

MARCELO DE FREITAS RIBEIRO

RESPOSTAS DO CRESCIMENTO, DO *AMIDO* E DE MACRONUTRIENTES AO
POTASSIO EM GENÓTIPOS DE *Coffeu arabica* L. , COM DIFERENTES
SENSIBILIDADES A SECA DE PONTEIROS

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Fitotecnia,
para Obtenção do Título de
Magister Scientiae

VIÇOSA

MINAS GERAIS - BRASIL

JANEIRO - 1993

Aos meus pais, João e Marília.

A minha esposa, Aurea.

Aos meus filhos, Marcelo e Carolina.

**Aos meus irmãos, Maria Inês, Luís Fernando,
Cláudia, Carlos Márcio e Leticia.**

Ao meu amigo Toninho.

AGRADECIMENTOS

A Deus. pela força que me fez prosseguir.

Aos meus pais, pelo amor, dedicação e compreensão, alimentos para a minha formação moral e cultural.

A minha esposa Áurea, pelo seu apoio e incentivo. Imprescindíveis à conquista deste objetivo.

Aos meus irmãos, pelo carinho e pela força.

Ao Professor Alemar Braga Rena, pelos ensinamentos, orientação, consideração e amizade.

Ao Conselheiro Antônio Teixeira Cordeiro. pelo incansável apoio. pelo constante incentivo e pela sincera amizade.

Ao Professor Victor Hugo Alvarez Venegas, pelas valiosas sugestões apresentadas.

Ao Pesquisador Luís Tarcísio Salgado e ao Professor Paulo Roberto Gomes Pereira, pelas críticas e sugestões.

Aos funcionários dos laboratórios de Fisiologia Vegetal e de Solos, pela colaboração nas diferentes etapas da pesquisa.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

MARCELO DE FREITAS RIBEIRO, filho de João Valladares Ribeiro e Marília de Freitas Ribeiro, nasceu na cidade de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, em 10 de setembro de 1958.

Em 1985, graduou-se em Engenharia Agrônoma pela Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado.

Trabalhou como bolsista da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em Viçosa, durante os anos de 1986 e 1987.

Em 1987, iniciou o curso de Fitotecnia (Mestrado) na Universidade Federal de Viçosa.

Em 1990, ingressou, como pesquisador, na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO -----	vi
1. INTRODUÇÃO -----	1
2. REVISÃO DE LITERATURA -----	2
3. MATERIAL E MÉTODOS -----	6
3.1 - Obtenção do Material Vegetal -----	6
3.2 - Cultivo das Plantas -----	7
3.3 - Metodologia Analítica -----	9
3.4 - Delineamento e Análise Estatística -----	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	11
5. RESUMO E CONCLUSÕES -----	42
BIBLIOGRAFIA -----	44

EXTRATO

RIBEIRO, Marcelo de F. M.S. , Universidade Federal de Viçosa. Janeiro de 1993. *Respostas do Crescimento, do Amido e de Macronutrientes ao potássio em genótipos de Coffea arabica L., com diferentes sensibilidades A seca de ponteiros.* Professor Orientador: Alemar Braga Rena. Professores Conselheiros: Victor Hugo Alvarez V. e Antônio Teixeira Cordeiro.

Pretendeu-se estudar o efeito de níveis crescentes de potássio sobre o crescimento. os teores de amido e de macronutrientes em plantas de genótipos de café, com diferentes sensibilidades A seca de ponteiros. Para tanto. plantas do cultivar Catuaí (controle) e das progenies de Catimor 1359 (muito susceptível) e 2000 (pouco susceptível) foram cultivadas em solução nutritiva e. após 90 dias do início dos tratamentos, procedeu-se a coleta de amostras.

Para todas as características avaliadas. A exceção dos teores de amido, não se observou uniformidade das respostas dentro do grupo Catimor em relação ao cultivar Catuaí. As diferenças, quando significativas, decorreram da superioridade relativa de uma das progênies. geralmente a

2000, que elevou a média do grupo Catimor. De maneira geral, os teores de amido nos ramos e nas raízes, ao contrario daqueles foliares, foram maiores no cultivar Catuaí. Dentre os genótipos, a progenie i359 apresentou a menor razão entre o peso da materia seca foliar e o da raíz. Para todos os cafes, as produções de materia seca e os teores de potássio, em todos os órgãos, e de amido, nas folhas e nos ramos, aumentaram, ao contrario dos teores de nitrogénio, fósforo, cálcio e magnésio, com o acrescimo da concentração do potássio na solução nutritiva. Contudo, a magnitude dos aumentos relacionou-se de forma inversa com a concentração do potássio no meio de crescimento.

1. INTRODUÇÃO

Sendo o cafeeiro uma cultura perene, os programas de melhoramento que envolvem métodos tradicionais de seleção demandam tempo e nem sempre alcançam resultados satisfatórios. Portanto, é altamente desejável a identificação de características em plantas jovens que possam prever a potencialidade produtiva das plantas adultas, de maneira a viabilizar a seleção precoce de genótipos de café. Dentro desse contexto, o fenômeno *seca de ponteiros* ou *morte descendente de ramos* apresenta-se de forma promissora para a pesquisa por ocorrer com diferentes intensidades entre os vários genótipos de Catimor.

Assim, uma vez que a maioria das evidências relaciona a seca de ponteiros com o esgotamento de carboidratos na planta, objetivou-se estudar o efeito da nutrição potássica sobre algumas características do crescimento, bem como os teores de amido e de macronutrientes em plantas jovens de genótipos de café com diferentes sensibilidades ao fenômeno.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo RIBEIRO FILHO (1958), "a seca de ponteiros ou die-back caracteriza-se pelo murchamento, morte, escurecimento e queda das folhas das extremidades dos ramos ponteiros e laterais do cafeeiro. A estes sintomas segue-se o secamento progressivo dos citados ramos, não raro até à base, os quais se tornam enegrecidos. Por sua vez, os frutos atingidos param de crescer e secam, ficando escurecidos e, às vezes, presos aos galhos". A severidade dessa desordem tem sido relacionada, positivamente, com a carga de frutos (NUTMAN, 1933; BECKLEY, 1935; BURDEKIN, 1964; CANNELL, 1974; RENA et al., 1983b) e, negativamente, com o teor de carboidratos (SYLVAIN, 1954; CLOWES, 1973; CANNELL, 1978; KUMAR, 1979; RENA et al., 1983c) que a planta apresenta. Uma vez que o fruto deve valer-se principalmente da fotossíntese corrente para a sua formação (CARVALHO, 1985; RENA e MAESTRI, 1986), é possível que as eficiências da produção e da distribuição de fotoassimilados na planta se relacionem de maneira inversa com a intensidade do depauperamento em

caféis produtivos.

A produção e a translocação de fotoassimilados nas plantas têm revelado uma relação de causa-efeito com a nutrição potássica (HUBER, 1985; MARSCHNER, 1986). Deficiência de potássio reduz não só as taxas de fotossíntese em plantas de alfafa (PEOPLES e KOCH, 1979), de milho (PEASLEE e MOSS, 1988) e de cana-de-açúcar (HARTT, 1969), mas também as taxas de translocação de fotoassimilados em cana-de-açúcar (HARTT, 1969), em algodão (ASHLEY e GOODSON, 1972) e em soja (HUBER, 1984). A causa primária para a menor fixação de CO_2 em plantas deficientes de potássio tem sido atribuída ao aumento da resistência estomática (PEASLEE e MOSS, 1988), da resistência mesofílica (PEOPLES e KOCH, 1979; HUBER, 1984) ou de ambas (O'TOOLE et al., 1980). Contudo, o decréscimo da taxa de translocação de fotoassimilados parece anteceder os efeitos da deficiência de potássio sobre as taxas de fotossíntese (HARTT, 1969; ASHLEY e GOODSON, 1972). Esse decréscimo pode estar associado ao requerimento de açúcares, em substituição ao potássio na osmorregulação das folhas (HUBER, 1984). As menores taxas de síntese de sacarose (SILVIUS et al., 1978; HUBER e ISRAEL, 1982), às maiores taxas de atividade da invertase ácida (WARD, 1980; HUBER, 1984) e ao processo de transporte de sacarose para o floema (MENGEL, 1985). As evidências sugerem que a função do potássio nesse processo é a de promover a liberação ativa de sacarose das células do mesófilo para o apoplasto (DOMAN e GEIGER, 1979; MENGEL, 1985), provavelmente através do mecanismo de co-transporte sacarose/ K^+ (HUBER e MORELAND, 1980), ou o carregamento de

sacarose do apoplasto para dentro das células companheiras dos elementos crivados (MENGEL, 1985) ou ambos (GIAQUINTA, 1983; HUBER, 1985). Aparentemente, esse carregamento do floema ocorre por um mecanismo de co-transporte sacarose/H⁺, com o potássio movendo-se em resposta ao potencial de membrana (GIAQUINTA, 1983). Assim, a menor eficiência na translocação de fotoassimilados pode elevar os teores de açúcares solúveis e de amido nas folhas. A inibição da fotossíntese pelo(s) seu(s) produto(s) final(is) tem sido evidenciada (HEROLD, 1980; GIFFORD e EVANS, 1981; AZCON-BIETO, 1983). Portanto, a função marcante do potássio no metabolismo e transporte de carboidratos nas plantas sugere que variações, quanto As eficiências de sua absorção e utilização, possam ter alguma relação de causa-efeito com as diferentes sensibilidades ao depauperamento, verificada em algumas progenies de Catimor da espécie *Coffea arabica*.

