa da ET<sub>o</sub> considera uma cultura hipotética cobrindo toda superfície do solo, com altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 70  $\text{sm}^{-1}$  e albedo de 0,23, e recomenda a equação Penman-Monteith FAO, como método de cálculo da ET<sub>o</sub> (Bonono et al., 1998).

A definição de ET<sub>o</sub>, com base na equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO, mostra a relação entre os elementos climáticos e o fluxo de evapotranspiração no sistema clima-planta, dentre outros aspectos. Mostra, ainda, a necessidade de conhecimento de vários elementos climáticos e de vários parâmetros caracterizadores da superfície evaporante, que permitam estimar as resistências aerodinâmicas da superfície ao fluxo de vapor d'água. Visto que os parâmetros de dossel da cultura variam com o próprio crescimento, com os estádios fenológicos da cultura e são influenciados pelas práticas culturais, é extremamente difícil estabelecer uma equação para a estimativa da evapotranspiração e, conseqüentemente, o cálculo direto da evapotranspiração da cultura (Sediyama et al., 1998).

A partir de observações meteorológicas disponíveis, escolhe-se um método para a estimativa da evapotranspiração da cultura de referência. Tendo-

se disponibilidade de uma série completa de dados meteorológicos, a escolha do método dependerá do nível de exatidão desejado para a estimativa da ETo (Doorembos & Pruitt, 1977).

De acordo com Bernardo et al. (2005), existem vários métodos diretos para a determinação da evapotranspiração: lisímetros, parcelas experimentais no campo, controle da umidade do solo e controle da entrada e saída de água em grandes áreas. O lisímetro é o método mais preciso para a determinação direta da ETo, desde que instalado corretamente. Entre os métodos indiretos estão aqueles que empregam evaporímetros e equações baseadas em dados meteorológicos, sendo a maioria delas de difícil aplicação, não só pela complexidade do cálculo, mas também por exigir grande número de elementos meteorológicos, obtidos por estações climatológicas.

Já de acordo com Santiago (2001), em estudos que comparam a evapotranspiração de referência medida por lisímetro de pesagem e estimada por Penman-Monteith FAO, nas escalas mensal e decencial, o lisímetro, apesar de permitir detalhada mensuração da massa de água, é de difícil operação em períodos de chuvas intensas e prolongadas. Em virtude dessas dificuldades, a estimativa da evapotranspiração de referência pela equação Penman Monteith parametrizada pela FAO pode ser considerada adequada, tanto nas escalas mensais como decenciais.

## **2.5 Evapotranspiração da cultura**

Desde o plantio até a colheita, uma cultura vai, progressivamente, crescendo e ocupando maior área disponível e, conseqüentemente, aumentando seu consumo de água. O conhecimento da evapotranspiração máxima da cultura é de grande importância, pois representa a quantidade de água a ser aplicada ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais.

Os lisímetros e o método do balanço hídrico são os métodos mais utilizados para a estimativa da evapotranspiração da cultura em condições de campo.

Os lisímetros são equipamentos que podem determinar tanto a evapotranspiração de referência quanto a evapotranspiração da cultura. Para isso, quando se objetiva conhecer a  $ET_0$ , planta-se grama batatais, além de obedecer a todos os requisitos para a ocorrência da  $ET_0$ . Quando se cobre o lisímetro com a cultura de interesse e as condições são as mesmas utilizadas para determinar a  $ET_0$ , determina-se a  $ET_c$ .

## **2.6 Balanço hídrico**

A importância agrícola e econômica do conhecimento das várias situações de condições hídricas que poderão surgir no planejamento dos cultivos pode ser quantificada e analisada, utilizando-se a metodologia do balanço hídrico no solo agricultável. É na base de tal conhecimento que a probabilidade de sucesso na produção agrícola pode ser determinada, dada sua alta dependência do fator água.

Segundo Braga (1982), o balanço hídrico (BH) consiste em um somatório das quantidades de água que entram e saem de um elemento de volume de solo, num dado intervalo de tempo; o resultado é a quantidade líquida de água que nele permanece disponível às plantas. O método do balanço hídrico



de água no solo consiste na realização de um monitoramento sistemático em tempo real de fatores, tais como: precipitação pluvial, lâmina de irrigação, drenagem profunda, escoamento superficial e variação no armazenamento (Silva, 1998). A quantificação desses componentes pode ser apresentada, na forma integral ou diferencial, por meio de equação geral do balanço de conservação das massas (Volpe, 1986).

Segundo Almeida (1993), de todos os elementos meteorológicos, a precipitação pluvial é a que mais afeta a produção agrícola, em face de sua grande variabilidade tanto em duração como em tempo de ocorrência. Porém, para prover as disponibilidades hídricas no solo necessárias à agricultura, não basta considerar somente os dados pluviométricos do período. Estes correspondem apenas ao processo de suprimento de água no solo para uso das plantas. É necessário considerar também o processo oposto, ou seja, a perda de água do solo para a atmosfera devido à evapotranspiração, fazendo-se o balanço hídrico no solo.

O escoamento superficial depende da interação entre a intensidade de precipitação e ou taxa de aplicação da irrigação com a capacidade de infiltração do solo, sendo ainda influenciada pelo declive da área, tipo e densidade da cobertura vegetal e das práticas de manejo e conservação do solo e da cultura. Embora de difícil quantificação, a sua determinação pode ser alcançada pelo confronto do total precipitado acumulado com as lâminas que, potencialmente, o solo permitiria infiltrar ou, ainda, pela instalação de coletores de deflúvio superficial em pequenas parcelas dentro da área, podendo permitir uma estimativa com razoável precisão (Libardi, 1999; Reichardt, 1985).

Drenagem profunda representa as perdas de água para além do limite da zona radicular da cultura. É o componente do balanço hídrico realizado em campo com maior dificuldade de mensuração, motivo que leva vários autores a desprezá-la ou incluí-la como parte do armazenamento ou evapotranspiração.

Segundo Vachaud et al. (1985), este componente não é sempre desprezível, podendo representar 30 % ou mais do balanço hídrico total.

De acordo com Libardi (1999), a determinação da variação do armazenamento de água no solo pode ser obtida por meio da integração de perfis consecutivos de umidade do solo em determinado intervalo de tempo.

A taxa de evapotranspiração demonstra as necessidades hídricas da cultura, que variam com seu estágio de desenvolvimento, tornando sua estimativa essencial ao planejamento da irrigação (Dorenbos & Kassam, 1979).

Segundo Camargo (1987), o conhecimento de todos os componentes do balanço hídrico permite acompanhar a evolução do armazenamento da água no solo e, assim, estabelecer um manejo agrícola adequado que vise à conservação do solo e da água, associado a melhores produtividades dos cultivos, contribuindo nas tomadas de decisões para um planejamento baseado nas reais aptidões da região para as culturas a serem exploradas.

Segundo Guandique (1993), o balanço hídrico pode ser realizado por meio de uma série de dados climatológicos disponíveis em um local, como também por meio de dados obtidos num volume de controle no solo, assim referindo-se aos balanços hídricos climatológicos e no solo, respectivamente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Parcela experimental

O experimento foi instalado na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG (21°45'S; 45°00'W; altitude de 918 m) ocupando uma área de, aproximadamente, 0,06 ha.

Avaliaram-se, neste trabalho, plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivar Rubi (MG 1192), dividida em 2 blocos sendo cada bloco constituído de cinco parcelas (repetição) com nove plantas cada, com espaçamento de 0,8 m entre plantas e 3,5 m entre linhas, formando um renque mecanizável. Através da Figura 1 pode-se observar o croqui da área experimental.

As parcelas foram as seguintes:

Parcela 1 – cafeeiro transplantado no dia 14/04/03.

Parcela 2 – cafeeiro transplantado no dia 25/05/03.

Parcela 3 – cafeeiro transplantado no dia 30/06/03.

Parcela 4 – cafeeiro transplantado no dia 05/08/03.

Parcela 5 – cafeeiro transplantado no dia 10/09/03.

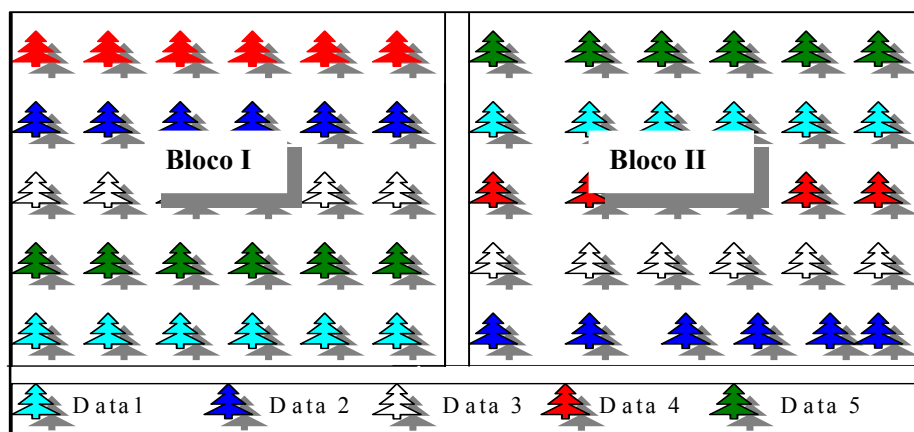


FIGURA 1: Croqui da área experimental do cafeeiro 'Rubi'. Lavras, MG, 2006.

