

**PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS E ACÚMULO  
DE MASSA SECA EM RAÍZES E PARTE  
AÉREA DE CULTIVARES DE CAFEIROS  
EM FUNÇÃO DA IDADE DA PLANTA**

**EVARISTO GOMES GUERRA NETO**

**2007**

**EVARISTO GOMES GUERRA NETO**

**PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS E ACÚMULO DE MASSA SECA  
EM RAÍZES E PARTE AÉREA DE CULTIVARES DE  
CAFFEEIROS EM FUNÇÃO DA IDADE DA PLANTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação "Stricto Sensu" Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**

**Prof. Dr. José Donizeti Alves**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2007**

**EVARISTO GOMES GUERRA NETO**

**PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS E ACÚMULO DE MASSA SECA EM  
RAÍZES E PARTE AÉREA DE CULTIVARES DE CAFEIROS EM  
FUNÇÃO DA IDADE DA PLANTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação "Stricto Sensu" em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Mestre".

**Prof. Dr. José Donizeti Alves**  
**UFLA**  
**(Orientador)**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**

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

Guerra Neto, Evaristo Gomes.

Partição de assimilados e acúmulo de massa seca em raízes e parte aérea de cultivares de cafeeiros em função da idade da planta / Evaristo Gomes Guerra Neto. -- Lavras : UFLA, 2007.

36 p.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: José Donizeti Alves.

Bibliografia.

1. Café. 2. Sistema radicular. 3. Biomassa. 4. Relação fonte e dreno.  
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.520410428

**EVARISTO GOMES GUERRA NETO**

**PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS E ACÚMULO DE MASSA SECA EM  
RAÍZES E PARTE AÉREA DE CULTIVARES DE CAFEIROS EM  
FUNÇÃO DA IDADE DA PLANTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação "Stricto Sensu" em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Mestre".

**APROVADA em 31 de agosto de 2007**

<b>Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga</b>	<b>UFLA</b>
<b>Prof. Dr. Darlan Einstein do Livramento</b>	<b>UNINCOR</b>
<b>Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome</b>	<b>UFLA</b>

**Prof. Dr. José Donizeti Alves**  
**UFLA**  
**(Orientador)**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**

À minha querida e amada esposa, Deborah, pelo companheirismo, cumplicidade, incentivo e confiança de que eu conseguiria realizar esta etapa e pelas constantes demonstrações de amor.

Aos meus pais Evaristo, (em memória) e Lídia (em memória), por terem me educado na retidão de princípios.

Às minhas queridas filhas Olívia, Júlia e Laura (em memória) e minha querida neta favorita, Bruna.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), através do Setor de Fisiologia Vegetal, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Embrapa/Café, na pessoa do Dr. Gabriel Ferreira Bartholo, pelo aporte financeiro para a condução do experimento.

Ao meu orientador, Prof. José Donizeti Alves, pela confiança, orientação e amizade.

Ao meu grande e sincero amigo, Darlan Einstein do Livramento, pela abnegação, espírito de irmandade e amizade.

Aos professores Luiz Edson Mota de Oliveira, Amauri Alves de Alvarenga e Renato Paiva, pela colaboração, sugestões e incentivo.

Aos pesquisadores doutores Lisandro da Tomas da Silva Bonome e Alessandro Carlos Mesquita, pela amizade e incentivo

A minha grande família do setor de Fisiologia Vegetal, nas pessoas do Tanhan, Izonel, Odorêncio, Joel, Lena e Tina, pela nossa amizade, cervejada, churrascada e convívio de respeito e felicidade.

Ao pesquisador Dr. Marcelo Murad Magalhães e aos alunos André, Neidequeli e Paola, pelo apoio nas análises de laboratório.

À minha querida amiga Emanuelle, pela ajuda nas análises de laboratório e tabulação dos dados.

À pesquisadora doutoranda do DEX, Dra. Taciana Vilela, pela ajuda nas análises estatísticas.

A todos os alunos e alunas que passaram ou estão passando pelo Setor de Fisiologia Vegetal, pela agradável convivência.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Desenvolvimento vegetativo da parte aérea.....	3
2.2 Desenvolvimento vegetativo do sistema radicular.....	4
2.3 Relação parte aérea e raízes de cafeeiros.....	6
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Condições experimentais e tratamentos utilizados.....	9
3.2 Avaliações realizadas.....	11
3.2.1 Determinação da massa seca.....	11
3.2.2 Análise de açúcares solúveis totais e amido.....	11
3.3 Análise estatística.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5 CONCLUSÕES.....	32
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33



## RESUMO

GUERRA NETO, Evaristo Gomes. **Partição de assimilados e acúmulo de matéria seca em raízes e parte aérea de cultivares de cafeeiros em função da idade da planta.** 2007. 36p. Dissertação (Mestrado em Agronomia. Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

O estudo objetivou avaliar o comportamento de características de crescimento e teores de carboidratos na parte aérea e raízes de diversas cultivares de cafeeiros, em função da época de amostragem, nas condições de Lavras, MG. O ensaio foi conduzido em viveiro permanente, no Setor de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras e o período de avaliação, de julho de 2004 a dezembro de 2005 (18 meses). Os tratamentos foram formados pelos 25 materiais genéticos e o experimento foi disposto em um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo cada repetição constituída de quatro plantas. As plantas foram divididas em dois grupos de componentes: parte aérea e raízes. A parte aérea, por sua vez, foi dividida em folhas, ramos e caule. As raízes foram divididas em três grupos de acordo com a faixa de crescimento estudada, que eram de 0-20cm, 20-40cm e 40-60cm. As avaliações de acúmulo de massa seca foram realizadas em cada componente dos grupos de parte aérea e raízes. As características bioquímicas das plantas aos 6, 12 e 18 meses após a semeadura foram realizadas em folhas e raízes das plantas. Os dados coletados durante as avaliações foram submetidos a análises multivariadas de correlações canônicas, análise de variância multivariada (MANOVA), “clusters” e discriminante ( $p < 0,05$ ). Houve correlação entre o crescimento da parte aérea e raízes de cafeeiros, principalmente aquelas localizadas nos primeiros 20 cm de profundidade. Independente da época analisada, houve um agrupamento das cultivares, para características de massa seca de raiz e parte aérea. Existe inter-relação entre os processos de acúmulo de massa seca da parte aérea e teores de amido nas raízes, ao longo das épocas de avaliação. As cultivares foram agrupadas em diferentes grupos, levando em consideração o porte e a susceptibilidade à ferrugem.

---

\*Comitê Orientador: José Donizeti Alves – UFLA (Orientador), Amauri Alves de Alvarenga, Dárlan Einstein do Livramento – UNINCOR; Lisandro Tomas da Silva Bonome - UFLA

## ABSTRACT

GUERRA NETO, Evaristo Gomes. **Assimilates partition and dry matter accumulation in roots and aerial part of coffe cultivars, in function of plant age.** 2007. 36p. Dissertation (Master in Agronomy. Plant Physiology) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.\*

This research aimed to evaluate the growth parameters and carbohydrate levels in aerial part and roots from various coffe cultivars in relation to sampling time, at Lavras-MG environmental conditions. The experiment was conducted in a greenhouse located at Plant Physiology section from Universidade Federal de Lavras – UFLA and the evaluation period was from July 2004 to December 2005 (18 months). The treatments were composed by 25 genotypes and the experiment was disposed in random blocks with four replicates, being each replicate composed by four plants. The plants were divided in two groups: roots and aerial part. The aerial part was divided in leaves, shoots and stems. The roots were divided in three groups according to the growth range studied, that were 0-20 cm, 20-40 cm and 40-60 cm. The dry mass accumulation were realized in each component of the groups, considering aerial part and roots. The biochemical characteristics from plants at 6, 12 and 18 months after sowing were made in leaves and roots. The data were submitted to multivariate variance analysis (MANOVA), clusters and discriminant ( $p < 0,05$ ). The results showed a correlation between aerial part growth and root mainly that ones located in the first 20 cm of depth. Independent of time analyzed there was a clustering of cultivars, for the root dry mass and aerial part characteristics. There was a relationship between the process of dry mass accumulation of aerial part and root starch levels, during the evaluation time. The cultivars were clustered in different groups considering the vigour and rust susceptibility.