Além do potássio, outros nutrientes tem sido associados com o depauperamento de cafés. Nesse aspecto, a deficiência de nitrogênio pode promover de maneira direta (BECKLEY, 1935; FASUOLI et al., 1967) ou indireta, via redução de carboidratos em decorrência da diminuição do crescimento e da produção de folhas (SYLVAIN, 1959), a seca de ramos. Estudando a relação entre o teor foliar de alguns minerais e o depauperamento de diferentes progenies de Catimor, no campo. RENA et al. (1983c) verificaram que as progenies mais susceptíveis ao depauperamento tiveram os seus teores de nitrogênio, de fósforo e de potássio aumentados à medida que o vigor vegetativo diminuía. Nas plantas do Cultivar Catuaí, utilizado como referência. e

naquelas da progenie de Catimor 1803. pouco susceptível ao depauperamento, esses teores não sofreram variações apreciáveis. Assim, embora RENA et al. (1983c) tenham atribuído tais variações a reflexos de desordem radicular, em consequência da seca de ponteiros, é possível que diferenças genótípicas em nível nutricional, mesmo sem uma relação de causa-efeito com o depauperamento, possam ser úteis, como características marcadoras, em pesquisas que objetivem identificar precocemente cafés Catimor **mais** ou menos susceptíveis à seca de ponteiros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Obtenção do Material Vegetal

Utilizaram-se três genótipos de *Coffea arabica* L.: um cultivar de Catuaí Vermelho LCH 2077-2-5-44 (controle) e duas progenies de Catimor com diferentes sensibilidades à seca de ponteiros: 1359-52-TI3 PN (UFV 25713, muito susceptível CRENA et al., 1983c), e 2000-84-TI5 PN (UFV 4592), pouco susceptível (CHEBABI et al., 1984). As sementes desprovidas de pergaminho, após esterilização com Rhodauram a seco, foram semeadas em caixas de madeira que continham areia de rio lavada, previamente tratada com Brassicol 0.1%. Nas condições de casa de vegetação, foram deixadas germinar e alcançar o estágio de "orelha-de-onça". A umidade na areia foi mantida mediante irrigações periódicas com água.

3.2 - Cultivo das Plantas

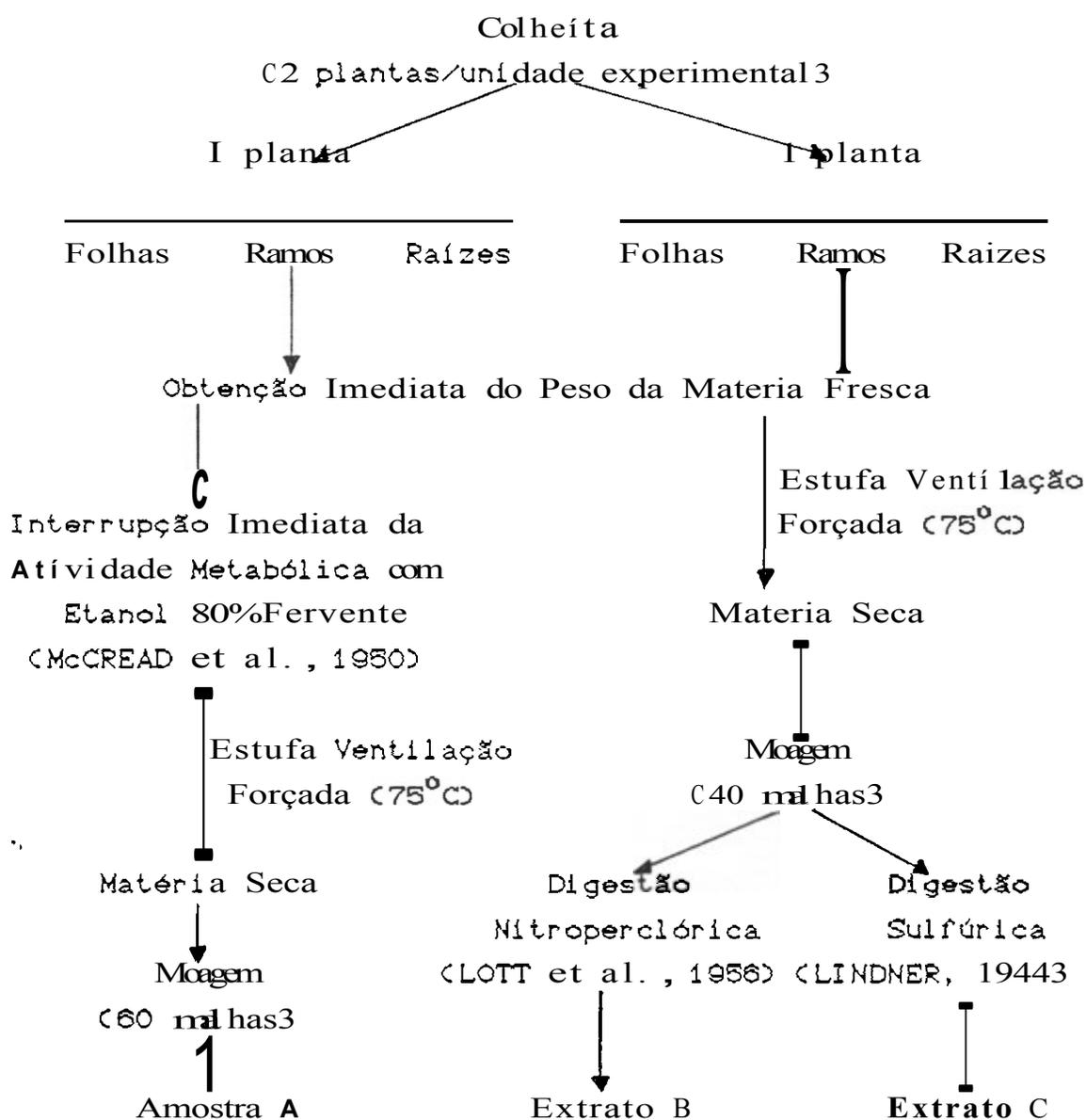
No estágio de "orelha-de-onça", as plântulas tiveram suas raízes cortadas a 11 cm do coleto e, após seleção pela uniformidade, foram transferidas para recipientes de plástico, recobertos externamente com tinta alumínio, que continham 1.8 litro da solução de crescimento (Quadro 13). Cada recipiente recebeu três plântulas. Decorridos sete dias, fez-se um desbaste, deixando-se as duas plântulas mais uniformes por unidade experimental e aplicaram-se os tratamentos (Quadro 13).

QUADRO 1 - Concentração dos Nutrientes nas Soluções Nutritivas de Crescimento e dos Tratamentos (K₁ a K₄). O pH das Soluções Foi Corrigido para 6,0±0,5 com H₂SO₄ ou NaOH 0,1N

Nutrientes	Fontes	Concentração na Solução Nutritiva (ppm)				
		Crescimento	Tratamentos			
			K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
N	1. Ca(NO ₃) ₂	100	100	100	100	100
P	2. Ca(H ₂ PO ₄) ₂	5	5	5	5	5
K	3. K ₂ SO ₄	100	1	4	16	64
Ca	1 + 2	146	146	146	146	146
Mg	4. MgSO ₄	24	24	24	24	24
S	3 + 4	73	32	34	39	58
B	5. H ₃ BO ₃	0.50	0,50	0.50	0,50	0.50
Mn	6. MnCl ₂	0.38	0.38	0,38	0,38	0.38
Zn	7. ZnSO ₄	0.05	0.05	0,05	0.05	0.05
Cu	8. CuSO ₄	0,02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mo	9. MoO ₃	0.02	0.02	0.02	0.02	0,02
Fe	10. FeNa ₂ EDTA	2,20	2,20	2.20	2,20	2.20

Durante o período de crescimento, que se prolongou por 90 dias após a aplicação dos tratamentos, renovaram-se, semanalmente, as soluções nutritivas, as quais receberam arejamento intermitente.

O término do experimento ocorreu com a colheita das plantas, que tiveram suas partes seccionadas em folhas, ramos e raízes, as quais foram submetidas às diversas manipulações, conforme o esquema a seguir.



3.3 - Metodologia Analítica

3.3.1 - Amido

O amido foi dosado na amostra A. segundo a metodologia descrita por McCREAD et al. (1950), adaptada para o café por PATEL (1970), com uma única alteração no tempo de oxidação do amido pelo ácido perclórico, que foi de 30 min, na primeira vez. e de 20 min, na segunda (CARVALHO, 1985).

3.3.2 - Potássio, Fósforo, Calcio e Magnésio

Esses elementos foram dosados no extrato B. O potássio foi determinado por fotometria de chama, o fósforo por colorimetria (LINDEMAN, 1958) e o calcio e o magnésio por espectrofotometria de absorção atômica.