### 3.2 Solo

O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro distroférico (Embrapa, 1999). As suas características químicas foram determinadas mediante coletas de amostras de solo em toda a área, na profundidade de 0-20cm. Para as características físicas, foi realizado o mesmo procedimento para as camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Posteriormente, as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 Resultados da caracterização física e química do solo da área experimental. UFLA, Lavras, MG, 2006.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	AMOSTRAS (0-20cm) PARCELA EXPERIMENTAL	
			1-2	3-4-5
<b>Ph</b>	Em H <sub>2</sub> O (1:2,5)	—	5,6	6,4
<b>P</b>	P (Mehlich)	mg/dm <sup>3</sup>	2,8	8,5
<b>K</b>	Potássio	mg/dm <sup>3</sup>	6,2	47
<b>Ca</b>	Cálcio	Cmol/dm <sup>3</sup>	1,7	3,2
<b>Mg</b>	Magnésio	Cmol/dm <sup>3</sup>	1,1	1
<b>Al</b>	Alumínio	Cmol/dm <sup>3</sup>	0,2	0,0
<b>H+Al</b>	Ac. potencial	Cmol/dm <sup>3</sup>	3,6	2,3
<b>SB</b>	Soma de bases	Cmol/dm <sup>3</sup>	3	4,3
<b>(t)</b>	CTC efetiva	Cmol/dm <sup>3</sup>	3,2	4,3
<b>(T)</b>	CTC a ph 7,0	Cmol/dm <sup>3</sup>	6,6	6,6
<b>V</b>	Sat. bases	%	45,1	65,3
<b>M</b>	Sat. alumínio	%	6	0
<b>Mo</b>	Mat. orgânica	dag/kg	3,6	4,4
<b>P-rem</b>	Fósforo rem	mg/l	5,8	7

<b>Zn</b>	Zinco	mg/dm <sup>3</sup>	2,9	-
<b>Fé</b>	Ferro	mg/dm <sup>3</sup>	66,1	-
<b>Mn</b>	Manganês	mg/dm <sup>3</sup>	55	-
<b>Cu</b>	Cobre	mg/dm <sup>3</sup>	6,4	-
<b>B</b>	Boro	mg/dm <sup>3</sup>	1,6	-
<b>S</b>	Enxofre	mg/dm <sup>3</sup>	14,3	-
Areia			9	8
Silte			21	24
Argila			70	68
C.Textural			M.argiloso	M.argiloso

### 3.3 Caracterização climática

De acordo com a classificação climática de Koppen, utilizando-se das Normais Climatológicas (1961 a 1990) (Brasil, 1992) e do roteiro de Vianello et al. (1991), o clima de Lavras é classificado como Cwa, ou seja, clima temperado com verão chuvoso e inverno seco. A precipitação total anual pluvial no município é de 1.529,7 mm e a temperatura média anual é de 19,4°C. Nos meses de outubro a março, concentram-se as maiores temperaturas e as maiores lâminas de chuva. Julho é o mês mais frio e seco, com temperatura média de 15,8°C e precipitação média de 23,4 mm, seguido pelos meses de junho, maio e agosto. A umidade relativa do ar média anual é de 76,2% e a evaporação média total anual é de 1.043,3mm.

### 3.4 Equação característica de retenção

Os dados necessários para as determinações das curvas ou equações características de retenção de água no solo foram obtidos no Laboratório de Relação Água-Solo-Planta do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Esses dados foram ajustados pelo modelo de van Genuchten (1980), Equação (1), utilizando-se o programa computacional SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990). Na Tabela 2 estão apresentadas as

equações ajustadas e a densidade aparente do solo, para as três camadas em estudo.

$$\theta(\Psi_m) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\Psi_m|)^n\right]^m} \dots\dots\dots 1$$

em que:

$\theta(\Psi_m)$ : umidade do solo, em função do potencial matricial ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_s$  : umidade de saturação ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_r$ : umidade residual ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\Psi_m$ : tensão ou potencial matricial (cm c.a);

$\alpha$ : parâmetro de ajuste ( $\text{cm}^{-1}$ );

m e n: parâmetros de ajuste da equação, adimensionais.

TABELA 2 Equações de Van Genuchten e densidade aparente das camadas do solo em estudo. Lavras, MG, 2006.

Camada ( cm )	Equações ajustadas	Densidade aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
0-20	$\theta[\Psi_m] = 0,22 + \frac{0,438}{\left[1 + (1,5104 \cdot  \Psi_m )^{1,5799}\right]^{0,367}}$	0,91
20-40	$\theta[\Psi_m] = 0,241 + \frac{0,409}{\left[1 + (1,1303 \cdot  \Psi_m )^{1,5799}\right]^{0,3394}}$	0,93
40-60	$\theta[\Psi_m] = 0,238 + \frac{0,423}{\left[1 + (1,1340 \cdot  \Psi_m )^{1,5799}\right]^{0,3864}}$	0,90

### 3.5 Irrigação

A irrigação foi manejada mediante o modelo de  $\theta(\psi_m)$ , proposto por van Genuchten (1980), equação 1 e com o auxílio de sensores “Watermark”, que indicam o momento certo de irrigar, por meio de suas leituras de tensão de água no solo. Foram instalados sete sensores próximos à planta central da parcela 1 (Figura 2), sendo quatro deles utilizados para manejo da irrigação. Os sensores ficaram dispostos a uma distância de 20 cm da planta e 20 cm entre si e foram estabelecidas, para os mesmos, as profundidades de 5cm, 15cm, 25cm e 35 cm, sendo os outros sensores utilizados para determinar o fluxo de água no solo (ascensão capilar ou drenagem profunda). O manejo da irrigação foi feito de modo a repor a lâmina correspondente à variação de armazenamento de água entre as tensões de 10 e 20 kPa, indicadas pelos sensores de tensão instalados no solo e pelo modelo de van Genuchten (1980). A lâmina a ser aplicada foi determinada considerando-se um perfil de 40 cm de profundidade.

Foram utilizados, no experimento, gotejadores autocompensantes (5 a 35 mca), com vazão nominal de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$ , espaçados entre si de 0,3 m.



FIGURA 2 Indicadores do teor de água no solo foram instalados junto à planta central da parcela 1. Lavras, MG, 2006.

A partir dos valores de umidade do solo no momento da irrigação, do valor da capacidade de campo fornecido na curva de retenção, além da espessura da camada do solo considerada para o balanço, foi calculada a lâmina de reposição (equações 2, 3 e 6) e, finalmente, o tempo de funcionamento do sistema de irrigação (equação 7), conforme metodologia expressa por Cabello (1996). Foram consideradas, para cálculo da lâmina de irrigação, as camadas de 0-20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, com suas respectivas curvas características de água no solo.

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \cdot z \cdot f \dots\dots\dots 2$$

em que:

LL: lâmina líquida de irrigação (mm);

$\theta_{cc}$ : umidade na capacidade de campo (  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta$  atual: umidade no momento de irrigar (  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );



z: profundidade do sistema radicular (mm);

f: fração de área molhada (%).

$$LB = \frac{LL}{(1-k).CU} \dots\dots\dots 3$$

em que:

LB: lâmina bruta de irrigação (mm);

CU: coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação;

k: constante que leva em consideração a salinidade do solo e a eficiência de aplicação do sistema. É determinada encontrando-se o maior valor das equações 4 e 5 seguintes:

$$k = 1 - Ea \dots\dots\dots 4$$

$$k = LR = \frac{CEi}{(2.CEe)} \dots\dots\dots 5$$

em que:

Ea: eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação localizada, considerada como 90%, segundo Bernardo (2005);

LR: lâmina necessária para lavagem do solo, caso tenha problemas de salinidade (mm);

CEi: condutividade elétrica da água de irrigação (dSm<sup>-1</sup>);

CEe: condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (dSm<sup>-1</sup>).

$$LB_{média} = LB_{média}(0 - 20) + LB_{média}(20 - 40) \dots\dots\dots 6$$

LB média: soma das lâminas brutas médias (0-40cm);

LBmédia (0-20cm): lâmina bruta média (0-20cm);

LBmédia (20-40cm): lâmina bruta média (20-40cm).

$$T = \frac{LB_{media}.Sp}{e.qa} \dots\dots\dots 7$$

em que:

T: tempo de funcionamento do sistema de irrigação (h);

Sp: área ocupada por planta (m<sup>2</sup>);

e: número de emissores por planta;

qa: vazão média dos emissores (L h<sup>-1</sup>).

Foram realizados testes para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CU) do sistema de irrigação. Para isso, foi usado o procedimento recomendado por Merriam e Keller (1978), citados por Cabello (1996), em que se escolhe uma subunidade e, nela, se selecionam quatro laterais. Em cada lateral, são medidas as vazões do primeiro gotejador, do gotejador situado a 1/3 do início da linha, do gotejador situado a 2/3 da linha e do último gotejador. Foram coletadas vazões desses gotejadores e, a partir da equação (8), foi calculado o coeficiente de uniformidade.

$$CU = \left( \frac{q_{25}}{qa} \right) . 100 \dots\dots\dots 8$$

em que:

CU: coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

q<sub>25</sub>: média das 25% menores vazões coletadas (L h<sup>-1</sup>);

qa: média das vazões coletadas (L h<sup>-1</sup>).

### 3.6 Balanço hídrico do solo

O balanço hídrico do solo para determinada cultura pode ser representado pela seguinte equação:

$$P + I - ET_c \pm D \pm R = \pm \Delta A \dots\dots\dots 10$$

em que:

P: precipitação pluvial (mm);

I: irrigação (mm);

ET<sub>c</sub>: evapotranspiração da cultura (mm);

R: deflúvio superficial (mm);

DP: drenagem profunda (mm) ou ascensão capilar (AC).

ΔA: variação no armazenamento (mm).