---

\*Guidance Committee: José Donizeti Alves – UFLA (Adviser), Amauri Alves de Alvarenga, Dárlan Einstein do Livramento – UNINCOR; Lisandro Tomas da Silva Bonome – UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro foi introduzido no Brasil em 1727 e, até então, vem sendo conduzido nas mais diversas condições edafoclimáticas. A cafeicultura ocupa posição de destaque em âmbito mundial e o Brasil é o maior exportador de café. Essa magnitude só foi possível graças, também, ao contínuo desenvolvimento de novas pesquisas que estão sendo aplicadas na cafeicultura, com o objetivo de melhorar a produtividade, reduzir custos e diminuir os impactos ambientais da atividade.

Na literatura são encontrados diversos trabalhos sobre melhoramento de cafeeiros, bem como sua resposta ao ambiente. Geralmente, estas respostas são mensuradas por meio de características vegetativas, como altura de plantas, crescimento de diâmetro de copa, tamanho de ramos, seca de ponteiros e vigor vegetativo. As características reprodutivas são avaliadas por meio da produção, da maturação e da porcentagem de frutos chochos. Restava também saber qual era o comportamento do sistema radicular nestas cultivares e sua relação com os processos que ocorrem na parte aérea das plantas, pois é sabido que a resistência e a rusticidade de espécie e cultivares estão, geralmente, associadas a um sistema radicular mais profundo e ativo.

O estudo do sistema radicular sob condições naturais é muito difícil e laborioso. Para cafeeiros, os estudos envolvendo tal órgão da planta são escassos, sendo encontrados, na literatura, poucos trabalhos sobre a sua morfologia, a distribuição e a fisiologia. No caso brasileiro, apesar de várias controvérsias, é notado o esforço de alguns grupos de pesquisadores para tentar completar as inúmeras lacunas que existem sobre estudo de sistema radicular de cafeeiros, uma vez que esta é a parte “escondida” da planta, o que dificulta sua investigação.

A investigação do sistema radicular de cafeeiros é de grande importância para o manejo das lavouras, principalmente quando estas condições estão

associadas a fatores de clima e solo, o que pode maximizar os tratos culturais na cultura. Plantas de cafeeiros possuem um sistema radicular plástico e “moldável” às condições que são impostas a eles, como cultivar, espaçamento, idade da planta, capacidade produtiva, carga pendente, ataque de pragas e doenças, podas, etc.

Em cafeeiros, o equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular é fundamental para que ambas as partes exerçam sua fisiologia de forma normal. Portanto, qualquer alteração na relação parte aérea, seja ela por motivos de podas, ataque de pragas e doenças, fatores ambientais e até mesmo característica da própria cultivar, irá causar um desbalanço entre os órgãos, o que culminará em depauperamento geral da planta. Para um bom vigor vegetativo e uma boa produção de cafeeiros, é necessária uma combinação entre uma vigorosa parte aérea e um sistema radicular abundante, ramificado e profundo.

Assim, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o acúmulo de massa seca e teores de carboidratos na parte aérea e raízes de diversas cultivares de cafeeiros, em função da idade, nas condições de Lavras, MG.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A espécie *Coffea arabica* L. foi introduzida no Brasil em 1727, originada do sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, cujas regiões eram restritas e marginais às demais espécies. Pela sua origem, nos vales das regiões montanhosas da Abissínia, onde cresce permanentemente sob densas florestas tropicais protegidas de altas temperaturas e com precipitação bem distribuída, é originalmente considerada uma espécie adaptada à sombra. Entretanto nas condições brasileiras, é conduzido a pleno sol, com produções atingindo patamares muito superiores ao de seu local de origem.

No Brasil, a espécie de maior importância econômica é a *Coffea arabica* L., plantada em quase todos os estados produtores e em Minas Gerais, na sua quase totalidade. O estado de Minas Gerais produz, em média, cerca de 50% de todo o café produzido no Brasil, com destaque para as regiões Sul e Sudoeste de Minas, Zona da Mata Mineira, Triângulo Mineiro e Vale do Paranaíba e Vale do Jequitinhonha (Cortez, 1997) e alterações na sazonalidade de crescimento podem ocorrer em função destas variações regionais.

### 2.1 Desenvolvimento vegetativo da parte aérea

O padrão de crescimento do cafeeiro apresenta flutuações sazonais associadas a fatores climáticos que, em geral, prevalecem em cada região de cultivo (Rena & Maestri, 1986; 1989; Nacif, 1997). Os componentes da planta mais influenciados pelo clima são a altura, o crescimento de ramos e o número de flores; os elementos do clima que mais se correlacionam com os incrementos em altura e o comprimento dos ramos são a radiação solar, a evaporação, a temperatura média e a duração da máxima (Jaramillo & Valencia, 1980). Resumidamente, se pode concluir que, entre janeiro e fevereiro, as taxas de crescimento estavam limitadas por condições de temperaturas elevadas,

enquanto que, de meados de abril em diante, as limitações seriam impostas pelas condições de baixas temperaturas. A retomada do crescimento se deve aos aumentos da temperatura a partir de agosto. Finalmente, é importante destacar que o padrão de crescimento não é modificado pela irrigação ou pela remoção de frutos, ainda que essas plantas apresentem, normalmente, maiores taxas de crescimento (Alves & Livramento, 2003).

## **2.2 Desenvolvimento vegetativo do sistema radicular**

O sistema radicular de plantas terrestres exerce duas funções primárias. A primeira é a extração de água e de íons do solo e a segunda é a ancoragem da planta no substrato ou no solo em que ela esta se desenvolvendo. Outras funções incluem reserva de carboidratos, síntese de fitormônios, propagação e dispersão; mas, neste caso, estas atividades são consideradas como funções secundárias (Stotzky, 1972). Neste contexto, o estudo do sistema radicular das plantas é difícil e laborioso e, por esta razão, existem poucos trabalhos sobre morfologia, fisiologia e distribuição radicular desse órgão de importância vital para as plantas.

Para cafeeiros, o estudo do sistema radicular é de especial importância, uma vez que existe um consenso que raízes profundas, bem ramificadas e distribuídas são essenciais para a formação de plantas produtivas (Rena, 2000). O conhecimento destas características pode orientar tanto pesquisadores quanto produtores nas práticas que são adotadas nas lavouras, como adubações, aplicações de inseticidas e fungicidas, escolha de espaçamentos de plantio, irrigação, cultivos intercalares e arborização (Morales & Beer, 1998).

O desenvolvimento geral do sistema radicular dos cafeeiros é influenciado por diversos fatores. Dentre eles: cultivar, idade da planta, carga de frutos, intensidade do ataque de pragas e doenças, tipos e intensidades de poda,

métodos de cultivo, tipo e a fertilidade do solo e umidade e da localização dessa no solo (Rena & Maestri, 1986).

Dentre os trabalhos com raízes de cafeeiros, alguns permitem sugerir que a morfologia básica de um sistema radicular seja formada por:

a) *raiz pivotante*: pouco desenvolvida, uma vez que as raízes de mudas de café, no momento do plantio, apresentam-se enoveladas no fundo do saquinho, levando ao desenvolvimento do pião-torto. Para eliminar esta anomalia, recomenda-se o corte do fundo do saquinho, eliminando-se os primeiros centímetros da raiz principal ou pivotante. Esta prática, no entanto, provoca a perda da dominância apical da raiz pivotante, atrofiando-a e induzindo-a a emitir ramificações ou bifurcações. Por esse motivo, a raiz pivotante do cafeeiro quase nunca ultrapassa os primeiros 45 cm do solo. Entretanto, quando as sementes de café são semeadas diretamente em solo, com boas características químicas e físicas, a raiz pivotante pode atingir cerca de 1,5 m de comprimento. Planta de café com raiz pivotante com cerca de 1,5 m de comprimento foi identificada em lavouras antigas, nas quais as sementes foram semeadas diretamente em solo, com boas características químicas e físicas;

b) *raízes laterais*: são as ramificações da raiz principal com as seguintes variações:

- *axiais*: em número de dois a seis, que se desenvolvem logo abaixo do tronco e verticalmente no solo. Embora a profundidade normal dessas raízes seja de 2,0 metros, aproximadamente, elas, dependendo das condições, podem alcançar até 4,0 metros;

- *laterais de superfície*: são representadas por aquelas raízes que crescem paralelamente à superfície do solo, chegando a atingir até 2,0 metros de comprimento. Em função de sua elevada capacidade de crescimento, raízes de plantas adjacentes, comumente, se entrelaçam, chegando até mesmo a ultrapassar o eixo da planta vizinha. Esse tipo de raiz possui, em maior grau que

as axiais, grande capacidade de lançamento de raízes terciárias e de ordem superior, que se concentram na região correspondente à projeção da copa (Alves & Livramento, 2003).