3.3.3.- Nitrogênio

O nitrogênio foi dosado com a utilização do reagente de Nessler (UMBREIT et al. . 1972) no extrato C.

3.4 - Delineamento e Análise Estatística

O experimento foi um fatorial completo 3(genótipo) x 4(potássio), cujos tratamentos. repetidos quatro vezes. foram dispostos em blocos ao acaso. A análise de variância foi conduzida através do desdobramento da fonte de variação

genótipo em graus individuais de liberdade, segundo contrastes ortogonais que testaram, em hipótese, o grupo Catimor com a variedade Catuaí (Catuaí vs Catimor) e as progenies de Catimor entre si (C1359 vs 2000). O restante dos graus de liberdade de tratamentos foi decomposto no estudo dos efeitos do potássio dentro de cada genótipo, mediante análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 90 dias da aplicação dos tratamentos, nenhum sintoma característico da deficiência de potássio foi observado nas plantas de café. À semelhança dos resultados de FRANCO e MENDES (1949) e de LOUÉ (1957). Segundo esses autores, o potássio absorvido durante o período em que as plantas foram cultivadas em solução nutritiva completa adiou o aparecimento dos sintomas típicos da deficiência do nutriente.

A produção de matéria seca das folhas, raízes, ramos e total foi maior para as progenies de Catimor, independentemente do nível de potássio (Quadros 2 e 3). Essa superioridade deveu-se, entretanto, ao contrário da matéria seca radicular, às maiores produções verificadas para a progenie de Catimor 2000, que elevaram as médias das produções das plantas de Catimor. Estudando o crescimento de plantas da progenie de Catimor 1359 e de outros cultivares de café em solução nutritiva. ALVES (1986) verificou que a produção de matéria seca total das plantas da progenie de

QUADRO 2 - Peso Médio da Materia Seca das Folhas, Ramos, Raízes e Total de Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Tratamentos	Materia Seca (g/planta)			
	Folhas	Ramos	Raízes	Total
Catuaí	2,057	0,359	0,489	2,906
1359	2,063	0,345	0,576	2,984
2000	2,377	0,447	0,498	3,327

QUADRO 3 - Análise de Variância do Peso da Materia Seca das Folhas, Ramos, Raízes e Total de Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Fontes de Variação	GL	Quadrado Medio da Materia Seca			
		Folhas	Ramos	Raízes	Total
Bloco	3	0,005224 **	0,000474 •	0,002490 *	0,007968 ***
Catuaí vs Catimor	1	0,281667 ***	0,014504 ***	0,023437 ***	0,848459 ***
1359 vs 2000	1	0,787512 ***	0,084050 ■	0,051200 ***	0,907878 ***
K d/ Genótipo	9	0,766323	0,009674	0,065174	1,420882
Resíduo	33	0,033968	0,002912	0,004442	0,062552
CV (%)		8.50	14.05	12.80	8.14

(■), (*), (**), (***) - Significativos a 10, 5, 1 e 0,5% de probabilidade. pelo teste de F, respectivamente.

Catimor foi cerca de 50% daquela observada para as plantas do cultivar Catuaí Vermelho. Deve-se levar em conta, entretanto, que a idade das plantas utilizadas nesse trabalho foi de 12 meses, aproximadamente. Em condições de campo, tem-se verificado um comportamento inicial de plantas do grupo Catimor pelo menos semelhante ao das do Catuaí com referência à adaptação, produção e vigor vegetativo (PEREIRA e NETTO, 1979).

A semelhança entre a progenie de Catimor 1359 e o cultivar Catuaí, quanto ao desempenho vegetativo, é bastante nítida, quando se observa a produção de matéria seca em função das doses crescentes de potássio na solução nutritiva (Figura 1). De maneira geral, as produções de matéria seca aumentaram rapidamente com incrementos de potássio a partir de 1 até 5 ppm, aproximadamente. Acréscimos na concentração de potássio acima de 5 ppm promoveram incrementos decrescentes nas produções de matéria seca, cujas funções de resposta originaram uma região assintótica, inviabilizando a estimativa do valor da máxima eficiência física (MEF). Contudo, tem-se recomendado a utilização da dose máxima testada como uma aproximação da MEF (ALVAREZ V., 1985). Assim, esses resultados de crescimento não evidenciam diferenças marcantes entre os cafés em estudo, no estágio de mudas, quanto às exigências relativas à nutrição potássica. Todavia, os mesmos resultados, quando expressos através da razão entre peso da matéria seca foliar e peso da raiz, revelam que plantas da progenie de Catimor 1359 tendem a se mobilizarem mais no crescimento radicular que as plantas do

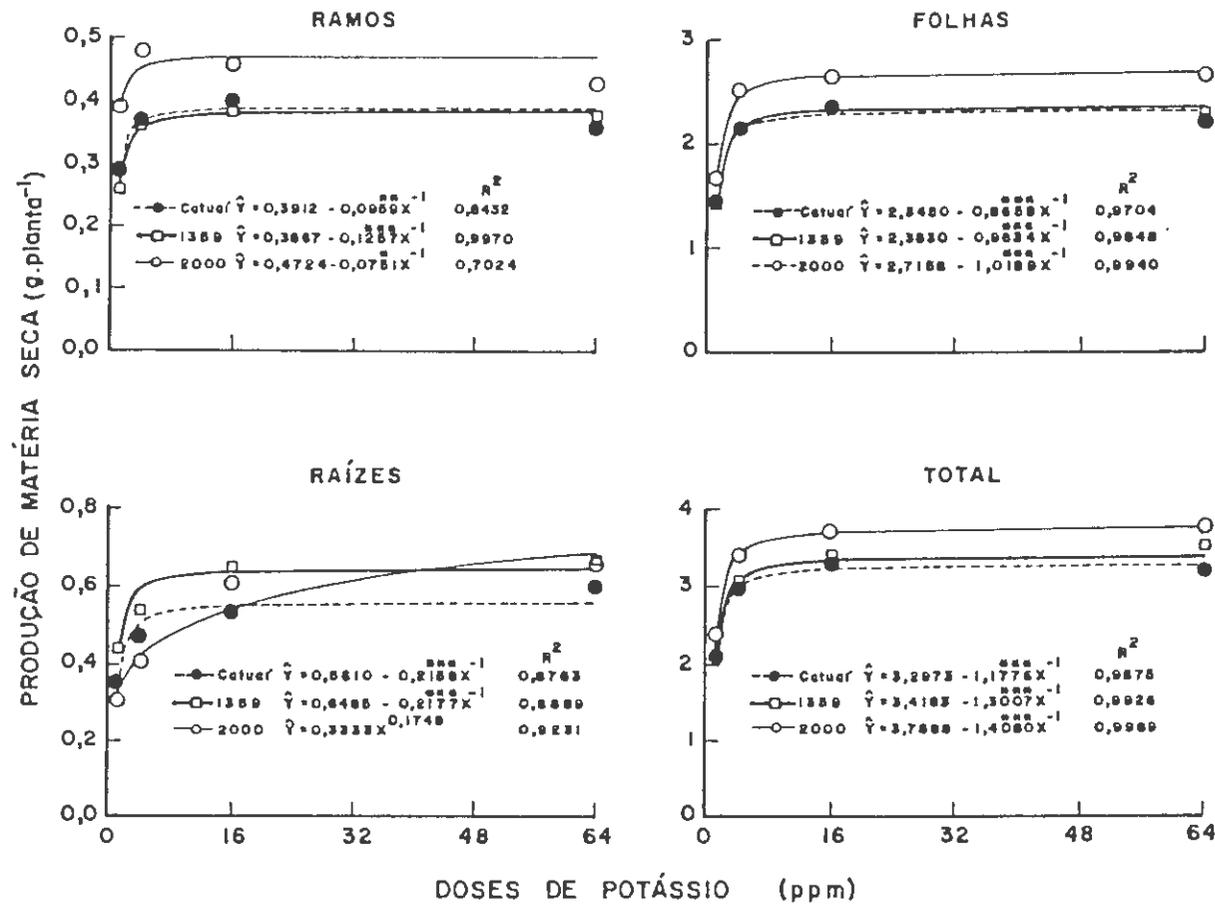


FIGURA 1 - Produção de Matéria Seca de Ramos, Folhas, Raízes e Total de Plantas do Cultivar Catuai e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (*), (**), (***) - Significativos a 5, 1 e 0,5% de Probabilidade, Respectivamente, pelo Teste de F

cultivar Catuaí e, principalmente, da progenie de Catimor 2000 (Figura 23). Nesse caso, é possível imaginar que as plantas da progenie 1359, não desenvolvendo uma Área foliar compatível com uma grande produção de frutos, predisponham-se ao esgotamento. Tal predisposição é potencializada quando se considera que o crescimento do fruto deve valer-se principalmente da fotossíntese corrente (CARVALHO, 1985), que a maior demanda de fotoassimilados pelos frutos ocorre nos meses de temperaturas **mais** elevadas (CRENA e MAESTRI, 1986) e que as taxas de fotossíntese líquida (CRENA et al., 1983a) e potencial (CALVES et al., 1985), verificadas nas plantas da progenie 1359 em temperaturas próximas a 30°C, são inferiores às do cultivar Catuaí.