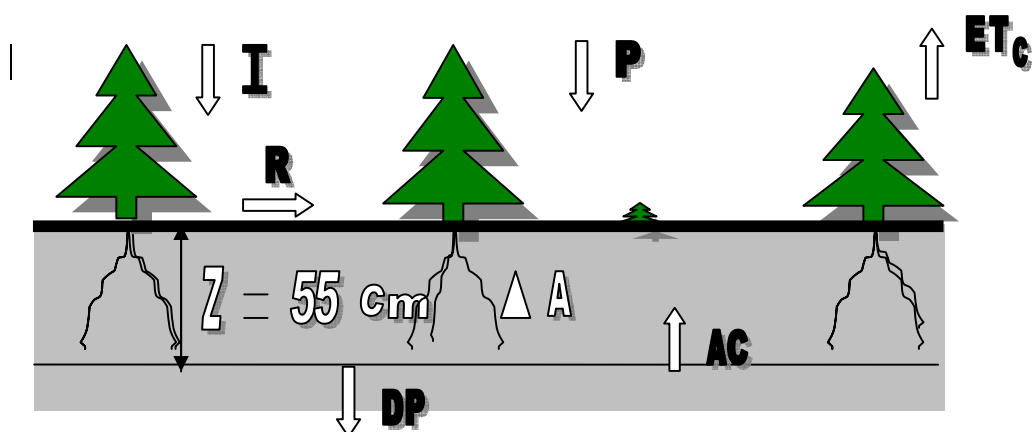


FIGURA 3. Esquema do elemento de volume considerado para o balanço hídrico sob condições de campo para o cafeeiro, cultivar Rubi MG (1192). Lavras, MG, 2006.

### 3.6.1 Precipitação pluvial

Os dados de precipitação pluvial foram obtidos diariamente junto à Estação Climatológica Principal da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pertencente à rede nacional de observações meteorológicas de superfície, do

Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), localizada no campus da UFLA, convênio UFLA/INMET.

### 3.6.2 Irrigação

A lâmina de irrigação foi determinada de acordo com a metodologia apresentada no item 3.5.

### 3.6.3 Deflúvio superficial

Em função do número elevado de dias sem ocorrência de chuvas e das dificuldades de se determinar o escoamento superficial, optou-se por não realizar o balanço hídrico em dias em que ocorresse precipitação.

### 3.6.4 Drenagem profunda

O movimento de água no limite inferior do volume de controle foi determinado pela equação de Darcy-Buckingham (Equação 11).

$$q = -K(\theta) \cdot \frac{d\psi_t}{dz} \dots\dots\dots 11$$

em que:

q: densidade de fluxo da água no solo (mm h<sup>-1</sup>);

K(θ): condutividade hidráulica do solo, em função da umidade (mm h<sup>-1</sup>);

$\frac{d\psi_t}{dz}$  = gradiente de potencial total (m m<sup>-1</sup>).

Valores negativos de q indicam que está havendo fluxo descendente de água no limite inferior da camada de controle. Por outro lado, para valores positivos de q, representam a entrada de água vinda da camada abaixo da profundidade de controle.

### 3.6.5 Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica como função do teor de água no solo não saturado foi determinada pela metodologia de Mualem (1976), expressa pela Equação 12. A adoção dessa metodologia se deve ao fato de outras metodologias para a determinação da condutividade hidráulica em campo terem como limite inferior a capacidade de campo e, na prática, na condição do experimento, trabalha-se com valores de umidades inferiores à capacidade de campo.

$$K(\theta) = K_0 \cdot W^L \left[ 1 - \left( 1 - W^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2 \dots\dots\dots 12$$

$K_0$ : condutividade hidráulica do solo saturado ( $\text{mm d}^{-1}$ );  
 $L$ : parâmetro empírico de, aproximadamente, 0,5 para maioria dos solos;  
 $m$ : parâmetro de ajuste da equação (adimensional).

$$W = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \dots\dots\dots 13$$

em que:  
 $\theta$ : umidade atual do solo ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );  
 $\theta_r$ : umidade residual ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );  
 $\theta_s$ : umidade de saturação ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ).

### 3.6.6 Variação do armazenamento ( $\Delta A$ )

A variação no armazenamento pode ser representada, de acordo com Libardi (1999), pela Equação 14. As leituras de umidade do solo foram feitas três vezes por semana (segundas, quartas e sextas-feiras), utilizando-se o

“Profile probe”, nas profundidades de 10, 20, 30, 40, e 60 cm. Para o balanço, foi considerada uma camada de 55 cm de profundidade.

$$\Delta A = \int_0^z \int_{T_1}^{T_2} \frac{\partial \theta}{\partial t} dt dz \dots\dots\dots 14$$

em que:

$\Delta A$ : variação do armazenamento na unidade de tempo (mm);

$\theta$ : umidade com base em volume ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$t_2$ : umidade média no tempo final ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$t_1$ : umidade média no tempo inicial ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$z$ : profundidade considerada no balanço hídrico (mm).

### 3.6.7 Evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura foi determinada por resíduo a partir da equação geral do balanço hídrico (Equação 10). Conhecendo-se todos os termos daquela equação, sem restrição de água no solo para a planta, foi possível determinar o consumo hídrico máximo da planta.

### 3.7 Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ )

A evapotranspiração de referência foi determinada na escala diária, de acordo com a equação de Penman-Monteith-FAO parametrizada pela FAO, (Pereira et al., 1997) (equação 15), utilizando-se os dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Lavras, convênio UFLA/INMET.

$$ET_0 = \frac{s}{s + \gamma^*} (Rn - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{s + \gamma^*} \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a) \dots\dots\dots 15$$

em que:

$ET_0$ : evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$s$ : declividade da curva de pressão de saturação de vapor ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );

$\gamma^*$ : constante psicrométrica modificada ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );

$\gamma$ : coeficiente psicrométrico ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );

$R_n$ : saldo de radiação ( $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ );

$G$ : fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ );

$\lambda$ : calor latente de evaporação ( $\text{MJ kg}^{-1}$ );

$T$ : temperatura média do diária ( $^\circ\text{C}$ );

$U_2$ : velocidade do vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );

$e_a$ : pressão atual de vapor d'água ( $\text{kPa}$ );

$e_s$ : pressão de saturação de vapor d'água ( $\text{kPa}$ ).

1.0 Calor latente de evaporação ( $\lambda$ ).

$$\lambda = 2,501 - (2,361 \cdot 10^{-3}) \cdot T \dots\dots\dots 16$$

em que:

$T$ : temperatura média diária ( $^\circ\text{C}$ )

2.0 Declividade da curva de pressão de vapor( $s$ ).

$$s = \frac{4098 \cdot e_s}{(T + 237,3)^2} \dots\dots\dots 17$$

em que:

$e_s$ : pressão de saturação de vapor ( $\text{kPa}$ ).

2.1 Pressão de saturação de vapor( $e_s$ )

$$es = 0,6108 \cdot \exp\left(\frac{17,27T}{T + 237,3}\right) \dots\dots\dots 18$$

3.0 Coeficiente psicrométrico( $\gamma$ )

$$\gamma = 0,0016286 \cdot \frac{P}{\lambda} \dots\dots\dots 19$$

em que:

P: pressão atmosférica local (kPa)

$\lambda$ : calor latente de evaporação, MJ kg<sup>-1</sup> (geralmente igual a 2,45 MJ kg<sup>-1</sup>)

4.0 Constante psicrométrica modificada( $\gamma^*$ )

$$\gamma^* = \gamma \cdot (1 + 0,33.U_2) \dots\dots\dots 20$$

em que:

$\gamma$ : Coeficiente psicrométrico, kPa °C<sup>-1</sup>

4.1 Velocidade do vento a 2m de altura (redução da velocidade obtida a 10m de altura para o nível de 2m) (m s<sup>-1</sup>)

$$U_2 = U_z \frac{\ln\left(\frac{Z_2 - d}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z - d}{Z_0}\right)} \dots\dots\dots 21$$

5.0 Pressão parcial de vapor (ea)

$$ea = UR \cdot es \dots\dots\dots 22$$



em que:

UR: umidade relativa do ar, decimal

6.0 Radiação solar total (Ra):

$$Ra = 37,586.dr(H \cdot \text{sen}\phi \cdot \text{sen}\delta + \cos\phi \cdot \cos\delta) \dots\dots\dots 23$$

em que:

dr: distância relativa da Terra ao sol;

H: ângulo horário do pôr do sol, rad;

$\phi$ : latitude local (Rad);

$\delta$ : declinação solar (Rad).

6.1 Declinação solar ( $\delta$ ).

$$\delta = 0,40938 \cdot \text{sen}\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot J - 1,405\right) \dots\dots\dots 24$$

em que:

J: dia Juliano

6.2 Ângulo horário do pôr do sol (H).

$$H = \arccos(-\tan\phi \cdot \tan\delta) \dots\dots\dots 25$$

6.3 Distância da Terra ao sol

$$dr = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} J\right) \dots\dots\dots 26$$

7.0 Saldo de radiação de ondas curtas (Rns)

$$Rns = (1 - \alpha) \cdot Rs \dots\dots\dots 27$$

em que:

$\alpha$ : albedo da superfície

Rs: radiação solar incidente, MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>

### 7.1 Radiação solar incidente (Rs)

$$Rs = \left( 0,25 + 0,5 \cdot \frac{n}{N} \right) \cdot Ra \dots\dots\dots 28$$

em que:

N: número de horas de brilho solar

$$N = \frac{24}{\pi} \cdot H \dots\dots\dots 29$$

### 8.0 Saldo de radiação de ondas longas(Rb)

$$Rb = - \left( 0,9 \frac{n}{N} + 0,1 \right) \cdot (0,34 - 0,14 \cdot es^{1/2}) \cdot \sigma \cdot (T_x^4 + T_n^4) \cdot \frac{1}{2} \dots\dots\dots 30$$

em que:

n: insolação diária, horas;

$\sigma$ : constante de Stefan-Boltzman (4.903.10<sup>-6</sup>, MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>)

T<sub>x</sub>: temperatura máxima diária absoluta, K;

T<sub>n</sub>: temperatura mínima diária absoluta, K;

### 9.0 Saldo de radiação (Rn)

$$Rn = Rns + Rb \dots\dots\dots 31$$

em que:

Rns: saldo de radiação de ondas curtas, MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>

Rb: saldo de radiação de ondas longas, MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>

10 Fluxo de calor no solo(G) = 0.....32

### 3.8 Determinação do coeficiente de cultura

O coeficiente de cultura (Kc) foi determinado no período entre a ocorrência de duas floradas (setembro de 2004 a setembro de 2005). Utilizou-se, para a determinação do coeficiente de cultura, a sua definição expressa pela seguinte expressão:

$$Kc = \frac{ET_c}{ET_0} \dots\dots\dots 33$$

### 3.9 Graus-dia de desenvolvimento (GDD)

Para o cálculo de graus-dia usou-se a metodologia apresentada por Ometto (1981), que leva em consideração cinco situações possíveis de acontecerem e que são expressas pelas Equações 34, 35, 36, 37, 38.

em que:

GDD: graus-dia de desenvolvimento (°C);

Tb: temperatura base inferior da planta (°C);

TB: temperatura base superior da planta (°C);

Tm: temperatura mínima do ar (°C);

TM: temperatura máxima do ar (°C).