Quanto à distribuição do sistema radicular, a maioria dos trabalhos é clara ao elucidar que, em média, mais de 80% do total do sistema radicular foi encontrado nos primeiros 50 cm de profundidade (Alves & Livramento, 2003; Rena et al., 1998; Cassidy & Kumar, 1984; Garriz, 1978; Huxley & Turk, 1976; Huxley et al., 1974; Inforzato & Reis, 1974; Bull, 1963; Suarez de Castro, 1960; Saiz del Rio et al., 1961; Franco & Inforzato, 1946; Guiscafré-Arrilaga & Gómez, 1942 e Nutman, 1934). Entretanto, em seus trabalhos de campo, no município de São Sebastião do Paraíso, Alves & Livramento (2003) observaram maior concentração de raízes nas primeiras camadas de solo. Também foi possível observar que a profundidade do mesmo facilmente ultrapassou os 2 metros e que não existe uma camada limite entre o crescimento de raízes de plantas vizinhas e, sim, um entrelaçamento, formando uma malha contínua entre as raízes. Este fato sugere que as adubações, no sistema em renque, possam ser feitas ao longo da projeção da copa, em área contínua.

### **2.3 Relação parte aérea e raiz de cafeeiros**

Existe grande interdependência entre os processos fisiológicos que ocorrem na parte aérea e raízes (Klepper, 1991). Em cafeeiros, as raízes são centros obrigatórios de importação de fotoassimilados. Em consequência, a produção e a disponibilidade de carboidratos na parte aérea são fundamentais para o crescimento adequado das raízes. Quando a produção de fotoassimilados está acima do exigido para o crescimento, as raízes podem armazenar carboidrato, na forma de amido. Entretanto, em situações normais, quando a planta está em processo vegetativo e de desenvolvimento de frutos, pode-se estabelecer uma competição entre os órgãos da plantas, o que poderá resultar em



um esgotamento das reservas e na paralisação do crescimento das raízes, em virtude de serem considerados drenos mais fracos (Castro et al., 1987).

A parte aérea de cafeeiros é fonte de todos os compostos orgânicos e as raízes, a fonte principal de nutrientes, água e fitormônios, indispensáveis ao crescimento normal da planta como um todo (Kramer & Boyer 1995). Durante os ciclos de desenvolvimento do cafeeiro, em condições normais de crescimento, frações específicas de metabólitos são dirigidas às raízes e à parte aérea. Entretanto, se houver qualquer distúrbio em um desses órgãos, a planta inicia um processo que é chamado de crescimento compensatório. Então, novas correlações são estabelecidas, sendo dirigidas por fitormônios sintetizados tanto na parte aérea quanto na raiz. Portanto, o crescimento adequado das plantas depende de um equilíbrio no crescimento e na função entre raízes e na parte aérea, de forma que não haja limitações na contribuição de substâncias essenciais (Rena 2000).

Um exemplo típico da interdependência entre os dois órgãos é o efeito da poda tipo recepa sem pulmão, na morte de raízes de cafeeiro. Alves e Livramento (2003) mostraram o efeito desta prática sobre a morte de raízes de maiores ordens no cafeeiro. Na ausência total da parte aérea (recepa sem pulmão), o sistema radicular, sendo a única fonte de carboidratos para sustentar o crescimento e o desenvolvimento de uma nova parte aérea, que funciona como um dreno, comporta-se como uma fonte. Alguns meses após a poda, esgotam-se as reservas orgânicas e ocorre a morte pronunciada de grande parte das raízes absorventes, permanecendo, no entanto, as mais grossas, notadamente aquelas com diâmetro acima de 1,0 cm.

Com o passar do tempo, a parte aérea se recompõe e, com o novo enfolhamento, passa a realizar fotossíntese na sua máxima capacidade e volta a comportar-se como fonte de carboidratos, suprimindo o sistema radicular que, neste caso, atuará como dreno. A partir daí, novas radículas serão formadas,

recompondo, depois de alguns meses, um novo sistema radicular (Alves & Livramento, 2003).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Condições experimentais e tratamentos utilizados**

O ensaio foi conduzido de julho de 2004 a dezembro de 2005, em viveiro permanente, localizado no Setor de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG, sob condições de sombreamento, com a utilização de sombrite (50% de luminosidade), durante todo o período de avaliação. Foram utilizadas 25 cultivares de café (Quadro 1), cultivadas em sacos plásticos com capacidade de 45 litros ( $\varnothing = 35\text{cm} \times h = 60\text{cm}$ ). O substrato utilizado foi constituído de uma mistura de terra + adubo orgânico + adubo químico, na proporção de 700 litros de terra + 300 litros de esterco de curral + 4,0 kg de superfosfato simples + 0,5 kg de cloreto de potássio. Foram semeadas 2 sementes/saco, tendo, após o aparecimento do primeiro par de folhas, sido feito o desbaste, mantendo-se apenas 1 planta/saco. Os tratamentos foram constituídos pela combinação das 25 cultivares com a idade de avaliação (fatorial 25 x 3) e dispostos em um delineamento em blocos casualizados, sendo cada repetição constituída de 4 plantas.

Os tratos culturais, a irrigação, o controle de ervas daninhas, pragas e doenças, bem como as adubações de macro e micronutrientes minerais, via solo e foliar, foram realizados de acordo com o calendário agrícola da cultura.

**QUADRO 1** Agrupamentos das cultivares de cafeeiros, segundo o porte e a resistência à ferrugem

<i>Cultivar</i>	<i>Porte</i>		<i>Resistência à Ferrugem</i>
	<i>Alto</i>	<i>Baixo</i>	
M. Novo 379/19	X		
Icatu 3282	X		X
Acaiá Cerrado	X		
Icatu 3686	X		
Bourbon LCJ 6	X		
Bourbon 100anos	X		
Mundo Novo376/4	X		
Acaiá 474/19	X		
Araponga		X	X
Catiguá		X	X
Obatã		X	X
Paraíso		X	X
Pau Brasil		X	X
Sacramento		X	X
Palma II		X	X
Acauã		X	X
Catucaí 6-30		X	X
Catucaí 2 SL		X	X
Rubi		X	
Topázio		X	
IAC44		X	
IAC 62		X	
IAC 15		X	
IAC 99		X	
<b>IAC 144</b>		X	

### **3.2 Avaliações realizadas**

Nos períodos de 6, 12 e 18 meses após a semeadura, as plantas foram coletadas e divididas em parte aérea e em raízes. A parte aérea, por sua vez, foi dividida em folhas (F), caule e ramos (C,R) e as raízes em três grupos, de acordo com a profundidade estudada, de 0-20cm (R1), 20-40cm (R2) e 40-60 cm (R3). Após a separação dos componentes da plantas, realizaram-se as seguintes avaliações: massa seca, teor de açúcares solúveis totais e amido. A massa seca foi mensurada em todos os componentes da planta e os teores de açúcares solúveis totais e amido, somente nas raízes e folhas.

#### **3.2.1 Determinação da massa seca**

A determinação da massa seca foi realizada em cada parte da planta (folhas, ramos, caule principal e raiz), pelo método da estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 75°C. As raízes foram previamente lavadas para a retirada completa de resíduos de substrato.