A partição da matéria seca observada para as plantas da progenie de Catimor 1359 não foi alterada pela elevação da concentração de potássio no meio de crescimento, o que indica uma inelasticidade da razão em resposta às variações do fator em estudo (Figura 2). Já para as plantas do cultivar Catuaí e da progenie de Catimor 2000, verificou-se uma diminuição gradativa da razão com aumentos sucessivos da concentração de potássio. As variações foram, entretanto, mais notáveis nas plantas da progenie 2000. Em vista das diferenças marcantes observadas, os estudos de partição entre as folhas e raízes das plantas, no estágio de mudas, revelam-se promissores para a obtenção de características úteis à seleção precoce de cafés.

Ao contrário da produção de matéria seca, para a qual não se observou uma homogeneidade de respostas dentro do

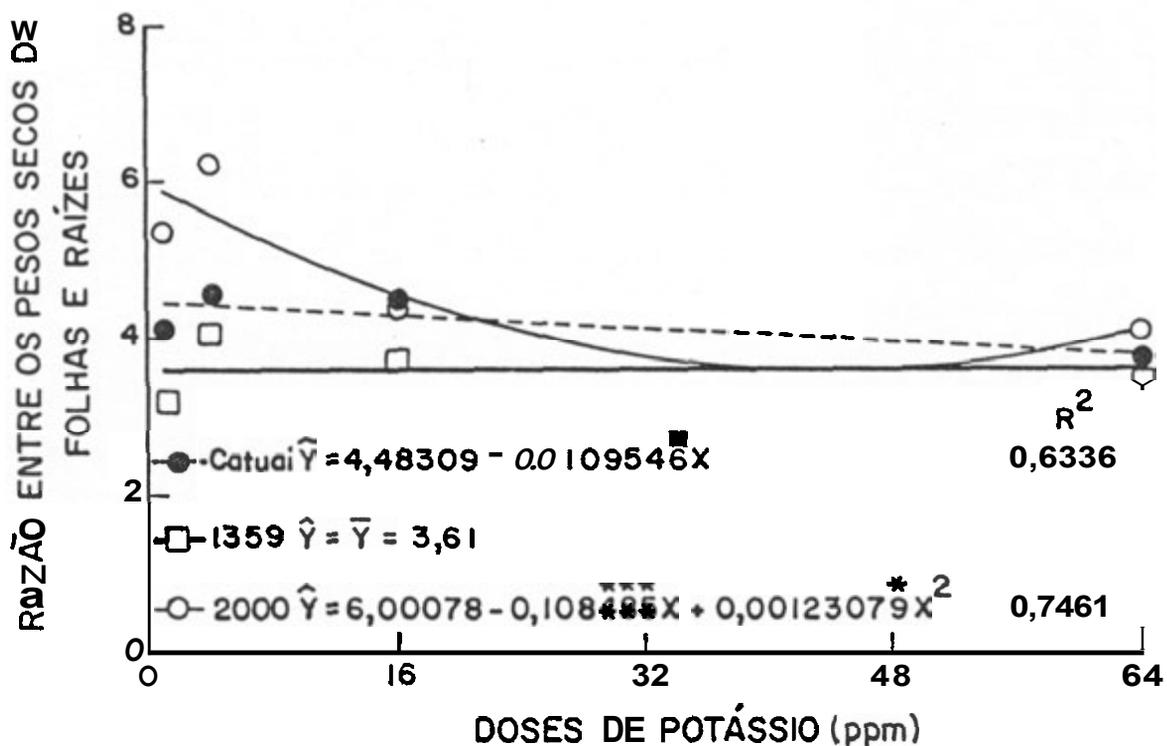


FIGURA 2 - Razão entre os Pesos Secos de Folhas e Raízes em Plantas do Cultivar Catuaí e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (■), (*), (***) - Significativos a 10, 5 e 0,5% de Probabilidade. Respectivamente. pelo Teste de F

grupo Catimor, os teores de amido nos vários órgãos não diferiram entre as progenies 1359 e 2000 (Quadros 4 e 5), à exceção do conteúdo de amido, que considera intrinsecamente o peso da materia seca. De maneira geral, os teores de amido nos ramos e nas raízes, ao contrario dos foliares, foram maiores no cultivar Catuaí. Contudo, a distribuição percentual do total de amido entre os órgãos foi praticamente semelhante entre o Catuaí e as progenies de Catimor, em todas as concentrações de potássio (Figura 33). Verificou-se uma localização de quase 40% do amido total nas raízes mais ramos das plantas sujeitas a 1 ppm de potássio, ao passo que, com o incremento do potássio na solução nutritiva, tal distribuição caiu para 15% aproximadamente. Esse menor conteúdo nas folhas em condições de deficiência de potássio parece associado à uma menor atividade da sintase do amido nos cloroplastos, enzima essa ativada pelo potássio (NITSOS e EVANS, 1989). Nesse caso, a triose fosfato produzida no cloroplasto e transferida para o citoplasma das células do mesófilo seria convertida em sucrose, que, via floema, atingiria os plastídeos da rama e raízes das plantas, onde seria convertida em amido. Verifica-se, pela Figura 6, que os teores de potássio nas raízes e nos ramos foram maiores que os foliares, quando a concentração de potássio na solução de crescimento foi 1 ppm. Com o aumento do potássio na solução nutritiva, espera-se maior disponibilidade de potássio nas folhas e, em consequência, maior atividade da sintase do amido nos cloroplastos e maior acúmulo desse carboidrato nas folhas

QUADRO 4 - Teor Médio nas Folhas, Ramos, Raízes e Conteúdo Médio de Amido em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Tratamentos	Amido			Conteúdo
	Folhas	Ramos	Raízes	
	C% na matéria seca)			(mg/pl)
Catuaí	8.72	5.84	3.09	229
1358	9,97	4.64	2.63	258
2000	10,99	4.90	2.43	311

QUADRO 5 - Análise de Variância do Teor nas Folhas, Ramos, Raízes e do Conteúdo de Amido em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio do Amido			
		Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
Bloco	3	7,5713 ***	0,0874 ***	0,0168 ***	4388,03 ***
Catuaí vs Catimor	1	33,1350	12.3206	3,3750	30810,46 **
1359 vs 2000	1	8.2012 ***	0.5512	0,3200	24212.48 ***
K d/ Genótipo	9	90.0313	2,1154	0,5795	72109,96
Resíduo	33	2.9434	0,7513	0.2512	2774.31
CV (%)		17,34	16.90	18.43	19,86

(**), (***) - Significativos a 1 e 0.5% de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente.

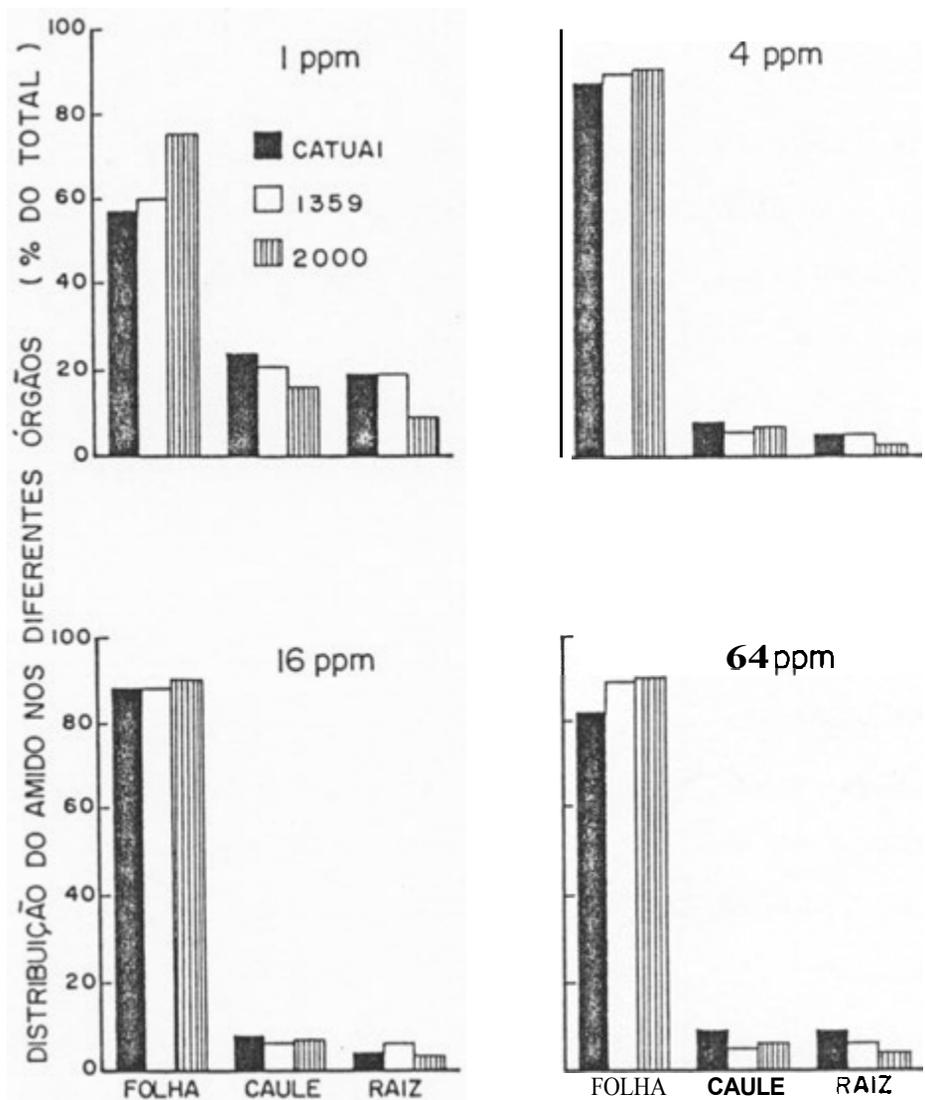


FIGURA 3 - Distribuição do Amido nos Diferentes órgãos de Plantas do Cultivar Catuai e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