Foram adotadas temperaturas basais superior e inferior (TB e Tb) iguais a 34° e 13°, respectivamente, de acordo com Iaffe et al. (2001) e Amaral (1991). Os graus-dia foram contados a partir das datas de transplante apresentadas no item 3.1.

**1º caso : Tb < Tm e TB > TM**

$$GD = \left( \frac{TM - Tm}{2} \right) + (Tm - Tb) \dots\dots\dots 34$$

**2º caso : Tb > Tm e TB > TM**

$$GD = \frac{(TM - Tb)^2}{2(TM - Tm)} \dots\dots\dots 35$$

**3º caso : Tb > TM e TB > TM**

$$GD = 0 \dots\dots\dots 36$$

**4º caso : Tb < Tm e TB < TM**

$$GD = \frac{2(TM - Tm)(Tm - Tb) + (TM - Tm)^2 - (TM - TB)^2}{2(TM - Tm)} \dots\dots\dots 37$$

**5º caso Tb > Tm e TB < TM**

$$GD = \frac{1}{2} \left[ \frac{(TM - Tb)^2 - (TM - TB)^2}{TM - Tm} \right] \dots\dots\dots 38$$

### **3.10 Crescimento vegetativo**

A avaliação do crescimento vegetativo do cafeeiro foi realizada durante o período de 13/08/04 a 10/12/05. Em duas plantas da parcela útil foram marcados ramos para a realização de leituras mensais das seguintes variáveis de crescimento vegetativo: altura de planta (Ap), diâmetro de caule (Dca), diâmetro de copa (Dco), comprimento do ramo plagiotrópico (Crp), número de internódios do ramo plagiotrópico (Ni) e número de ramos plagiotrópicos (Nrp).

- Para avaliação de altura de planta e diâmetro de copa, foi utilizada uma régua de madeira graduada em centímetros.
- Para avaliação do diâmetro de caule: medições feitas com um paquímetro, tomando-se o cuidado de sempre coletar os dados no mesmo ponto de medição.
- Para as avaliações do comprimento do ramo plagiotrópico, foi demarcado um ramo e, com auxílio de uma trena, foi realizada as medições.
- As variáveis Ni e Nrp foram avaliadas por meio de contagem visual. Após cada contagem, eram feitas marcações nos ramos, com a finalidade de não permitir uma recontagem dos internódios e ramos anteriormente avaliados.

### **3.10 Análises dos dados**

A análise dos dados correspondentes às variáveis de crescimento vegetativo, observados em campo, foi realizada com o auxílio do programa computacional Sisvar. Foram obtidas as equações de regressão linear e os valores dos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) das variáveis de crescimento vegetativo, enquanto que, para os valores de coeficiente de cultura (Kc) observados, foram feitas análises de regressão utilizando-se planilha do Excel. Para a confecção dos gráficos, também foi utilizada planilha eletrônica do Excel.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Elementos meteorológicos

Na Figura 4 estão apresentadas as variações dos elementos meteorológicos temperaturas máximas e mínimas do ar, da implantação da cultura até o final da condução do experimento. Pode-se observar que os períodos de maio a agosto de 2003, maio a setembro de 2004 e maio a agosto de 2005, foram aqueles em que houve maior ocorrência de temperatura mínima do ar, abaixo da temperatura mínima basal, ou seja, temperatura do ar abaixo do mínimo exigido para o desenvolvimento da cultura que, no caso do cafeeiro, a adotada neste trabalho foi de 13°C Iaffe et al. (2001) e Amaral (1991). Para os valores de temperatura máxima do ar, acima do limite 34°C, ou seja, temperatura basal superior para o cafeeiro, foi observada apenas uma ocorrência em setembro de 2003, duas em outubro do mesmo ano e uma em outubro de 2004, permanecendo abaixo da temperatura basal superior por quase todo o período.

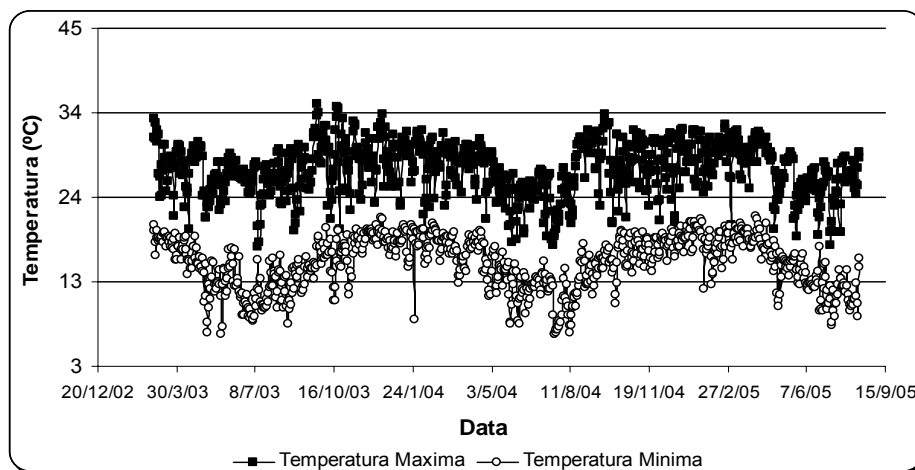


FIGURA 4. Temperaturas máximas e mínimas do ar desde a implantação do experimento. Lavras, MG, 2006.

Já através da Figura 5 podemos observar que ocorreram precipitações durante boa parte do período avaliado, podendo-se assegurar que o objetivo de manter o potencial entre -10 e -20 kPa na área cultivada com cafeeiro ‘Rubi’ foi estabelecida estabelecido em quase todo o período de condução do experimento.

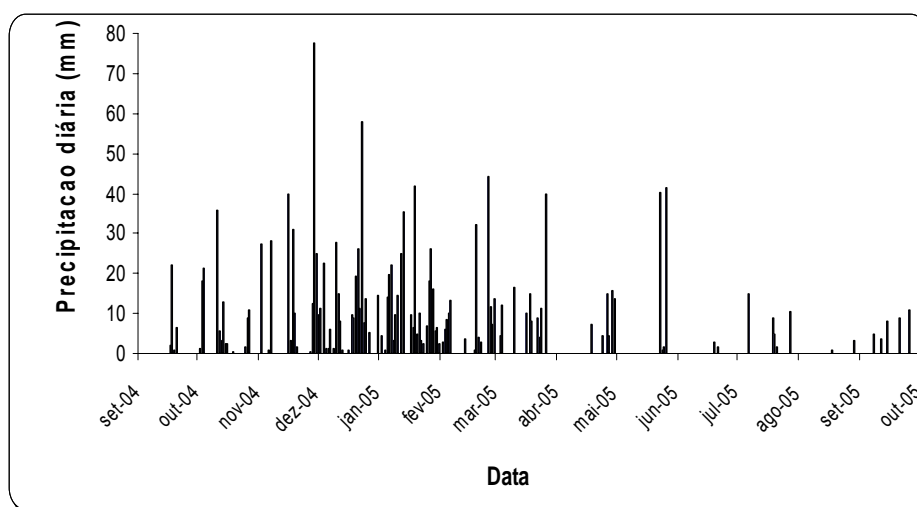


FIGURA 5. Precipitações pluviométricas diárias observadas durante o período de monitoramento do balanço hídrico do solo. Lavras, MG, 2006.

#### 4.2 Curva de retenção de água no solo

Determinou-se a curva de retenção de água no solo para as camadas de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, representada na Figura 6. Nota-se um bom ajuste dos dados experimentais ao modelo de Mualem-Van Genuchten, confirmado pelos valores dos coeficientes de determinação das curvas Tabela 3, iguais ou superiores a 0,98. Pode-se observar também, por meio dos parâmetros de ajuste da curva de retenção, uma intensa semelhança entre as camadas de solo amostradas, bastando verificar a proximidade de seus valores.

Os valores de umidade correspondentes ao potencial matricial de -10 kPa, equivalente à capacidade de campo para as diferentes camadas do solo, foram de: 30,96% (0-20), 35,69% (20-40) e 32,83% (40-60), sendo as umidades das camadas de 0-20 e 20-40 cm utilizadas para calcular a lâmina de irrigação. Diante da relação entre os valores de umidade e potencial matricial de água no solo, é possível verificar grande semelhança hidráulica entre as camadas.

TABELA 3. Parâmetros de ajuste da curvas de retenção ao modelo proposto por Van Genuchten (1980), com potencial matricial em kPa e o teor de água no solo em  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ .Lavras, MG, 2006.