#### **3.2.2 Análise de açúcares solúveis totais e amido**

Para as análises de açúcares solúveis totais e amido, 0,5 g de massa fresca de cada amostra foi homogeneizada em almofariz à temperatura ambiente. A homogeneização foi feita com 15 mL de água, tendo 5 mL sido utilizados para a lavagem. O extrato obtido foi posteriormente levado ao banho-maria, a 40°C, com agitação, durante uma hora. Posteriormente, realizou-se somente uma centrifugação, a 3000 x g, por vinte minutos. O sobrenadante obtido teve seu volume final ajustado para 20 mL e dele foram retiradas alíquotas para a quantificação dos açúcares solúveis totais pelo método da antrona (Dische, 1962).

Para a quantificação do amido, o precipitado foi homogeneizado com 15 mL de tampão acetato de potássio 0,1M, pH 4,8 e colocado em banho-maria, por

quinze minutos. Em seguida, foram adicionados 2 mL do preparado da enzima amiloglucosidase, contendo 12,6 unidades da enzima em cada amostra e colocado para incubar, em banho-maria, por 2 horas, a 40°C. Posteriormente, o extrato foi centrifugado a 3000 g, por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado e seu volume final ajustado para 20 mL, quando, então, foram retiradas alíquotas para a quantificação do amido pelo método da antrona. Para a quantificação, tanto de açúcares solúveis totais como do amido, foi utilizada uma curva padrão de glicose.

### **3.3 Análise estatística**

Os dados coletados foram submetidos a análises multivariadas de correlações canônicas, análise de variância multivariada (MANAVA), “clusters” e discriminante ( $p < 0,05$ ).

Para as correlações canônicas, foram avaliados os efeitos de correlação entre os grupos de:

1. variáveis de acúmulo de massa seca (raízes nas três profundidades amostradas: R1: 0 a 20 cm; R2: 20 a 40 cm e R3: 40 a 60cm; caule e ramos: C, R e folhas: F) com variáveis bioquímicas (açúcares solúveis totais de folha: ASTF; amido de folha – AmF; açúcares solúveis totais de raízes – ASTR e amido de raízes – AmR);
2. variáveis bioquímicas de parte aérea (ASTF e AmF) com variáveis bioquímicas de raiz (ASTR e AmR);
3. variáveis de acúmulo de massa seca de parte aérea (C,R e F) com variáveis de acúmulo de massa seca de raiz (R1, R2 e R3);
4. variáveis bioquímicas de parte aérea (ASTF e AmF) com variáveis de acúmulo de massa seca de raiz (R1, R2 e R3);
5. variáveis de acúmulo de massa seca de parte aérea ( C R e F) com variáveis bioquímicas de raiz (ASTR e AmR);

6. variáveis de acúmulo de massa seca total de parte aérea (caule, ramos e folhas - CT) com variáveis bioquímicas de raiz (ASTR e AmR).

Uma vez realizados os testes de significância para conjunto de variáveis, foram construídas as combinações lineares, a partir destas variáveis canônicas. As análises multivariadas de MANOVA, clusters e discriminante foram realizadas apenas para as correlações significativas entre os grupos de variáveis canônicas. Essas análises foram realizadas com auxílio do sistema SAS<sup>®</sup> (SAS Institute, 1995).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo estudo de correlações canônicas, observou-se que, para os grupos analisados, variáveis de massa seca de parte aérea (caule/ramos – C,R e folhas – F) com variáveis de acúmulo de massa seca de raiz (R1, R2 e R3) (Tabela 1) e variáveis de acúmulo de massa seca de parte aérea (caule/ramos – C,R e folhas – F) com variáveis bioquímicas de raiz (ASTR e AmR) (Tabela 2), houve correlação significativa, entre grupos, de 0,75 ( $p < 0,0001$ ) e 0,25 ( $p < 0,0168$ ), respectivamente. Portanto, existe alta correlação de componentes de crescimento de parte aérea com crescimento de raízes de cafeeiros (Tabela 1). Apesar da menor correlação entre os grupos de variáveis de massa seca de parte aérea e variáveis bioquímicas de raiz, a mesma foi significativa, a de 5% de probabilidade. Nesse caso, sugere-se uma inter-relação do metabolismo de carboidratos no sistema radicular, no âmbito do acúmulo ou da utilização com o crescimento de parte aérea.

**TABELA 1** Correlações canônicas para o grupo formado pelas variáveis de acúmulo de massa seca de parte aérea (C,R e F) versus grupo formado pelas variáveis da análise de acúmulo de massa seca de raiz em gramas (R1, R2 e R3) – correlação canônica n<sup>o</sup> 3.

Variáveis originais	Variáveis canônicas de raízes		Variáveis canônicas de parte aérea	
	*V1	V2	**W1	W2
R1	0,9858	-0,0040	0,7399	-0,0006
R2	0,8823	0,2584	0,6622	0,0405
R3	0,6438	0,7417	0,4832	0,1163
CR	0,7499	0,0066	0,9991	0,0418
F	0,2095	0,1506	0,2792	0,9602

$$* V1 = 0,8120 R1 + 0,2991 R2 - 0,0998 R3$$

$$** W1 = 1,0132 CR - 0,0441 F$$



- Correlação canônica entre V1 e W1 é de 0,7506 ( $p < 0,0001$ ), e V2 e W2 é de 0,2503 ( $p < 0,0168$ )

Neste caso, avaliando-se as possíveis relações lineares entre os conjuntos de variáveis (parte aérea e raiz), nota-se que o crescimento de raízes foi fortemente influenciado pelas raízes localizadas nos primeiros 20 cm de profundidade, seguidas pelas raízes localizadas a 40 e 60 cm. Esse comportamento de uma maior concentração de raízes nos primeiros 20 cm de profundidade está em conformidade com o relatado por diversos autores (Alves & Livramento, 2003; Rena et al., 1998; Cassidy & Kumar, 1984; Garriz, 1978; Huxley & Turk, 1976; Huxley et al., 1974; Inforzato & Reis, 1974; Bull, 1963; Suarez de Castro, 1960; Saiz del Rio et al., 1961; Franco & Inforzato, 1946; Guiscafré-Arrilaga & Gómez, 1942; Nutman, 1934). Normalmente, em condições de campo, observa-se um acúmulo de raízes nas camadas superficiais do solo, provavelmente em função de adubações localizadas e maior concentração de nutrientes de menor mobilidade no solo, como o P e K. Entretanto, no presente trabalho, o adubo foi misturado em todo o volume do solo, uniformizando a fertilidade ao longo da profundidade.

Dessa forma, é muito difícil falar em um sistema radicular ideal para cafeeiro, já que o mesmo é bastante plástico e varia em função da combinação de fatores relacionados à genética da planta e às condições de solo (fertilidade, arejamento, estrutura, declividade), bem como o sistema de cultivo adotado e o ataque de pragas e doenças.

A interdependência fisiológica entre o sistema radicular e a parte aérea da planta (Klepper, 1991) também foi notada neste estudo, para cafeeiros. Neste contexto, as folhas participam fornecendo todos os compostos orgânicos primordiais para o desenvolvimento e as raízes, como fonte principalmente de nutrientes minerais, água e fitormônios, todos indispensáveis para o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Kramer & Boyer, 1995). A interdependência

do sistema tronco/raízes em cafeeiros também foi demonstrada por Cannell (1971). Parece que esta resposta é resultante do somatório de fatores genéticos, ambiente e estágio de desenvolvimento do cafeeiro, e qualquer alteração na razão massa da parte aérea/massa das raízes também pode alterar a razão entre a aérea externa destes órgãos. Assim, taxas de crescimento de parte aérea maiores podem ser favorecidas pelo sistema radicular (Rena & Guimarães, 2000).

Para o estudo de correlação canônica de variáveis de massa seca de parte aérea (caule/ramos – CR e folhas – F), com variáveis bioquímicas de raiz (ASTR e AmR), observa-se que (Tabela 2), apesar da baixa correlação (0,2587), novamente fica evidenciada a interdependência dos processos de crescimento da parte aérea com o da raiz. Isso porque as plantas de café apresentavam parte aérea vigorosa, o que sugere não haver limitações, do ponto de vista fisiológico, no fornecimento de carboidratos e, em contrapartida, o fornecimento de água, sais minerais e fitormônios também não foi comprometido (Kramer & Boyer, 1995). Ainda pelos dados da Tabela 2, observa-se que a correlação entre características de crescimento de parte aérea e os teores de carboidratos de raízes foi inversa, sugerindo que pode ter ocorrido uma mobilização de carboidratos das raízes para os tecidos de sustentação da parte aérea prioritariamente.