(Figura 33, em concordância com os resultados obtidos por HAWKER et al. (1974). Considerando estar o potássio relacionado, positivamente, com o transporte de sucrose para o floema (HARTT, 1969; DOMAN e GEIGER, 1979; HUBER, 1984), a hipótese acima, se verdadeira, sugere que a atividade da sintase do amido nos cloroplastos das plantas de café seja inibida de forma **mais** acentuada pela deficiência de potássio que o transporte de fotoassimilados. Alternativamente ou simultaneamente, é possível que trioses-fosfato produzidas nos cloroplastos tenham **sido** utilizadas preferencialmente na síntese de hexoses, no citoplasma, para **substituição** do potássio na manutenção do potencial osmótico foliar (HUBER, 1984). O acúmulo de açúcares **solúveis** nas folhas de plantas deficientes em potássio **tem** sido amplamente divulgado (EVANS E SORGER, 1988; HARTT, 1969; HUBER, 1984).

A resposta **mais** notável do teor de amido ao incremento da concentração de potássio na solução nutritiva foi encontrada nas folhas (Figura 43). Enquanto nas raízes e ramos, observou-se **um** acréscimo de, no máximo, 50% no teor de amido, quando a concentração de potássio foi aumentada de 1 para 4 ppm; nas folhas, esse acréscimo foi cerca de 450%. Considerando que, na maioria das plantas superiores, **os** carboidratos amido e sucrose **são os** produtos finais principais da fotossíntese (HUBER, 1985) e que a razão amido total/matéria seca foliar aumentou quando o fator em estudo passou de 1 para 4 ppm (Figura 5), esses resultados indicam um efeito direto e positivo do potássio sobre as taxas fotossintéticas. A esse respeito, **tem-se** evidenciado, em condições de deficiência de potássio, aumento da resistência

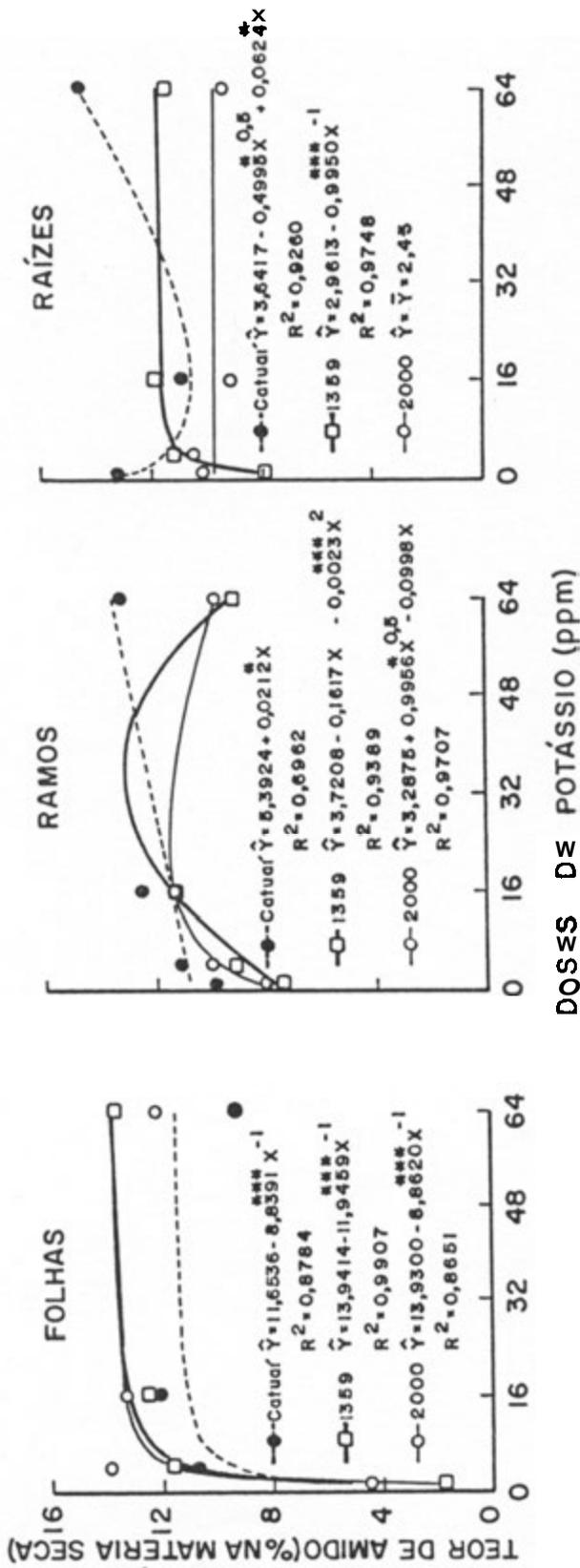


FIGURA 4 - Teor de Amido em Folhas, Ramos e Raízes de Plantas do Cultivar Catual e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (*), (**), (***) - Significativos a 5 e 0,5% de Probabilidade, pelo Teste de F, Respectivamente

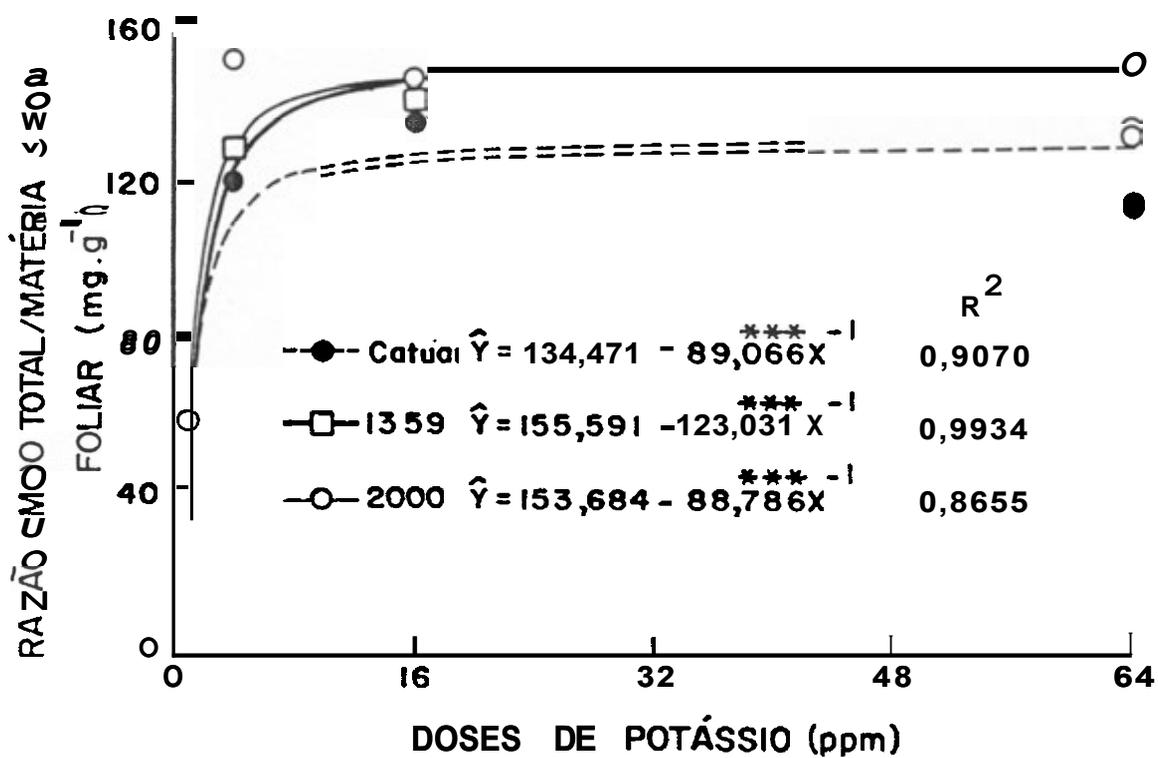


FIGURA 5 - Razão Amido Total/Matéria Seca Foliar em Plantas do Cultivar Catuai e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (***) - Significativo a 0.5% de Probabilidade, pelo Teste de F

estomática (PEASLEE e MOSS, 1988; PEOPLES e KOCH, 1979), menor atividade da Rubisco-carboxilase (PEOPLES e KOCH, 1979) e diminuição do número de cloroplastos por célula (Marschner e Possingham, 1975, citados por BERINGER e NOTHDURFT, 1985), além de sua fragmentação (ACCORSI e HAAG, 1980). Portanto, menores taxas fotossintéticas, quando o potássio foi suprido na concentração de 1 ppm, podem explicar, pelo menos em parte, o menor crescimento observado.