Parâmetros	Camada (cm)		
	0-20	20-40	40-60
$\theta_s$	0,658	0,650	0,661
$\theta_r$	0,22	0,241	0,238
$\alpha$	1,5104	1,1303	1,1340
m	0,3670	0,3394	0,3864
n	1,5799	1,5137	1,6297
$r^2$	0,98	0,99	0,99



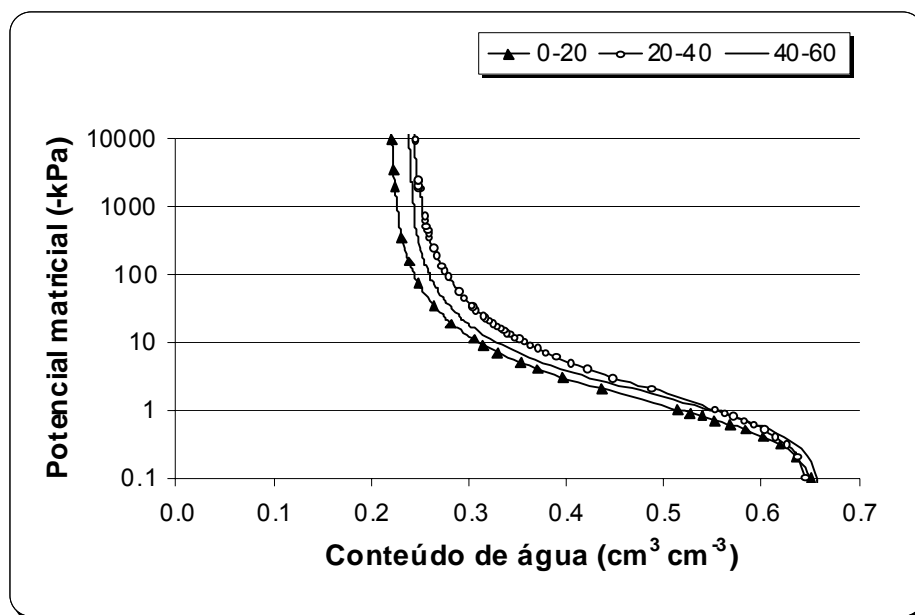


FIGURA 6. Curvas de retenção de água no solo para três camadas estudadas de Latossolo Vermelho Distrófico típico. Lavras, MG, 2006.

### 4.3 Irrigação

O manejo da irrigação foi feito de modo a repor a lâmina correspondente à variação do armazenamento de água entre as tensões de -10 a -20 kPa. Considerou-se, nesta faixa, que o teor de água no solo não restringe a capacidade potencial de absorção de água pelo cafeeiro, por ser uma faixa próxima à capacidade de campo.

O comportamento do potencial matricial ao longo do período de análise, para o cafeeiro ‘Rubi’ está representado na Figura 7. Observa-se que, em quase todo o período de estudo, o potencial matricial ficou compreendido entre -10 e -20 kPa. A camada 0-20cm foi a que apresentou valores abaixo de -20kPa com maior frequência, podendo estar relacionado à maior capacidade de secamento dessa camada do solo devido à falta de cobertura deste. Segundo Paiva (2006),

tensões de até 60 kPa, durante o período chuvoso (outubro a março), não afetam o crescimento do cafeeiro. Durante a condução do experimento, essa camada foi também a que apresentou maior quantidade de valores acima de -10kPa, sendo estes valores mais expressivos no período de outubro a abril. Este fato pode estar relacionado às chuvas, com lâminas superiores àquela necessária para elevar o solo à capacidade de campo, por períodos prolongados.

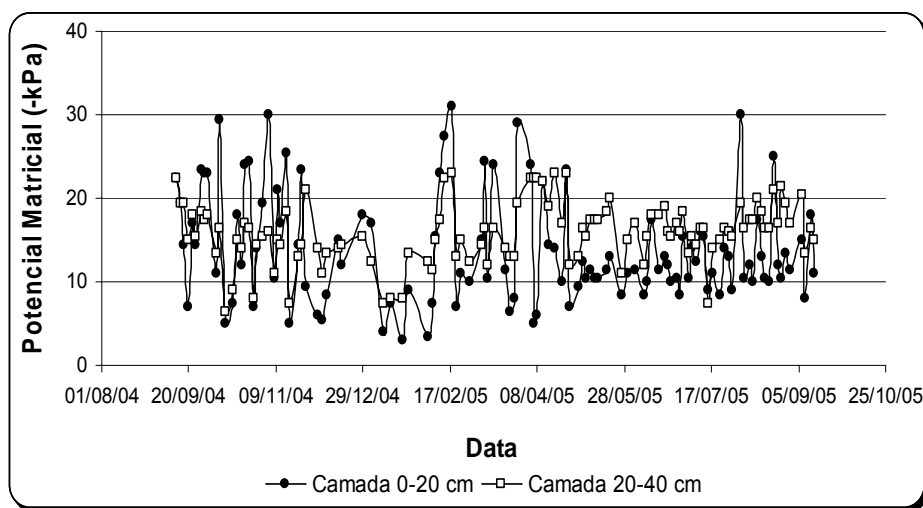


FIGURA 7. Comportamento do potencial matricial durante o período de aplicação de água do cafeeiro ‘Rubi’. Lavras, MG, 2006.

#### 4.3.1 Uniformidade de irrigação

Foram realizados testes de uniformidade de aplicação de água, conforme metodologia apresentada no item 3.5. A vazão encontrada foi de  $1.63 \text{ Lh}^{-1}$ , valor praticamente igual ao fornecido pelo fabricante. O coeficiente de uniformidade de distribuição encontrado foi de 92%, indicando, assim, uma excelente uniformidade de aplicação.

#### **4.4 Crescimento vegetativo**

Ao longo do período de duração do experimento, foram feitas 15 avaliações das variáveis vegetativas: número de ramos plagiotrópicos, comprimento dos ramos plagiotrópicos, diâmetro do caule, diâmetro de copa, altura de planta e número de internódios.

##### **4.4.1 Número de ramos plagiotrópicos**

A variável número de ramos plagiotrópicos, para o cafeeiro ‘Rubi’, apresentou uma boa relação com graus-dias acumulado ou graus-dia de desenvolvimento (GDD), como pode ser observado na Figura 8. Quanto à data de plantio, esperava-se que elas apresentassem valores de crescimento mais próximos para os mesmos valores de graus-dia acumulado, mas tal situação não foi constatada. Dessa forma, pode-se afirmar que a data de plantio influenciou na relação entre o crescimento da planta e GDD (Tabela 6A, Anexo). Por meio da Tabela 4, pode-se observar que a equação que melhor representa os valores de crescimento dos ramos plagiotrópicos é a equação linear ( $R^2=0,72$ ).

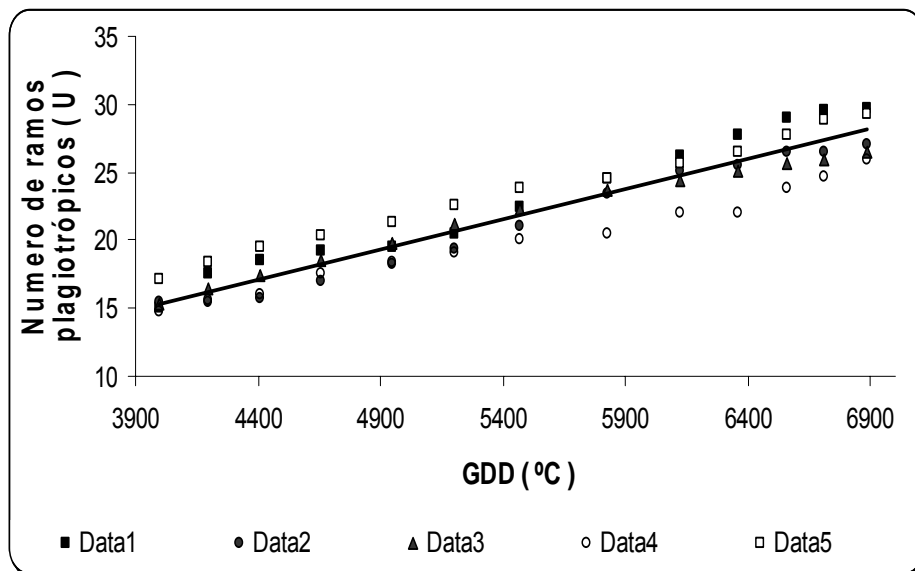


FIGURA 8. Número de ramos plagiotrópicos associado a graus-dia de desenvolvimento para o cafeeiro ‘Rubi’. Lavras, MG, 2006.

TABELA 4. Parâmetros de ajuste do modelo de regressão linear simples, para a variável número de ramos plagiotrópicos (NRP), em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) e dias após plantio (DAP). UFLA, Lavras, MG-2006.

Fonte Variação	Parâmetros estatísticos			
	$B_0$	$B_1$	$r^2$	Valor P do desvio
GDD	-0,687	0,004	0,724	0,348 <sup>ns</sup>
DAP	-2,833	0,037	0,686	0,253 <sup>ns</sup>

\* Significativo a 5% . <sup>ns</sup> não significativo.

#### 4.4.2 Comprimento dos ramos plagiotrópicos

Como mostrado na Figura 9, as datas que obtiveram o melhor desenvolvimento vegetativo para variável comprimento dos ramos plagiotrópicos foram a data 1 (plantio em 14/04/03) e a data 5 (plantio em 10/09/03), ou seja, datas em que o plantio foi feito com temperaturas mais

elevadas obtiveram um maior desenvolvimento, mostrando, dessa forma, influência da temperatura no crescimento vegetativo. Este fato também pode ser notado no parâmetro número de ramos plagiotrópicos, conforme foi mostrado na Figura 8. Por meio da Tabela 5 pode-se observar que a equação linear, tanto para graus-dia de desenvolvimento quanto para dias após plantio, obteve praticamente o mesmo coeficiente de determinação, o que mostra que, para valores médios de comprimento de ramos plagiotrópicos, o uso de GDD é uma boa alternativa para o acompanhamento do crescimento do cafeeiro.

TABELA 5 Parâmetros de ajuste do modelo de regressão linear simples, para a variável comprimento do ramo plagiotrópico (CRP), em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) e dias após plantio (DAP). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fonte Variação	Parâmetros estatísticos			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	r <sup>2</sup>	Valor P do desvio
GDD	25,36	0,007	0,823	0,481 <sup>ns</sup>
DAP	20,57	0,065	0,826	0,480 <sup>ns</sup>

\* Significativo a 5% . <sup>ns</sup> não significativo.