**TABELA 2** Correlações canônicas para o grupo formado pelas variáveis de acúmulo de massa seca de parte aérea, em gramas (CR e F) X o grupo formado pelas variáveis bioquímicas da raiz, em mg/g massa fresca (ASTR e AmR).

Variáveis originais	Variáveis canônicas de raízes		Variáveis canônicas de parte aérea	
	*V1	V2	*W1	W2
CR	-0,9757	0,2192	-0,2524	0,0245
F	-0,1036	0,9946	-0,0268	0,1110
ASTR	0,0542	0,1091	0,2095	0,9778
AmR	0,2572	0,0122	0,9940	0,1091

$$* V1 = - 1,0495 CR + 0,2312 F$$

$$* W1 = - 0,1150 ASTR + 1,0302 AmR$$

- Correlação canônica entre V1 e W1 é de 0,2587 (p=0,0168)

Avaliando-se as relações lineares, observa-se que o teor de amido nas raízes foi a característica que mais influenciou positivamente a massa seca de folhas e caules e ramos (0,99), sugerindo um efeito de dependência com os processos fotossintéticos da parte aérea, expresso em crescimento. Os teores de carboidratos das raízes foram influenciados tanto pelo crescimento de caule como de ramos e folhas, entretanto, de maneira inversa. Neste caso, é importante notar que o acúmulo de massa seca de folhas influenciou de forma positiva os teores de carboidratos nas raízes, ao contrário do crescimento de estruturas de sustentação. Este fato mostra que o crescimento da parte aérea, conseqüentemente maior área fotossintética, promoveu um maior fornecimento de compostos orgânicos que serviu tanto para manter o crescimento da parte aérea quanto para a estocagem na forma de amido nas raízes. Cafeeiros mantêm certa razão sustentável de crescimento entre sistema radicular e a copa do cafeeiro, o que, para determinado genótipo e ambiente, há frações específicas de metabólitos que são dirigidas a estas partes (Rena, 2000).

Pelas duas relações lineares, nota-se que o crescimento de parte aérea, no caso, principalmente as folhas e os teores de carboidratos das raízes, na forma de amido, está de associado ao comportamento normal de cafeeiros, ou seja, as

taxas de crescimento da parte aérea são favorecidas, relativamente ao sistema radicular, pelo aumento da disponibilidade de água e sais minerais e algum composto orgânico que possa contribuir para o crescimento normal de ambas as partes (Rena, 2000). Em contrapartida, raízes de cafeeiros são centros obrigatórios de importação de fotoassimilados (Castro et al., 1987).

Para se avaliar as possíveis diferenças entre as variáveis analisadas em função da época de avaliação, foi realizada a análise de variância multivariada (MANAVA), orientada pelas correlações canônicas significativas.

Nas características de crescimento de parte aérea (folhas - F, caules e ramos - C,R) e raízes (R1, R2 e R3), observou-se que houve efeito significativo para variedade e épocas, não havendo efeito significativo para a interação variedade x época (Tabela 3).

**TABELA 3** Análise de variância multivariada para as características de crescimento de raiz e da parte aérea, para as fontes de variação: cultivares, idade e a interação cultivares \* idade.

FV	Crítérios	Estatística	F	GL	Pr >F
Bloco	Wilks	$\Lambda=0,6148$	7,93	V1 = 10 V2 = 288	<0,0001
	Traço de Pillai	V=0,4072	7,41	V1 = 10 V2 = 290	<0,0001
	Traço de Hotelling	U=0,5906	8,45	V1 = 10 V2 = 213,27	<0,0001
	Raiz máxima de Roy	$\Theta= 0,5219$	15,13	V1 = 5 V2 = 145	<0,0001
Cultivar	Wilks	$\Lambda=0,2562$	1,90	V1 = 120 V2 = 712	<0,0001
	Traço de Pillai	V=1,0956	1,73	V1 = 120 V2 = 740	0,0002
	Traço de Hotelling	U=1,7653	2,09	V1 = 120 V2 = 712	<0,0001
	Raiz máxima de Roy	$\Theta= 1,0523$	6,19	V1 = 24 V2 = 150	<0,0001
Idade	Wilks	$\Lambda= 0,2672$	26,92	V1 = 10 V2 = 288	<0,0001
	Traço de Pillai	V=0,7953	19,15	V1 = 10 V2 = 290	<0,0001
	Traço de Hotelling	U=2,5084	35,87	V1 = 10 V2 = 286	<0,0001
	Raiz máxima de Roy	$\Theta=2,4114$	59,48	V1 = 5 V2 = 147	<0,0001
C * I	Wilks	$\Lambda=0,2422$	0,99	V1 = 240 V2 = 722	0,5240
	Traço de Pillai	V=1,6516	0,98	V1 = 240 V2 = 712	0,5690
	Traço de Hotelling	U=1,2279	1,04	V1 = 240 V2 = 740	0,4790
	Raiz máxima de Roy	$\Theta=0,4454$	1,18	V1 = 48 V2 = 150	0,2210

Todos os critérios utilizados rejeitaram a hipótese de igualdade dos vetores de efeitos de variedade e época ( $p < 0,05$ ) e indicaram não existir interação entre esses fatores.

Portanto, quando se analisa a interdependência do processo de acúmulo de massa seca entre os órgãos (parte aérea e raiz) em função da idade das plantas, observa-se que não há interação entre esses fatores. Neste caso, houve diferença estatística entre as cultivares estudadas, independente da época avaliada. A conformação do sistema radicular depende, em primeiro lugar, da sua constituição genética e, depois, dos fatores de solo, fertilidade, teor de umidade, arejamento e resistência do solo, entre outros (Fournier, 1988).

Neste estudo, observou-se que existiu diferença entre as cultivares quanto à quantidade de raízes produzidas, mas a distribuição, ao longo do tempo, praticamente não se alterou entre elas. Garriz (1978), trabalhando com sistemas radiculares de cafeeiros de 24 anos de idade, observou que a concentração de raízes foi superior na cultivar Bourbon em comparação ao Típica e Pluma Hidalgo. A autora não observou, neste estudo, diferença quanto à configuração espacial das raízes.

Para a análise multivariada entre o comportamento das características de crescimento da parte aérea e os teores de carboidratos das raízes (Tabela 4), observa-se que houve diferença significativa para cultivares, épocas e um efeito de interação entre a idade das plantas e cultivar, para todos os critérios utilizados. Esta dependência, agora do fator sazonalidade, é explicada para cafeeiros, nos quais a taxa de crescimento é maior em certos períodos (Rena, 2000; Castro et al., 1987). O crescimento radicular também pode ocorrer sob estações chuvosas e, em outros casos, quando a umidade do solo não está tão alta para certas condições.

**TABELA 4** Análise de variância multivariada para as características de crescimento de parte aérea e características bioquímicas de raiz para as fontes de variação cultivares, idade e a interação cultivares \* idade.