Aumentos sucessivos na concentração de potássio acima de 4 ppm promoveram acr ésc im os cada vez menores no teor de amido foliar, para todas as plantas, relativamente ao observado quando o potássio foi elevado de 1 para 4 ppm (Figura 43. Distintamente, o aumento da concentração de potássio na solução nutritiva não alterou o teor de amido nas raízes das plantas da progenie de Catimor 2000. Na progenie 1359, verificou-se, primeiramente, um aumento rápido e, posteriormente, perceberam-se incrementos decrescentes a partir de 4 ppm de potássio. Nas raízes das plantas do cultivar Catuaí, observou-se, inicialmente, um pequeno declínio com o aumento da concentração de potássio de 1 até cerca de 16 ppm. A partir dessa dose, o teor de amido elevou-se, superando em cerca de 30% o teor verificado com 1 ppm de potássio. Nos ramos, embora o teor de amido tenha aumentado linearmente nas plantas do cultivar Catuaí com o incremento da concentração de potássio no meio de crescimento, o mesmo não ocorreu com as plantas das progenies de Catimor. Para as progenies 1359 e 2000, verificou-se um aumento no teor de amido quando a

concentração de potássio foi elevada de 1 a 32 e 1 a 16 ppm, respectivamente. Com 64 ppm de potássio na solução nutritiva, o teor desse carboidrato, em ambas as progenies, foi menor que o verificado com 16 ppm. De maneira geral, esses resultados (Figura 43) mostram que, apesar de as folhas serem o reservatório principal de amido para todas as mudas dos genótipos em estudo, as plantas do cultivar Catuaí utilizam, de forma mais acentuada, as raízes e os ramos como órgãos secundários de reserva que as plantas das progenies de Catimor. Nesse caso, a maior quantidade de grãos de amido nos cloroplastos das progenies de Catimor pode impedir fisicamente a luz de atingir os tilacóides, comprometendo a fotossíntese (SALISBURY e ROSS, 1985).

Na menor dose de potássio em solução nutritiva, os menores teores de amido em todos os órgãos (Figura 43) e a menor razão amido total/matéria seca foliar (Figura 5) ocorreram para as plantas da progenie de Catimor 1359, exatamente as que, em condições de campo, revelam severa seca de ramos após as primeiras produções. Contudo, em condições de MEF, a razão amido total/matéria seca foliar foi maior nas progenies de Catimor ($\sim 150 \text{ mg.g}^{-1}$) que no cultivar Catuaí ($\sim 120 \text{ mg.g}^{-1}$). Embora os teores de amido "per si", nas condições experimentais deste trabalho, não expliquem, aparentemente, o porque da seca de ponteiros manifestada por cafeeiros Catimor 1359, em condições de campo, é possível que as características, como partição de assimilados e eficiência fotossintética (razão amido total/matéria seca foliar), obtidas em condições limitantes

de nutrição potássica, possam ser úteis, dentre outras. em trabalhos que objetivem a seleção precoce de cafeeiros.

De maneira geral, não se observaram diferenças significativas nos teores de potássio dos diferentes órgãos, à exceção das raízes. entre as plantas do cultivar Catuaí e as das progenies de Catimor (Quadros 6 e 7). A semelhança dos dados de crescimento. a superioridade relativa do grupo Catimor quanto ao teor radicular de potássio não foi uma constante entre as plantas de ambas as progenies e deveu-se **mais** aos maiores teores verificados nas plantas da pro genie 1359, que elevaram a média das plantas de Catimor. Dentro desse grupo. os menores teores de potássio nos ramos e raízes ocorreram nas plantas da pro genie 2000. que revelaram, contudo, os maiores conteúdos do nutriente. Trata-se do efeito de diluição, justificável pelas respostas desiguais. embora positivas, do maior crescimento que a absorção das raízes como um todo.

Para todos os genótipos, os maiores teores de potássio ocorreram nas raízes, relativamente às folhas e ramos, que apresentaram teores semelhantes (Figura 6). Aumentos sucessivos na concentração de potássio na solução nutritiva promoveram acréscimos decrescentes nos teores de potássio em todos os órgãos de todas as plantas. sugerindo uma correlação positiva com o crescimento e a razão amido total/matéria seca foliar.

A dose de 64 ppm de potássio na solução nutritiva. que correspondeu ao valor de aproximação da MEF para os três genótipos de café, resultou em teores de potássio de 2.35.

QUADRO 6 - Teor Médio nas Folhas, Ramos, Raízes e Conteúdo Médio de Potássio em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Tratamentos	Potássio			
	Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
	———— (% na matéria seca) ————			cmg/pl)
Catuaí	1.35	1.58	1.74	45.5
1359	1.29	1.64	1.92	47.1
2000	1.32	1.52	1.82	51,7

QUADRO 7 - Análise de Variância do Teor nas Folhas, Ramos, Raízes e do Conteúdo de Potássio em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio do Potássio			
		Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
Bloco	3	0,001849	0,013008	0,000833 ***	1,3985 ***
Catuaí vs Catimor	1	0,019834	0,000009 ***	0,191709 ***	164,7846 ***
1359 vs 2000	1	0,006615 ***	0,104653 ***	0,085078 ***	171,7689 ***
K d/ Genótipo	9	3,788891	2,751283	7,984088	5789,7982
Resíduo	33	0,010280	0,009356	0,013523	16,1288
CV (%)		7.68	6.11	8.36	8.35

(*), (**), (***) - Significativos a 5, 1 e 0,5% de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente.

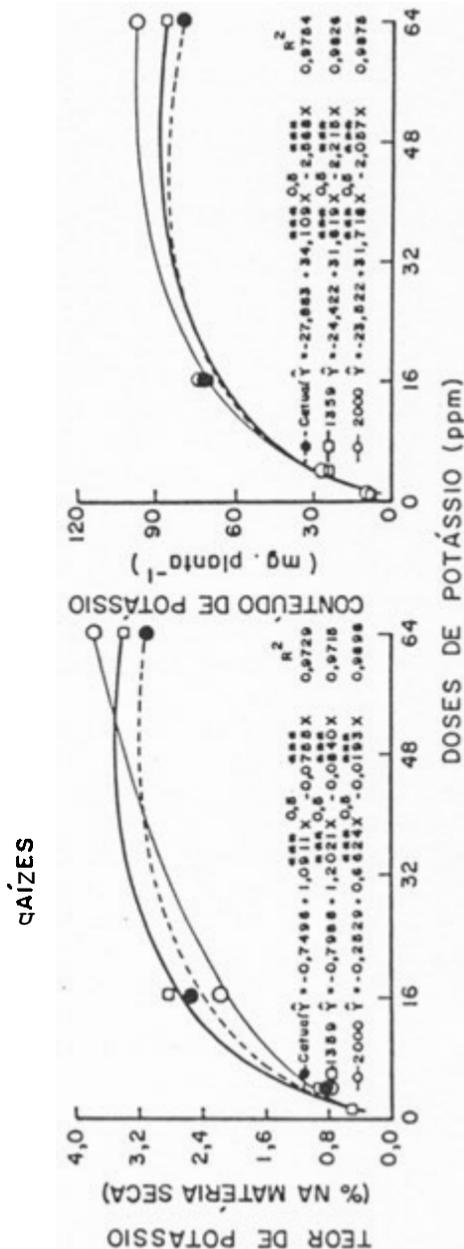
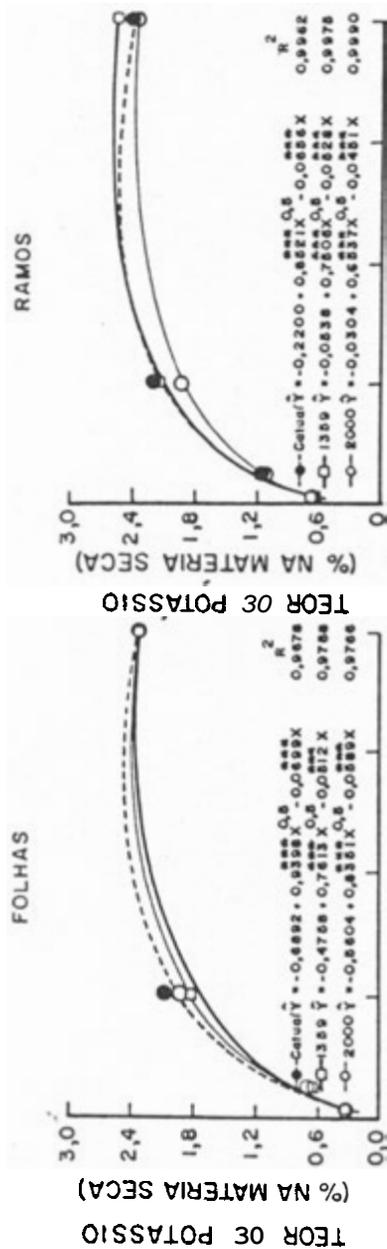


FIGURA 6 - Teor nas Folhas, Ramos e Raízes e Conteúdo de Potássio em Plantas do Cultivar Catuai e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (***) - Significativo a 0,5% de Probabilidade, pelo Teste de F