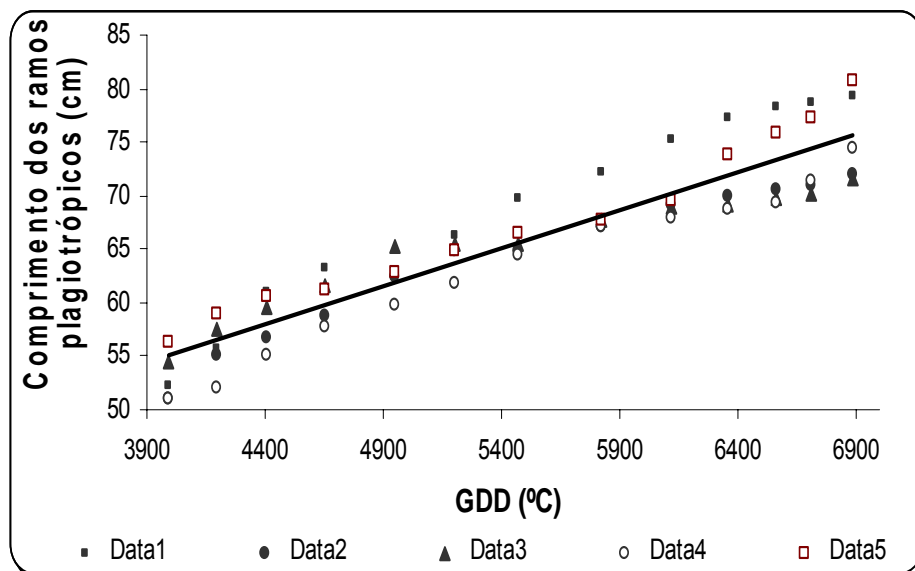


FIGURA 9. Comprimento dos ramos plagiotrópicos associado a graus-dia de desenvolvimento para o cafeeiro 'Rubi'. Lavras, MG, 2006.

#### 4.4.3 Diâmetro de caule

Os dados obtidos em campo apresentam boa correlação com graus-dias acumulados e também a metodologia de dias após plantio, como pôde ser constatado pelo coeficiente de determinação, conforme Tabela 6 ( $r^2=0,98$  e  $0,96$ , respectivamente). Esse fato demonstra que o diâmetro de caule pode ser estimado tanto pela metodologia de GDD quanto por DAP. A análise da Figura 10 permite verificar que todas as datas apresentam taxas de crescimento do diâmetro caule praticamente iguais, com destaque para a data 5 que, a partir de aproximadamente 4.200 GDD, apresentou sempre o maior valor de diâmetro de caule. Porém, a partir de, aproximadamente, 6.000 GDD, a data 2 apresentou uma significativa redução da taxa de crescimento do caule, situação que manteve o diâmetro do caule do cafeeiro plantado nesta data praticamente constante até o

fim do estudo. Entretanto, tal situação não prevaleceu quanto às demais variáveis vegetativas (Nrp, Crp, Dco, Apl, Ni), como se pode observar nas Figuras anteriores e nas próximas.

TABELA 6 Parâmetros de ajuste do modelo de regressão linear simples, para o variável diâmetro de caule (DCA), em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD); e dias após plantio (DAP). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fonte Variação	Parâmetros estatísticos			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	r <sup>2</sup>	Valor P do desvio
GDD	0,039	0,0006	0,982	0,055 <sup>ns</sup>
DAP	-0,35	0,0055	0,968	0,001*

\* Significativo a 5% . <sup>ns</sup> não significativo.

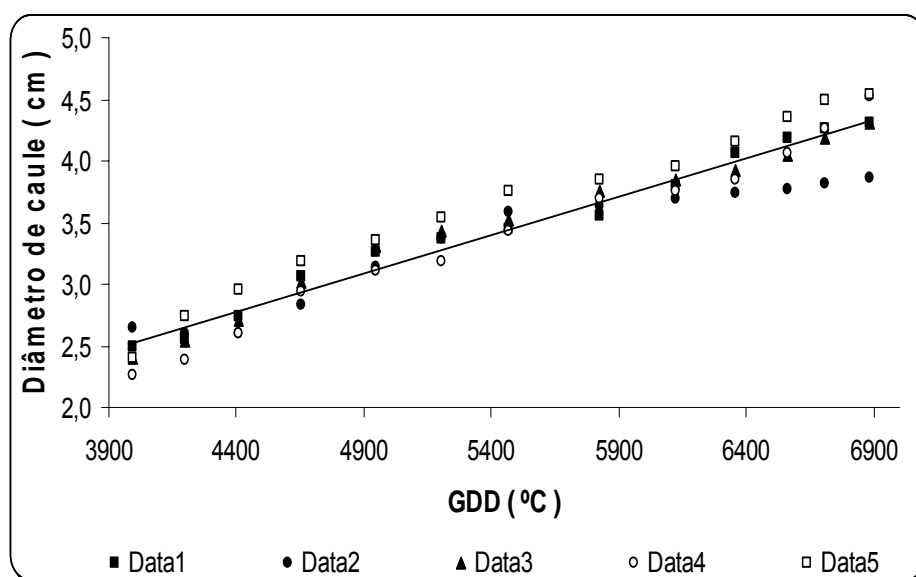


FIGURA 10. Diâmetro do caule associado a graus-dia de desenvolvimento para o cafeeiro ‘Rubi’. Lavras, MG, 2006.

#### 4.4.4 Diâmetro de copa

Para a variável diâmetro de copa, em função de graus-dia de desenvolvimento, utilizou-se a análise de regressão, na qual o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados observados, como pode ser verificado na Tabela 7. Entretanto, constatou-se, pelos valores de diâmetro de copa significativamente superiores ( $P < 0.05$ ), conforme anexo A, que houve efeito das datas de plantio sobre este parâmetro. Ao associar-se diâmetro de copa com a metodologia de dias após plantio, verificou-se um bom ajuste do modelo linear aos dados observados, mas também permaneceu o efeito da data de plantio. Pode-se constatar que, durante boa parte da condução do experimento, a data 4 foi a que apresentou o menor valor de diâmetro de copa, mas, a partir de aproximadamente 6.500 GDD, houve uma tendência de agrupamento de todas as datas, como pode ser observado na Figura 11.

TABELA 7 Parâmetros de ajuste do modelo de regressão linear simples, para a variável diâmetro de copa (DCO), em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) e dias após plantio (DAP). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fonte Variação	Parâmetros estatísticos			Valor P do desvio
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	r <sup>2</sup>	
GDD	48,90	0,014	0,966	0,132 <sup>ns</sup>
DAP	39,97	0,126	0,9558	0,041*

\* Significativo a 5% . <sup>ns</sup> não significativo.



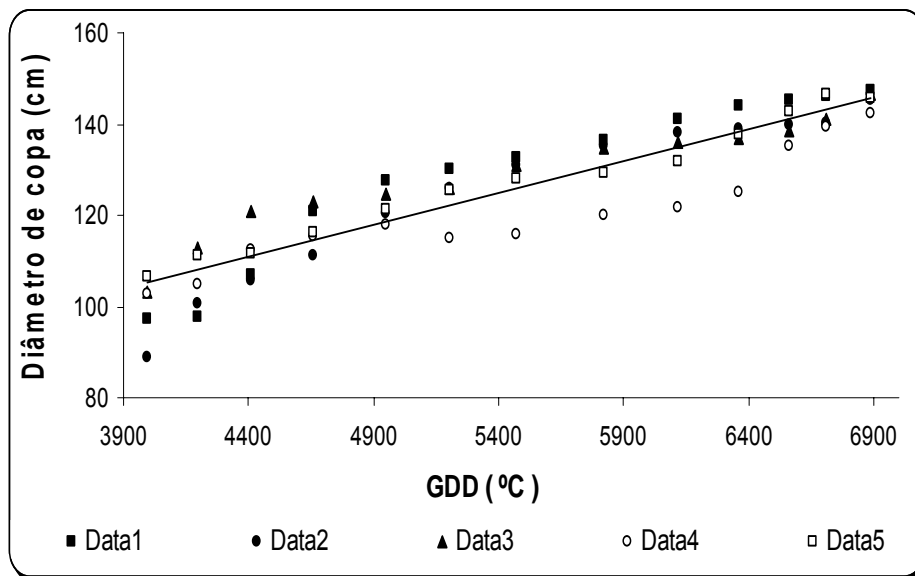


FIGURA 11. Diâmetro de copa associado a graus-dia de desenvolvimento, para o cafeeiro ‘Rubi’. Lavras, MG, 2006.

#### 4.4.5 Altura de planta

Houve um bom ajuste do modelo de regressão linear aos dados de altura de planta relacionados com graus-dia de desenvolvimento (GDD), segundo dados da Tabela 8. Entretanto, apesar do aumento da variável altura de planta estar associado a graus-dia de desenvolvimento (GDD), pode-se observar, pelos valores significativamente maiores ( $P < 0.05$ ) entre as datas de plantio, conforme anexo A, que houve efeito destas sobre a altura de planta. Constata-se que, para a metodologia de dias após plantio (DAP), também foi obtido um bom ajuste do modelo de regressão linear, que pode ser confirmado por meio de seu coeficiente de determinação (0,96), conforme apresentado na Tabela 8.

Pelos dados da Tabela 2B Anexo B, verifica-se que também houve influência da data sobre esta variável e, pelo gráfico da Figura 12, percebe-se que, a partir de, aproximadamente, 6.700 GDD, houve uma tendência de

agrupamento dos pontos analisados, período que coincide também com a época de aumento de temperatura, mostrando uma tendência na uniformização na altura de plantas para as diferentes datas.