FV	Crítérios	Estatística	F	GL	Pr >F
Bloco	Wilks	$\Lambda=0,6753$	7,86	V1 = 8 V2 = 290	<0,0001
	Traço de Pillai	V=0,3255	7,09	V1 = 8 V2 = 292	<0,0001
	Traço de Hotelling	U=0,4797	8,64	V1 = 8 V2 = 288	<0,0001
	Raiz máxima de Roy	$\Theta= 0,4773$	17,42	V1 = 4 V2 = 146	<0,0001
Cultivar	Wilks	$\Lambda=0,2287$	2,71	V1 = 96 V2 = 576	<0,0001
	Traço de Pillai	V=1,1621	2,53	V1 = 96 V2 = 592	<0,0001
	Traço de Hotelling	U=1,9429	2,90	V1 = 96 V2 = 574	<0,0001
	Raiz máxima de Roy	$\Theta= 1,0296$	6,35	V1 = 24 V2 = 148	<0,0001
Idade	Wilks	$\Lambda= 0,2158$	41,78	V1 = 8 V2 = 290	<0,0001
	Traço de Pillai	V=0,8214	25,44	V1 = 8 V2 = 292	<0,0001
	Traço de Hotelling	U=3,4602	62,28	V1 = 8 V2 = 288	<0,0001
	Raiz máxima de Roy	$\Theta=3,4095$	124,45	V1 = 4 V2 = 146	<0,0001
C * I	Wilks	$\Lambda=0,2033$	1,49	V1 = 192 V2 = 581	<0,0001
	Traço de Pillai	V=1,2799	1,45	V1 = 192 V2 = 592	<0,0001
	Traço de Hotelling	U=2,0422	1,53	V1 = 192 V2 = 574	<0,0001
	Raiz Máxima de Roy	$\Theta=0,9664$	2,98	V1 = 48 V2 = 148	<0,0001

Todos os critérios utilizados rejeitaram a hipótese de igualdade dos vetores de efeitos de variedade e época ( $p < 0,05$ ) e indicaram existência de interação entre esses fatores.

Uma vez verificadas as correlações existentes entre as variáveis canônicas e realizada a análise multivariada, foi feito um estudo de discriminante com o objetivo de agrupar as cultivares em grupos semelhantes, também direcionados pelas correlações canônicas, que foram significativas.

Para este estudo, observou-se que as características de massa seca de parte aérea e raízes formaram dois grupos semelhantes, ou seja, com o mesmo comportamento de crescimento, levando em consideração todas as características estudadas: raízes em três profundidades (R1, R2, R3) e parte aérea (caule/ramos e folhas) (Tabela 5). A análise do grupo 1 mostra que as cultivares de porte alto, predominantemente, foram localizadas neste grupo, influenciadas, principalmente, pelo componente de raízes crescidas nos primeiros 20 cm de profundidade (R1), e pelos ramos e caules.

Para o grupo 2, nota-se que as cultivares de porte baixo, predominantemente, foram inseridas neste grupo. O crescimento de raízes, nos primeiros 20 cm de profundidade, também foi diferente ao crescimento em outras profundidades, mas não tão proeminente quanto para as cultivares de porte alto. Um aspecto interessante notado é que as cultivares de porte alto investem mais em crescimento nas raízes nos primeiros 20 cm, ao contrário das cultivares de porte baixo.

As características de parte aérea foram mais equilibradas entre as partes analisadas, caule/ramos e folhas, quando comparadas com as do grupo de porte baixo. Na análise de massa seca de folhas entre os dois grupos, observa-se que o comportamento deles foi semelhante, independente do porte da variedade. Entretanto, ao se analisar a massa seca das estruturas de sustentação da folhagem, para as cultivares de porte alto, observam-se maiores para estas, quando comparadas com as cultivares de porte baixo. Vale ressaltar que esse comportamento também é verificado no campo.



Em cafeeiros, por se tratar de uma cultura perene, este tipo de comportamento enquadra a espécie no tipo acumulativo, quanto à forma de vida e à utilização de fotoassimilados. Isso, principalmente, para as cultivares de porte mais elevado, cujas plantas utilizam grandes quantidades de fotoassimilados na construção de tecidos de sustentação e dos tecidos condutores nos primeiros anos de vida (Larcher, 2000). Apesar de a variedade Catucaí 2SL estar inserida no grupo 1, esta é uma variedade de porte baixo e resistente à ferrugem. Entretanto, a característica de acúmulo de massa seca para caules e ramos foi mais semelhante para o grupo de porte alto, apesar de as outras variáveis analisadas serem semelhantes às cultivares inserida no grupo 2.

**TABELA 5** Grupos de cultivares, em função das características do acúmulo de massa seca (gramas) de raízes (R1, R2, R3) e parte aérea (C,R e F).

CULTIVAR	Grupo	Porte*	Resist**	R1	R2	R3	CR	F
M.N.379/19	1	A	Não	11,86	4,26	3,41	36,09	25,32
Catucaí 2SL	1	B	Sim	9,01	3,33	3,02	31,91	27,83
Icatu 3282	1	A	Sim	13,12	4,92	3,61	35,81	27,75
Acaiá Cerrado	1	A	Não	12,42	5,01	3,03	38,18	26,21
Icatu 3686	1	A	Não	10,40	4,44	2,84	28,34	23,79
Bourbon LCJ 6	1	A	Não	11,70	4,65	2,99	38,76	22,26
B. 100 anos	1	A	Não	8,98	3,97	3,23	34,87	20,44
M.N. 376/4	1	A	Não	10,68	4,47	3,87	36,45	22,58
Acaiá 474/19	1	A	Não	13,69	4,88	3,54	40,36	30,28
Araponga	2	B	Sim	9,78	4,21	4,43	24,78	25,87
Catiguá	2	B	Sim	7,92	3,29	2,67	24,18	25,58
Topázio	2	B	Não	7,62	2,88	3,14	22,02	26,35
Palma II	2	B	Sim	8,09	3,19	3,88	23,79	26,70
IAC 62	2	B	Não	10,12	3,73	2,65	23,14	21,79
IAC 15	2	B	Não	8,47	4,05	4,93	22,20	30,99
IAC 99	2	B	Não	9,80	5,85	4,15	24,16	30,05
Obatã	2	B	Sim	7,92	3,90	3,66	21,77	29,06
Acauã	2	B	Sim	8,16	3,77	4,05	22,40	28,02
IAC 144	2	B	Não	9,19	4,31	4,40	22,44	29,19
Catucaí 6-30	2	B	Sim	6,04	2,99	2,14	19,91	25,10
Paraíso	2	B	Sim	6,53	2,66	2,25	16,03	23,27
Rubi	2	B	Não	5,59	2,43	2,38	14,96	22,24
IAC44	2	B	Não	6,50	3,16	3,12	16,64	25,62
Pau Brasil	2	B	Sim	5,12	2,46	2,23	13,05	24,63
Sacramento	2	B	Sim	4,66	1,73	1,75	13,46	23,14

R1 = raízes na profundidade 0 a 20 cm, R2 = raízes na profundidade 20 a 40 cm, R3 = raízes na profundidade 40 a 60 cm, C,R = caule e ramos, F = folhas.

\*Porte : Alto (A) ; Baixo (B)

\*\* Resistência à ferrugem

A análise de agrupamento para massa seca de parte aérea (CR e F) e teores de carboidratos das raízes (ASTR e AmR) mostrou a formação de três grupos de semelhança, em função das idades estudadas e das cultivares (Tabelas, 6,7 e 8). Observa-se que, aos 6 meses de idade, as cultivares de porte baixo, à exceção da cultivar Mundo Novo 376/4 (porte alto), foram agrupadas separadamente das cultivares de porte alto (grupo 3) (Tabela 1). No grupo 1, notou-se a presença predominante de cultivares resistentes à ferrugem, enquanto, no grupo 2, a predominância é de cultivares de porte baixo, susceptíveis à ferrugem. Ainda analisando os resultados do grupo 1, os valores de massa seca para caule e ramos foram menores, quando comparados com os outros grupos, o mesmo acontecendo para folhas. Para as cultivares de porte baixo e susceptíveis à ferrugem, observa-se efeito inverso, tendo os valores de massa seca de caule e ramos sido superior aos das cultivares de porte baixo resistente e inferior às cultivares de porta alto (grupo 3). Para o acúmulo de massa seca nas folhas, os valores foram maiores para as cultivares de porte alto, seguidas pelas de porte baixo, susceptíveis à ferrugem e de porte baixo resistentes.

Analisando-se as características bioquímicas de raiz, entre os três grupos, os teores de açúcares totais, globalmente, apresentaram valores semelhantes entre as cultivares e dentro dos níveis adequados para cafeeiros (Pereira, 2004). Para os teores de amido, as cultivares de porte baixo não resistentes à ferrugem e de porte alto, globalmente, apresentaram teores de amido superiores, fato este que as discriminaram entre si, e em grupos diferentes do grupo 1. A presença de um maior teor de amido nestas cultivares (grupo 2 e 3), possivelmente, é reflexo de um maior desenvolvimento dos órgãos fotossintetizantes. Para cafeeiros, a manutenção de um bom enfolhamento durante todo o ano fornece carboidratos em quantidade adequada para garantir um bom desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, uma vez que a fotossíntese corrente exerce um papel mais importante que as reservas de carboidratos da

planta (Carvalho, 1985). Neste estudo, como se trata de plantas jovens, é possível que a fotossíntese produza quantidade suficiente de fotoassimilados que possam ser empregados em crescimento e ou em armazenamento em raízes.