2,34 e 2,35 X nas folhas das plantas do cultivar Catuaí e das progenies de Catimor 1359 e 2000, respectivamente. Tem-se verificado que os teores adequados de potássio nas folhas do terceiro ou quarto pares foliares de ramos plagiotrópicos, de cafés arábicos, situam-se na faixa de 2.1 a 2.5% (MALAVOLTA, 19863 e de 2,1 a 2,6% (WILLSON, 19853. Nota-se, portanto, que os teores foliares de potássio correspondentes A MEF não foram muito diferentes entre os cafés em estudo. Todavia, o Quadro 8 revela diferenças marcantes quanto As eficiências de utilização, $MST^2.K_t^{-1}$ (SIDDIQI e GLASS, 19813, e de absorção, $K_t.MSR^{-1}$, de potássio. Com relação à utilização do potássio, as plantas de Catimor, principalmente da progenie 2000, foram relativamente mais eficientes que aquelas do cultivar Catuaí. Quanto h eficiencia de absorção do potássio, as plantas da progenie de Catimor 1359 apresentaram o menor desempenho, não se observando grandes diferenças entre as plantas do cultivar Catuaí e da progenie de Catimor 2000. Assim, é possível que a relativamente maior mobilização das plantas da progenie 1359 para o crescimento radicular (Figura 2 e Quadro 8) ocorra de forma a compensar uma menor eficiencia de suas raízes para a absorção de nutrientes. Segundo esses resultados é possível que a eficiencia de absorção de potássio, e provavelmente de outros nutrientes, possa ser utilizada, como característica marcadora em plantas jovens, para a identificação de genótipos de cafés com diferentes sensíbilidades ao depauperamento.

QUADRO 8 - Características Obtidas de um Crescimento Correspondente à KEF em Plantas do Cultivar Catuaí e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Características	Catuaí	1359	2000
Materia Seca Total, MST (g/pl)	3.28	3.40	3,77
Materia Seca Folhas, MSF (g/pl)	2.33	2.37	2,70
Materia Seca Raizes, MSR (g/pl)	0.56	0.64	0.69
MSF/MSR (g.g ⁻¹)	4.16	3.70	3.91
Conteúdo de Potássio, K _t (mg)	81	87	98
MST ² .K _t ⁻¹ (g ² .g ⁻¹)	126	133	151
K _t .MSR ⁻¹ (mg.g ⁻¹)	145	135	143

A semelhança dos resultados de crescimento e de potássio na planta. a análise dos contrastas relativos aos teores de nitrogénio (Quadros 9 e 101, de fósforo (Quadros 11 e 12), de cálcio (Quadros 13 e 14) e de magnésio (Quadros 15 e 16) não revelou diferenças coerentes entre o cultivar Catuaí e as progenies de Catimor. De maneira geral, os valores observados para as plantas da progenie de Catimor 1359 aproximaram-se mais daqueles das plantas do cultivar Catuaí, principalmente com relação aos nutrientes cálcio e magnésio. Assim, as diferenças significativas detectadas entre o grupo Catimor e o cultivar Catuaí deveram-se, na maioria dos casos e independentemente da dose de potássio na solução nutritiva, ao maior ou menor teor nas plantas da progenie 2000.

QUADRO 9 - Teor Médio nas Folhas, Ramos, Raízes e Conteúdo Médio de Nitrogénio em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Tratamentos	Nitrogénio			
	Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
	C% na matéria seca]			Cmg/pl)
Catuaí	3.73	1.74	3.58	99
1359	3,70	1,96	3,60	101
2000	3.31	1.97	3.83	105

QUADRO 10 - **Análise** de Variância do Teor nas Folhas, Ramos, Raízes e do Conteúdo de Nitrogénio em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio do Nitrogénio			
		Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
Bloco	3	0,039940	0,014002	0.194407	58.6378
Catuaí vs Catimor	1	0,541501	0,534016	0,198926	169,7452
1359 vs 2000	1	1,244253	0,002450	0,434778	96,3896
K d/ Genótipo	9	1,362182	0.179324	0.345256	454.6941
Resíduo	33	0,025672	0,009332	0,051999	71,9820
CV (%)		4,47	5,11	6.21	8.34

(■), (*), (**), (***) - Significativos a 10, 5, 1 e 0,5% de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente.

QUADRO 11 - Teor Médio nas Folhas, Ramos, Raízes e Conteúdo Médio de Fósforo em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Tratamentos	Fósforo			
	Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
	——— (% na materia seca) ———			Cmg/pl)
Catuaí	0.22	0,24	0,29	0.41
1359	0.22	0.28	0.29	6.04
2000	0.17	0,23	0.31	6,38

QUADRO 12 - Análise de Variância do Teor nas Folhas, Ramos, Raízes e do Conteúdo de Fósforo em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1358 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio do Fósforo			
		Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
Bloco	3	0,000302 ***	0,000277	0,001201	0,395045
Catuaí vs Catimor	1	0,005611 ***	0,003337 ***	0,000392 **	0.102070
1359 vs 2000	1	0,018528 ***	0,020910 ***	0,004418 ***	0,560555 ***
K d/ Genótipo	9	0,026608	0,044388	0,008811	2.520153
Residuo	33	0.000250	0.000473	0.000480	0,206407
CV (%)		7,88	8,59	7.48	7,98

(*), (**), (***) - Significativos a 5, 1 e 0,5% de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente.

QUADRO 13 - Teor Médio nas Folhas, Ramos, Raízes e Conteúdo Médio de Cálcio em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Tratamentos	Cálcio			
	Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
	C% na materia seca			Cmg/pl
Catuaí	1.14	0.52	0,90	29
1359	1,18	0,61	0,89	31
2000	1,00	0,58	0,70	29

QUADRO 14 - Análise de Variância do Teor nas Folhas, Ramos, Raízes e do Conteúdo de Cálcio em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio do Cálcio			
		Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
Bloco	3	0,007761	0,007907	0,043483	10,0287
Catuaí vs Catimor	1	0,024704	0,061509	0,112750	5,3487
1359 vs 2000	1	0,262812	0,007503	0,310080	14,8240
K d/ Genótipo	9	0,103155	0,005404	0,353603	36,2904
Resíduo	33	0,006071	0,003307	0,014164	9,4128
CV (%)		7,05	10,12	14,32	10,35

(■), (*), (**), (***) - Significativos a 10, 5, 1 e 0,5% de probabilidade, pelo teste de F. respectivamente.

QUADRO 15 - Teor Médio nas Folhas, Ramos, Raízes e Conteúdo Médio de Magnésio em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Tratamentos	Magnésio			
	Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
	————— % na matéria seca) —————			(mg/pl)
Catuaí	0,73	0.66	1,16	22
1359	0,80	0.67	1,05	23
2000	0,64	0.61	1,25	23

QUADRO 18 - Análise de Variância do Teor nas Folhas, Ramos, Raízes e do Conteúdo de Magnésio em Plantas do Cultivar Catuaí Vermelho e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio do Magnésio			
		Folhas	Ramos	Raízes	Conteúdo
Eloco	3	0,000630	0,000272	0,001474	2,7611
Catuaí vs Catimor	1	0,000551***	0,003037***	0,002109***	18,2583 ^m
1359 vs 2000	1	0,190853***	0,024200***	0,318005***	0,1031***
R d/ Genótipo	9	0,687639	0,148828	0,149084	94,8315
Resíduo	33	0,002780	0,002444	0,002315	5,3738
CV (%)		7,30	7,65	4,18	10,26

(■), (***) - Significativos a 10 e 0.5% de probabilidade, pelo teste de F. respectivamente.

Excetuando os teores de nitrogênio e de magnésio nas raízes, as respostas dos demais teores de nitrogênio (Figura 7), de fósforo (Figura 8), de cálcio (Figura 9) e de magnésio (Figura 10) foram semelhantes entre os cafés com a variação da concentração de potássio na solução nutritiva. Nas raízes das plantas da progenie de Catimor 1359, bem como nos ramos de todos os cafés, os teores respectivos de nitrogênio e de cálcio não foram alterados pela variação do fator em estudo (Figuras 7 e 9). Já nas raízes das plantas da progenie 2000 e do cultivar Catuaí, os teores de nitrogênio decresceram linearmente com o aumento da concentração do potássio na solução nutritiva, à semelhança do teor radicular de magnésio para o cultivar Catuaí. De maneira geral, aumentos progressivos na disponibilidade de potássio na faixa de 1 a 16 ppm diminuíram sucessivamente os demais teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio nas folhas, nos ramos e nas raízes dos três genótipos. Tais reduções nos teores, além de **mais** acentuadas nas folhas que nas raízes, concentraram-se na região de 1 a 8 e 1 a 13 ppm de potássio na solução nutritiva, para as folhas e raízes, respectivamente. Os teores obtidos de doses de 16 e 64 ppm de potássio foram muito semelhantes. Esses resultados corroboram com os de HAAG e MALAVOLTA (1960), que já haviam verificado, em plantas de café Bourbon cultivadas em solução nutritiva, que os teores foliares de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio foram menores na presença de potássio relativamente à sua ausência.