TABELA 8 Parâmetros de ajuste do modelo de regressão linear simples, para variável altura de planta (AP), em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) e dias após plantio (DAP). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fonte Variação	Parâmetros estatísticos			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	r <sup>2</sup>	Valor P do desvio
GDD	27,35	0,013	0,984	0,059 <sup>ns</sup>
DAP	19,61	0,116	0,961	0,000*

\* Significativo a 5% . <sup>ns</sup> não significativo.

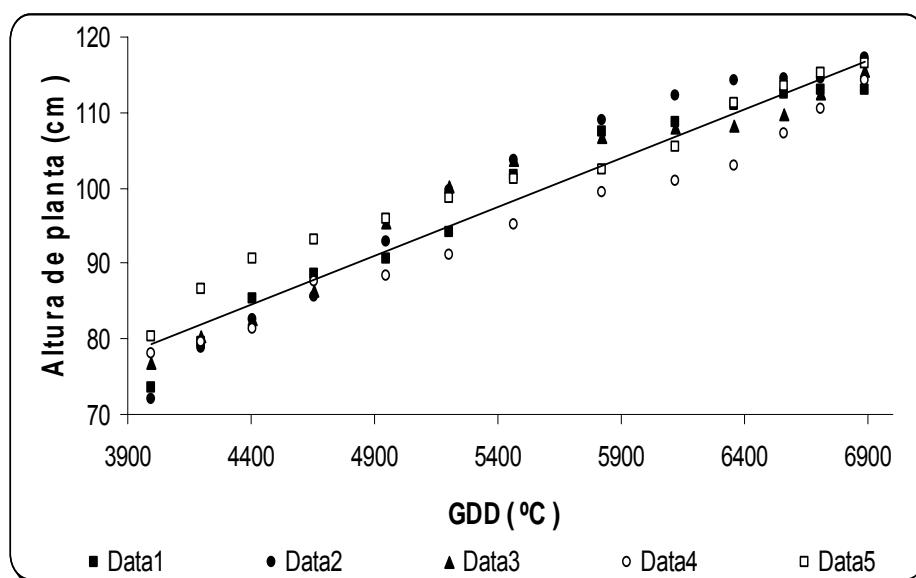


FIGURA 12. Altura de planta associada a graus-dia de desenvolvimento para cafeeiro ‘Rubi’. Lavras, MG, 2006.

#### 4.4.6 Numero de internódios

Pelo gráfico da Figura 11 pode-se observar que a data 1 apresenta um maior número de internódios em relação às outras datas em praticamente todo o período de condução do experimento. Verifica-se também, por meio da Figura 13, que os dados apresentaram um bom ajuste aos graus-dia de desenvolvimento, demonstrando uma excelente precisão, como pode ser constatado pelo coeficiente de determinação ( $r^2=0,98$ ) na Tabela 9. Mas, já em relação à data de plantio (Tabela 1A, Anexo), verifica-se influência desta no desenvolvimento da cultura.

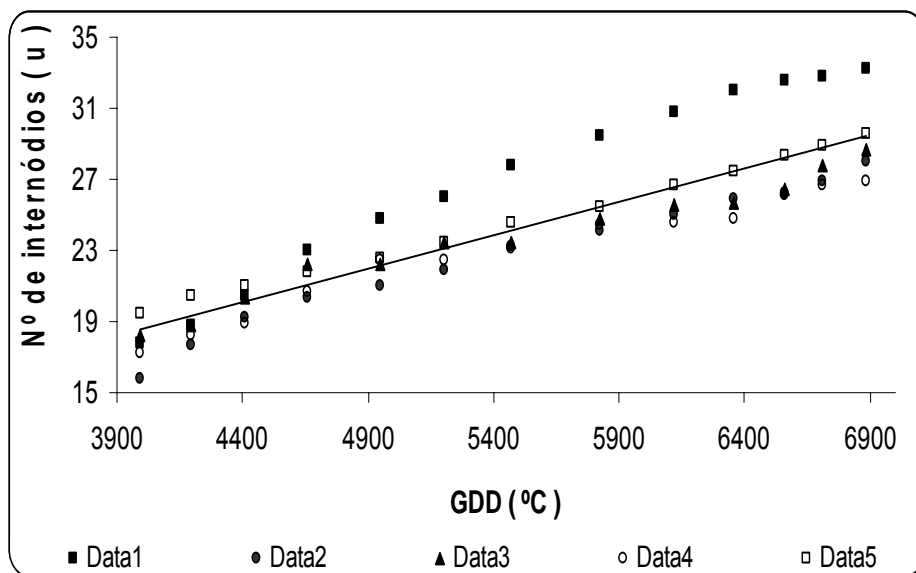


FIGURA 13. Número de internódios associado a graus-dia de desenvolvimento para o cafeeiro 'Rubi'. Lavras, MG, 2006.

TABELA 9 Parâmetros de ajuste do modelo de regressão linear simples, para a variável número de internódios (NI), em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) e dias após plantio (DAP). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fonte Variação	Parâmetros estatísticos			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	r <sup>2</sup>	Valor P do desvio
GDD	3,42	0,0037	0,986	0,579 <sup>ns</sup>
DAP	1,066	0,034	0,972	0,085 <sup>ns</sup>

Significativo a 5% . <sup>ns</sup> não significativo.

#### 4.5 Coeficientes de cultura

Os valores de coeficiente de cultura em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) podem ser visualizados na Figura 14. Por meio da análise de regressão identificou-se que o polinômio de segundo grau foi o que melhor ajustou-se aos dados obtidos, com um valor de coeficiente de determinação ( $r^2=0,98$ ). Verifica-se também que os valores de coeficiente de cultura para um mesmo valor de graus-dia de desenvolvimento teve uma pequena variação em função da data de plantio, evidenciando, assim, uma influência da data nos valores médios de coeficiente de cultura.

Analisando-se ainda a mesma Figura, verifica-se que, a partir de aproximadamente, 5.900 GDD, todas as datas de plantio apresentam uma redução nos valores de Kc, independente da fase fenológica em que estavam. Este fato também foi constatado por Ribeiro (2006), trabalhando na região de Lavras com cafeeiro da cultivar Acaia Cerrado. Entretanto, este decréscimo não se pronunciou, a ponto de reduzir os valores de Kc aos valores registrados no início da florada de 2004 (4.400 GDD). Isso pode ter ocorrido devido ao crescimento das plantas, pois, apesar do período de avaliação ser de uma florada a outra, as plantas ainda são jovens e estão em franco crescimento.

Pôde-se observar também que até aproximadamente 5.500 GDD, a data 5 foi a que apresentou o maior aumento no valor de Kc, fenômeno que pode ser

atribuído ao crescimento das plantas desta data, pois, como pode ser visto na maioria dos parâmetros de crescimento vegetativo, esta foi também a data que apresentou maior valor neste período. A partir dessa época, todas as datas de plantio apresentaram praticamente os mesmos valores de Kc, acontecimento que também pode ser justificado pelo crescimento vegetativo, demonstrando uma possível uniformização da cultura, mesmo considerando datas de plantio diferentes.

Os valores de coeficiente de cultura encontrados variaram de 0,77 a 0,84. Esses valores são muito próximos aos encontrados por Teodoro (2004), que foram de 0,89 a 0,98 para cafeeiros cultivar Mundo Novo com 19 meses e ao recomendado por Doorenbos & Pruitt (1984), para uma cultura em pleno desenvolvimento, em local não sombreado e sem presença de ervas daninhas, que é de 0,9 para o ano todo.

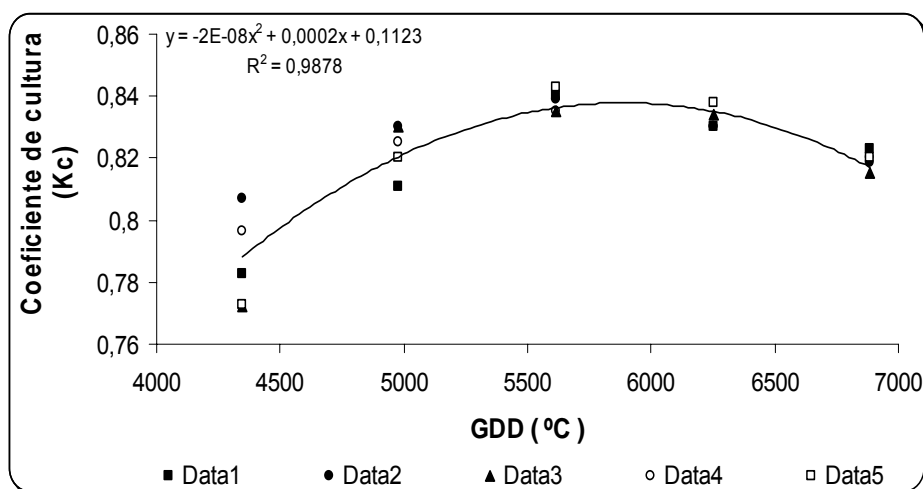


FIGURA 14. Coeficientes de cultura (Kc) associados a graus-dia desenvolvimento (GDD) para o café ‘Rubi’. Lavras, MG, 2006.

## **5 CONCLUSÕES**

A metodologia de graus-dia de desenvolvimento, aparentemente, pode ser aplicada às variáveis de crescimento vegetativo do cafeeiro 'Rubi'.

Os valores de coeficiente de cultura variaram de 0,77 a 0,84, com um valor médio de 0,81.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome, Italy: FAO, 1998. 301 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, n. 56).
- ALMEIDA, J. P. **Estimativa de déficits e excessos hídricos em regiões de clima úmido através de diferentes modelos de balanço hídrico**. 1993. 212 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- AMARAL, A. T. de. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. 1991. 139 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ARRUDA, F. B.; IAFFE, A.; SAKAI, E.; CALHEIROS, R. O. Resultados anuais do coeficiente de cultura do cafeeiro em um ensaio em pindorama, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos....** Brasília: EMBRAPA Café e MINASPLAN, 2000. v. 2, p. 790.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.
- BLORE, T. W. D. Further studies of water use by irrigated and unirrigated arabica coffee in Kenya. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 67, n. 2, p. 145-154, Oct. 1964.
- BONONO, R.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. Estudo comparativo de modelos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para as regiões cafeeiras do triângulo e noroeste de Minas Gerais. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 1., 1998, Araguari, MG. **Anais...** Uberlândia: UFU/DEAGRO, 1998. p. 84-90.
- BRAGA, H. J. **Caracterização da seca agrônômica através de novo modelo de balanço hídrico, na região de Laguna, litoral sul do estado de Santa Catarina**. 1982. 139 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: MARA, 1992.