Provavelmente, esta maior reserva de carbono nas raízes, associada à parte aérea, tenha contribuído para que as plantas de porte alto apresentassem maiores valores de massa seca de raízes, quando comparadas com as outras cultivares (Tabela 5).

**TABELA 6** Grupos de cultivares em função das características de crescimento de parte aérea (gramas) e bioquímica (AST e amido – mg/g massa fresca) de raiz, 6 meses após plantio.

CULTIVAR	Grupo	Porte*	Resist**.	CR	F	ASTR	AmR
Rubi	1	B	Não	7,38	14,05	6,64	1,20
Araponga	1	B	Sim	7,53	15,30	7,91	1,22
Catucaí 2SL	1	B	Sim	7,73	15,47	11,22	1,46
Acauã	1	B	Sim	7,53	14,98	9,11	1,14
Catucaí 6-30	1	B	Sim	7,67	14,07	7,65	1,25
Paraíso	1	B	Sim	9,56	16,23	10,52	1,35
Pau Brasil	1	B	Sim	8,55	17,48	10,45	1,12
Catiguá	1	B	Sim	8,83	17,80	10,25	1,18
Palma II	1	B	Sim	10,97	16,90	8,48	1,32
Sacramento	1	B	Sim	8,07	17,05	9,07	1,23
M. N. 376/4	1	A	Não	12,51	12,78	10,70	1,29
IAC 44	2	B	Não	10,55	20,29	9,09	1,52
Topázio	2	B	Não	9,97	19,39	6,67	1,24
Obatã	2	B	Sim	10,07	20,57	12,47	1,54
IAC 62	2	B	Não	9,30	19,62	7,26	1,77
IAC 15	2	B	Não	13,51	26,72	10,38	1,28
IAC 99	2	B	Não	13,63	27,13	7,86	1,13
IAC 144	2	B	Não	12,31	21,91	9,04	1,44
Icatu 3686	3	A	Sim	18,77	20,24	8,82	1,05
Icatu 3282	3	A	Sim	16,62	19,94	8,44	1,75
Acaiá Cerrado	3	A	Não	20,04	19,95	10,93	1,62
B. 100 anos	3	A	Não	20,23	19,45	7,62	1,66
M. N. 379/19	3	A	Não	14,40	14,96	7,89	1,31
Bourbon LCJ 6	3	A	Não	18,31	14,70	11,03	1,42
Acaiá 474/19	3	A	Não	15,99	18,17	11,43	1,40

CR = caule e ramos, F = folhas, ASTR = açúcares solúveis totais de raízes, amido de raízes.

\*Porte : Alto (A) ; Baixo (B)

\*\* Resistência à ferrugem

Nas plantas aos 12 meses de idade, nota-se que o número de agrupamentos foi mantido, entretanto, ocorreram algumas alterações, possivelmente em virtude da idade. Neste caso, houve um agrupamento geral das plantas de porte baixo no grupo 2, mais generalizado, incluindo variedades resistentes e não resistentes. Esta inclusão das plantas resistentes à ferrugem no grupo 2 foi em virtude de os valores de massa seca de folhas, conforme observado na Tabela 6 e do conseqüente aumento nos teores de amido radicular, à exceção da variedade Catucaí 6-30. A saída das cultivares Icatu 3686 e Bourbon 100 anos do grupo 3, que é um grupo com características de plantas de porte alto, foi devido ao fato de os valores de massa seca de caule, ramos e folhas não terem acompanhado aos valores do referido. Entretanto, os teores de açúcares solúveis totais e de amido do grupo 1 foram considerados semelhantes aos dos grupos 2 e 3.

Após 6 meses, é considerável o ganho de massa seca das cultivares resistentes à ferrugem, ao ponto de alcançar valores semelhantes aos das cultivares não resistentes (grupo 2). Ainda nesta época, nas cultivares de porte alto, à exceção das supracitadas, a quantidade de acúmulo de massa seca continuou a aumentar, para caule e ramos, entretanto, em maior intensidade para folhas, quando comparada com os seis primeiros meses.

**TABELA 7** Grupo de cultivares em função das características de crescimento de parte aérea e bioquímica (AST e amido – mg/g massa fresca) de raiz, 12 meses após plantio.

CULTIVAR	GRUPO	Porte*	Resist**	CR	F	ASTR	AmR
Icatu 3686	1	A	Sim	28,18	24,29	10,54	1,72
Palma II	1	B	Sim	26,75	25,97	10,55	1,63
B. 100 Anos	1	A	Não	24,98	15,45	8,99	3,95
Acauã	2	B	Sim	19,03	29,71	7,72	2,01
Catuaí 6-30	2	B	Sim	15,74	30,76	7,94	0,84
Paraíso	2	B	Sim	17,68	26,92	8,39	2,35
IAC 144	2	B	Não	20,57	31,40	8,07	1,52
IAC 15	2	B	Não	16,44	27,29	6,77	1,26
Rubi	2	B	Não	10,54	21,56	6,90	1,93
Araponga	2	B	Sim	12,69	24,24	6,48	1,57
IAC 44	2	B	Não	12,17	21,59	9,98	1,64
Pau Brasil	2	B	Sim	11,14	21,76	9,02	1,75
Catiguá	2	B	Sim	14,22	20,34	7,68	1,55
Topázio	2	B	Não	12,09	22,79	9,26	2,85
IAC 62	2	B	Não	15,10	22,90	8,43	1,95
Sacramento	2	B	Sim	12,27	24,79	10,11	2,19
IAC 99	2	B	Não	15,60	26,83	6,15	1,50
Obatã	2	B	Sim	15,59	26,13	6,38	1,35
M. N. 379/19	3	A	Não	36,88	29,59	11,91	3,06
Catuaí 2SL	3	B	Sim	34,26	32,69	9,64	1,14
Bourbon LCJ 6	3	A	Não	41,72	27,45	10,87	2,36
Acaiá 474/19	3	A	Não	43,73	31,36	10,89	2,02
Icatu 3282	3	A	Não	37,27	30,72	9,29	1,89
Acaiá Cerrado	3	A	Não	39,41	28,38	6,29	0,87
M. N. 376/4	3	A	Não	31,95	29,66	9,59	1,68

CR = caule e ramos, F = folhas, ASTR = açúcares solúveis totais de raízes, amido de raízes.

\*Porte : Alto (A) ; Baixo (B)

\*\* Resistência à ferrugem

Aos 18 meses após o plantio, as cultivares continuaram distribuídas em três grupos, podendo-se observar o grupo 3, com a maioria das cultivares de porte baixo e caracterizado por maiores valores de massa seca de folhas. As cultivares de porte alto foram agrupadas no grupo 2, em sua maioria, e a principal característica que influenciou o agrupamento foi a massa seca de caule e ramos. Novamente, aqui, nota-se o comportamento destas cultivares, em maiores valores de caule e ramos, seguidas pelas cultivares do grupo 1. Também nesta época é possível observar um maior equilíbrio entre caule/ramos e folhas para as cultivares do grupo 3, entretanto, esta razão mais equilibrada não influenciou os teores de amido, a ponto de agrupar as mesmas no grupo 2. As cultivares do grupo 2 apresentaram uma relação de estruturas de sustentação e folhagem maior, mas isso que não alterou os teores de carboidratos das raízes, a ponto de formar agrupamentos diferentes.



**TABELA 8** Grupo de cultivares em função das características de crescimento de parte aérea e bioquímica (AST e amido – mg/g massa fresca) de raiz, 18 meses após plantio.