84 p.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación.** 3. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CAMARGO, A. P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987.

CAMARGO, A. P. de; F. A. S.; MATIELLO, J. B. e Ribeiro, R. N. de C. Efeito da época e quantidade de rega em café arábica nas condições climáticas de inverno úmido e verão seco, de Garanhuns (PE)-Parte III. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13., 1986, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1986. p. 47-50.

CAMARGO, M. B. P. de; BRUNINI, O.; MIRANDA, M. A. C. Temperatura-base para cálculo dos graus dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 115-121, 1987.

CLOWES, M. S. J. Drip irrigation on coffee. **Zimbabwe Agricultural Journal**, Harare, v. 81, n. 6, p. 215-219, 1984.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water.** Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO. Irrigation Drainage Paper, 33)

DOORENBOS, J.; PRUIT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos.** Roma FAO, 1977. 144 p. (FAO Boletim Irrigacion y Drenage, 24).

DOORENBOS, J.; PRUIT, W. **Crop water requirements.** Rome: FAO, 1984. 144p. (FAO. Irrigation and Drenage, 24).

DOURADO NETO, D.; LIER, Q. de J. V.; BOTREL, T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 2, p. 92-102, July 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.



FARIA, R. T.; FLUMIGNAN, D. L. Consumo hídrico e coeficientes de cultivo para cafeeiros em formação, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: Fundação PROCAFE, 2004.

GUANDIQUE, M. E. G. **Balanço hídrico no solo e consumo de água pela cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) irrigado.** 1993. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

IAFFE, A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Estimativa da Temperatura Base e Graus-Dia do Florescimento a Colheita de cafeeiro Mundo Novo em Botucatu, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBA, 2001. p. 703-704. 1CD-ROM.

IAFFE, A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Simulação do consumo diário de água do cafeeiro baseado em amostragens da umidade do solo em Pindorama, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DO CAFÉ DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café e Minasplan, 2000. v. 2, p. 786.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALEEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York: American Society of Civil Engineers, 1989. 332 p. (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice; 70).

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 497 p.

LIMA, E. P. **Graus-dia, temperatura base e coeficiente de cultura para cafeeiros arabica em fase de implantação.** 2006. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MATIELLO, J. B. **O Café** – do cultivo ao consumo. São Paulo: Editora Globo, 1991. 320 p.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola.** 7. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 376 p.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resource Research**, Washington, v. 12, n. 3, p. 513-522, June 1976.

OLIVEIRA NUNEZ, J. G. **Caracterização das fases fenológicas de três cultivares de milho, utilizando o conceito de graus-dia**. 1986. 54 p. Dissertação (Mestrado Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, P. M. de. **Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultura do cafeeiro (*Coffea arábica* L.)**. 2003. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: agronomia Ceres, 1981. 440 p

PAIVA, L. C. **Periodicidade de crescimento do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) em diferentes tensões de irrigação e duas densidades de plantio**. 2006. 91 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

REICHARDT, K. **Processos de transferências no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 446 p.

RIBEIRO, M. S. **Coeficientes de cultura (Kc) e crescimento vegetativo de ‘Acaia Cerrado’ (*Coffea arábica* L) associados a graus-dia (2º ano)**. 2006. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, MG.

SAMMIS, T. W.; MAPEL, C. L.; LUGG, D. G.; LANSFORD, R. R.; McGUICKIN, J. T. Evapotranspiration crop coefficients predicted using growing-degree-days. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 3, p. 773-780, May/June 1985.

SANTIAGO, A. V. **Evapotranspiração de referência medida por lisímetro pesagem e estimada por Penman-Monteith (FAO 56), nas escalas mensal e decenal**. 2001. 37 p. Dissertação (Mestrado) - Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SEDIYAMA, C. G.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Relações clima-agua-planta.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 27., 1998. Pocos de Caldas. **Anais...** Pocos de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 46-85

SILVA, E. L. da.; PEREIRA, G. M.; CARVALHO, J. A.; VILELA, L. A. A.; FARIA, M. A. de. **Manejo de irrigação das principais culturas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 89 p.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 27., 1998, Pocos de Caldas. **Anais...** Pocos de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 311-348.

THOMAZIELLO, R. A.; OLIVEIRA, E. G.; FILHO, J. A. T.; COSTA, T. E. **Cultura do café**. 4. ed. Campinas: Coordenadoria de assistência técnica integral, 1999. 77 p.

TEODORO, R. E. F.; MELO, B.; CARVALHO, H. P.; NUNES, S. R.; FERREIRA, J. G. Determinação do coeficiente de cultura(kc) para o cafeeiro( coffea arábica-cv. abotã) utilizando lisímetro de drenagem, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais....** Rio de Janeiro: Fundação PROCAFE, 2004.

TOSSO, T.; TORRES, J. J. Relaciones hidricas de la vid, bajo diferentes niveles de riego usando goteo, aspersion y surcos. I evapotranspiracion y eficiencia en el uso del agua. **Agricultura técnica**, México, v. 46, p. 193-198, 1986.

VACHAUD, G.; PASSERAT, D.; SILANS, A.; BALABANIS, P.; VAUCLIN, M. Temporal stability of spatially measured soil water probability density function. **Soil Science of America Journal**, Madison, v. 49, n. 4, p. 822-828, July/Aug. 1985.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept. /Oct. 1980.

VIANELLO, L. R.; ALVES, R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991. 449 p.

VOLPE, C. A. **Eficiência no uso da água, resistência estomática e parâmetros aerodinâmicos da cultura de milho (*Zea mays* L.)**. 1986. 103 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

1A Tabela de análise de variância dos valores de número de internódios (NI) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP).

2A Tabela de análise de variância dos valores de altura de planta (AP) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP).

3A Tabela de análise de variância dos valores de diâmetro de copa (DCO) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP).

4A Tabela de análise de variância dos valores de diâmetro de caule (DCA) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP).

5A Tabela de análise de variância dos valores de altura de planta (AP) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP).

6A Tabela de análise de variância dos valores de número de ramos plagiotrópicos (NRP) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP).

## **ANEXO B**

1B Tabela de análise de variância dos valores de número de internódios (NI) associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP).

2B Tabela de análise de variância dos valores de altura de planta (AP) associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP).

3B Tabela de análise de variância dos valores de diâmetro de copa (DCO) associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP).

4B Tabela de análise de variância dos valores de diâmetro de caule (DCA) associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP).

5B Tabela de análise de variância dos valores de altura de planta (AP)

associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP).

6B Tabela de análise de variância dos valores de número de ramos plagiotrópicos (NRP) associado a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP).

## ANEXO A

TABELA 1A Análise de variância dos valores de número de internódios (NI) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	37,737510*
GDD	12	72,250365*
Erro	48	1,219110

CV=4,57. Média geral: 24,14; \* significativo a 5% de probabilidade

TABELA 2A Análise de variância dos valores de altura de planta (AP) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	60,847448*
GDD	12	855,470572*
Erro	48	7,524755

CV=2,78. Média geral: 98,57 \* significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 3A Análise de variância dos valores de diâmetro de copa (DCO) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	163,837031*
GDD	12	1023,859775*
Erro	48	23,734392

CV=3,86. Média geral: 126,1 \* significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 4A Análise de variância dos valores de diâmetro de caule (DCA) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	0,152037*
GDD	12	1,981128*
Erro	48	0,955892

CV=4,08. Média geral: 4,08 \* significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 5A Análise de variância dos valores de comprimento do ramo plagiotrópico (CRP) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	174,816383*
GDD	12	311,621601*
Erro	48	60,746873

CV=12,04. Média geral: 64,73\* significativo a 5% de probabilidade

TABELA 6A Análise de variância dos valores de número de ramos plagiotrópicos (NRP) associados a graus-dia de desenvolvimento (GDD), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	27,284275*
GDD	12	123,420478*
Erro	48	60,746873

CV=25,31. Média geral: 22,51\* significativo a 5% de probabilidade

## ANEXOS B

TABELA 1B Análise de variância dos valores de número de internódios (NI) associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	34,929910*
DAP	12	69,544158*
Erro	48	1,526858

CV=5,09. Média geral: 24,26\* significativo a 5% de probabilidade

TABELA 2B Análise de variância dos valores de altura de planta (AP) associada dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

DP	4	59,857468*
DAP	12	853,460573*
Erro	48	7,924854

CV=3,4. Média geral: 99,85\* significativo a 5% de probabilidade

TABELA 3B Análise de variância dos valores de diâmetro de copa (DCO) associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

DP	4	164,827082*
DAP	12	1025,860744*
Erro	48	23,734382

CV=3,32. Média geral: 3,49\* significativo a 5% de probabilidade

TABELA 5B Análise de variância dos valores de comprimento do ramo plagiotrópico (CRP) associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	173,816483*
DAP	12	311,731610*
Erro	48	61,746873

CV=8,2. Média geral: 65,89\* significativo a 5% de probabilidade

TABELA 6B Análise de variância dos valores de número de ramos plagiotrópicos (NRP) associados a dias após plantio (DAP), em diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG, 2005.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	4	25,274274*
DAP	12	123,410477*
Erro	48	60,736884

CV=23,35. Média geral: 22,01\* significativo a 5% de probabilidade<sup>2</sup>