CULTIVAR	GRUPO	Porte*	Resist**	CR	F	ASTR	AmR
Acauã	1	B	Sim	19,52	23,87	8,17	2,69
Rubi	1	B	Não	26,95	31,10	8,20	1,08
IAC 44	1	B	Não	27,21	34,99	5,81	2,16
Pau Brasil	1	B	Sim	19,44	34,66	8,70	3,50
Sacramento	1	B	Sim	20,04	27,59	3,62	1,13
Araponga	2	B	Sim	54,12	38,08	8,33	2,84
M. N. 379/19	2	A	Não	57,00	31,41	6,81	1,99
Catucaí 2SL	2	B	Sim	53,73	35,33	6,53	2,45
LCJ 6	2	A	Não	56,25	24,64	6,55	1,42
Acaiá 474/19	2	A	Não	61,37	41,29	9,73	2,63
Icatu 3282	2	A	Sim	53,54	32,60	10,31	3,85
Acaiá Cerrado	2	A	Não	55,10	30,29	9,73	1,66
IAC 62	2	B	Não	45,02	22,86	6,00	3,08
B. 100 Anos	2	A	Não	59,39	26,43	6,03	1,55
M. N. 376/4	2	A	Não	64,89	25,31	7,57	1,71
Icatu 3686	3	A	Sim	38,07	26,84	6,87	1,48
IAC 15	3	B	Não	36,65	38,97	4,55	1,25
IAC 99	3	B	Não	43,24	36,17	7,83	3,17
Topázio	3	B	Não	43,99	36,87	6,64	2,59
Obatã	3	B	Sim	39,65	40,46	6,95	4,80
Catucaí 6-30	3	B	Sim	43,92	38,32	6,32	0,75
Palma II	3	B	Sim	33,67	37,23	8,67	1,34
Paraíso	3	B	Sim	34,37	34,31	7,47	3,21
IAC 144	3	B	Não	34,46	34,25	8,99	1,52
Catiguá	3	B	Sim	49,47	38,59	7,49	2,85

CR = caule e ramos, F = folhas, ASTR = açúcares solúveis totais de raízes, amido de raízes.

## 5 CONCLUSÕES

Constatou-se que a parte aérea do cafeeiro, ao mesmo tempo em que se comportou como fonte de carboidratos para a manutenção da atividade vegetativa do sistema radicular, se beneficiou como dreno de minerais e água para o seu desenvolvimento. Este equilíbrio entre fonte e dreno, envolvendo as partes aérea e subterrânea do cafeeiro, estava diretamente relacionado com o porte da planta e a área foliar fotossintética ativa. Desse modo foi evidenciada correlação entre o crescimento da parte aérea e as raízes de cafeeiros, tendo as cultivares de porte alto, ao contrário das cultivares de porte baixo, investido, preferencialmente, no crescimento do sistema radicular, nos primeiros 20 cm de profundidade. Foi também observada, nas cultivares resistentes à ferrugem, uma inter-relação entre os processos de acúmulo de massa seca da parte aérea e teores de amido nas raízes, evidenciando a importância da manutenção da área foliar fotossintetizante.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE. 46 p. 2003. 46 p. (Especialização em Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade).
- BULL, R. A. Studies in the effect of mulch and irrigation on root and stem development in *Coffea Arabica* L. I: changes in the roots system induced by mulching and irrigation. **Turrialba**, San José, v. 13, n. 2, p. 96-115, abr./jun. 1963.
- CANNEL, M. G. R.; KIMEU, B. S. Uptake and distribution of macro-nutrients in tress *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and presence of fruits. **Annals of Applied Biology**, London, v. 68, p. 213-230, 1971.
- CARVALHO, C. H. S. **Relação entre a seca de ramos e a produção, teor minerais, teor de amido e morte raízes da progênie de Catimor UFV- 1359 (*Coffea arabica* L.)** 1985. 43 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CASSIDY, D. S. M.; KUMAR, D. Root distribution of *Coffea arabica* L. in Zimbabwe – I: the effect of plant density, mulch, cova planting and shade in Chipinge. **Zimbabwe Journal of Agriculture Research**, v. 22, p. 119-132, 1984.
- CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 249 p.
- CORTEZ, J. G. Aptidão climática para a qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 18, n. 187, p. 27-31, 1997.
- DISCHE, Z. General color reations. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M.L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-520.

- FOURNIER, A. Fundamentos ecomorfológicos de importância em la nutrición mineral del café. In: CURSO REGIONAL SOBRE NUTRICIÓN MINERAL DEL CAFÉ, 1988, San José, Costa Rica. **Anais...** San José: IICA, 1988. p.1-23.
- FRANCO, C. M.; INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 6, n. 9, p. 443-478, set. 1946.
- GARRIZ, P. I. Distribución radicular de três cultivares de *Coffea arabica* L. de 24 anos de edad, em um suelo limo-arenoso. **Ciencias de de la Agricultura**, v. 2, p. 65-76, 1978.
- GUICAFRÉ-ARRIALGA, J.; GÓMEZ, L. A. Studies of root system of *Coffea arabica* L.: III – growth and distribution of roots of 21 years old trees in Catalina clay soil. **Journal of Agriculture oh the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v. 26, n. 2, p. 34-39, 1942.
- HUXLEY, P. A.; PATEL, R. Z.; KABAARA, A. M.; MITCHEL, H. W. Traces studies with <sup>32</sup>P on the distribution of functional roots of Arabica coffee in Kenya. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 27, p. 159-180, 1974.
- HUXLEY, P. A.; TURK, A. Preliminary investigations with Arabica coffee in a root observation laboratory in Kenya. **Kenya Coffe**, Nairobi, v. 41, p. 349-360, 1976.
- INFORZATO, R.; REIS, A. J. **Desenvolvimento do sistema radicular em diversas fases do crescimento do cafeeiro**. Campinas: IAC, 1974. 13 p. (IAC, Circular, 40).
- KLEPPER, B. Root-shoot relationships. In: WAISEL, Y.; ESHELA, A.; KAFKAFI, U. (Ed.). **Plant roots: the hidden half**. New York: M. Decker, 1991. p. 265-286.
- KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. Orlando: Academic, 1995. 495 p.
- JARAMILLO, R.; VALENCIA, G. Los elementos climaticos e el desarrollo de *Coffea arabica* L. em Ciénaga. **Cenicafé**, v. 3, p. 86-104, 1980.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: Rima, 2000. 550 p.

MORALES, E.; BEER, J. Distribución de raíces finas de *Coffea arabica* y *Eucalyptus deglupta* en cafetales del Valle Central de Costa Rica. **Agroforesteria en las Americas**, Turrialba, Costa Rica, v. 5, n. 17-18, p. 44-48, ene./jun. 1998.

NACIF, A. P. de. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no cerrado de Patrocínio – MG.** 1997. 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NUTMAN, F. J. The root system of *Coffea arabica* – III: the spatial distribution of the absorbing area of the root. **Empire Journal of Experimental Agriculture**, Oxford, v. 2, p. 293-302, 1934.

PEREIRA, S. P. **Caracterização fenológica e reprodutiva de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em diversos espaçamentos, antes e após “recepta”.** 2004. 105 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RENA, A.B.; GUIMARÃES, P.T.G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80 p. (Série Documentos, 37).

RENA, A. B.; MAESTRI, M. R. The vegetative growth of the coffee plant. **Indian Coffee**, v. 53, p. 19-23, 1998.

RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; PEREIRA, A. A. Poda do cafeeiro: aspectos morfológicos, ecofisiológicos agrônômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 19, p. 61-70, 1998.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. R. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba, SP: Associação Brasileira de Pesquisa Potassa Fosfato, 1986. p. 13-85.

SAS INSTITUTE. **SAS/ETS**® user's guide 6.2. Cary, 1995.

SAIZ DEL RIO, J.F.; FERNANDEZ, C.E.; BELLAVITA, O. Distribution of absorbing capacity of coffee roots determined by radiocative tracers. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 77, p. 240-224, June 1961.

STOTZKY, G. Activity, ecology and population dynamics of microorganisms in soil. **CRC Critical Review in Microbiology**, v. 2, p. 59-137, 1972.

SÚAREZ DE CASTRO, F. Distribucion de las raíces de cafeto (*Coffea arabica* L.) em suelo de El Salvador. **El Café de El Salvador**, v. 30, n. 1, p. 93-104, 1960.