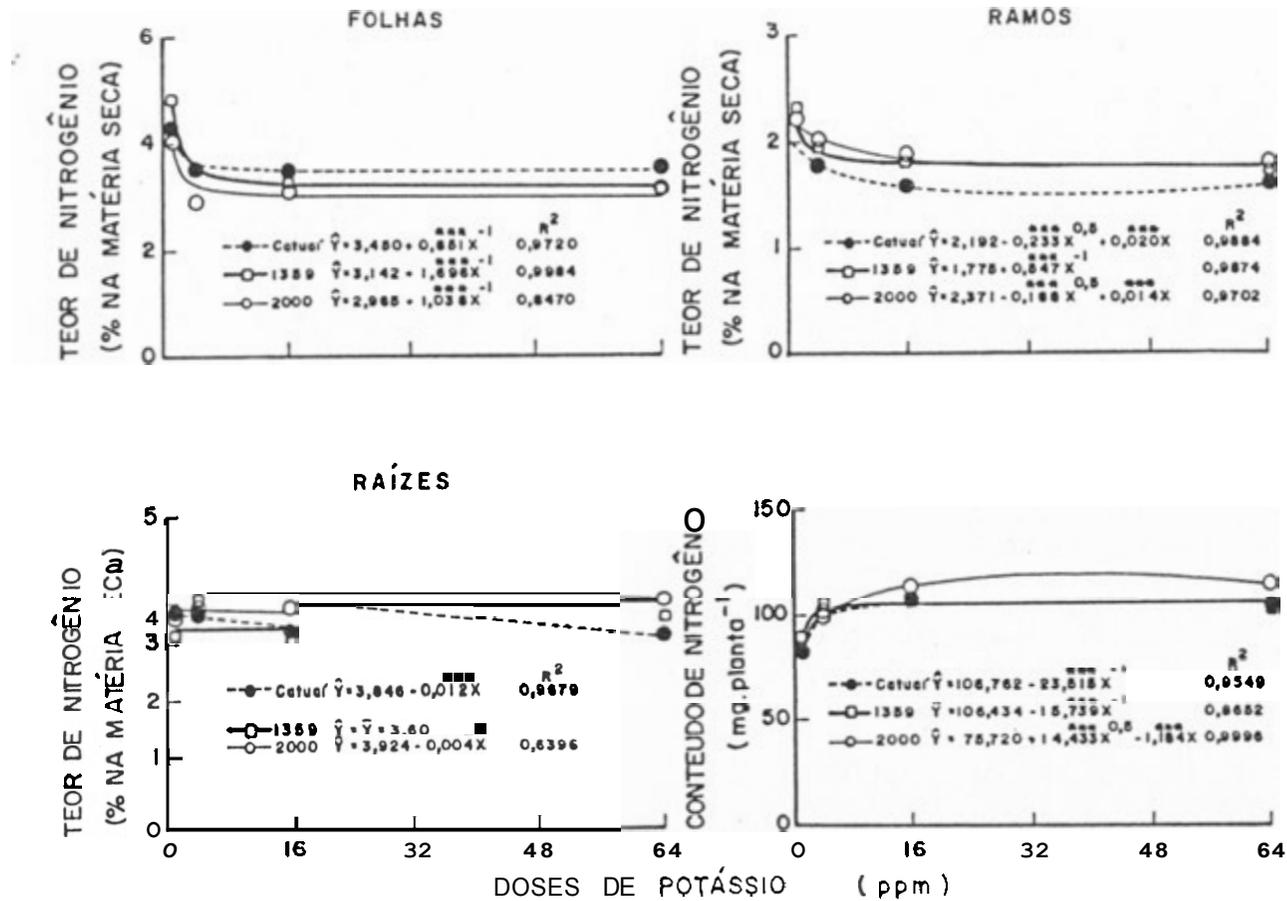


FIGURA 7 - Teor nas Folhas, Ramos e Raízes e Conteúdo de Nitrogênio em Plantas do Cultivar Catuaí e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (■), (***) - Significativos a 10 e 0,5% de Probabilidade, Respectivamente, pelo Teste de F

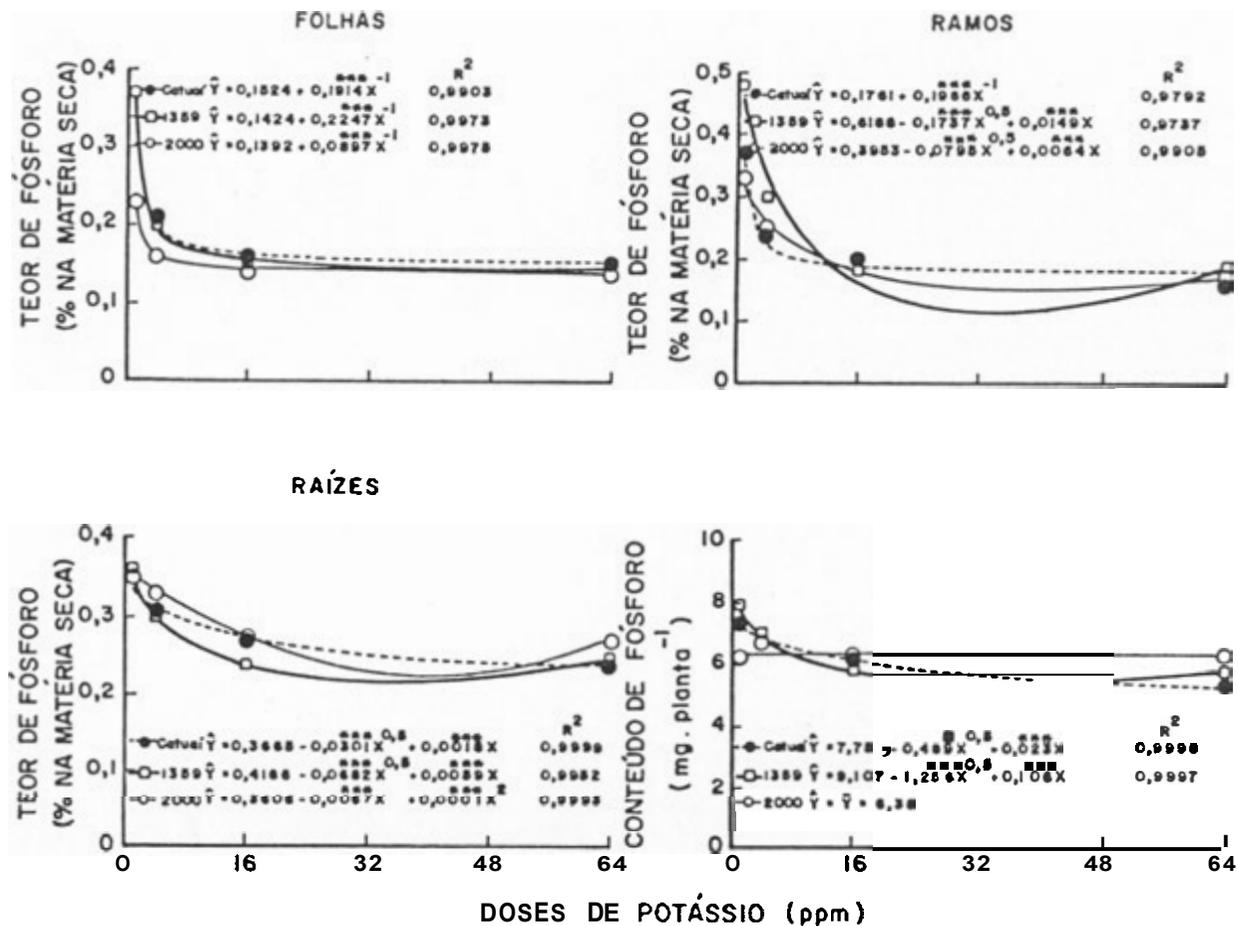
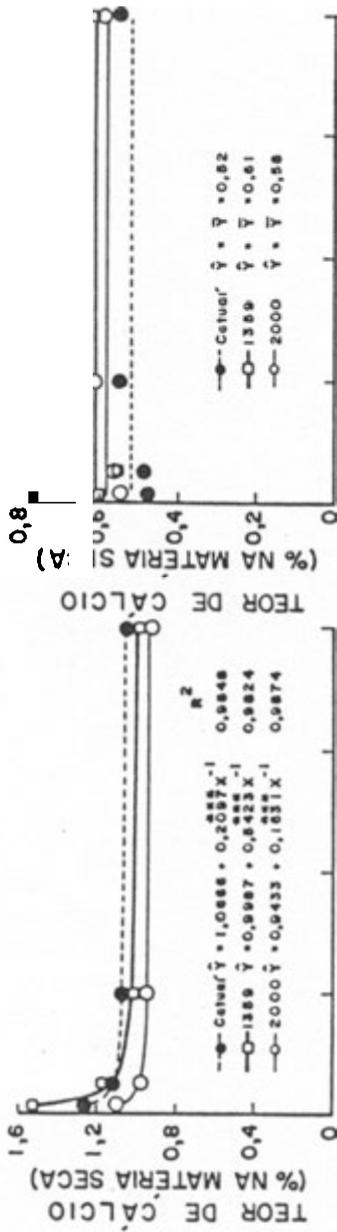


FIGURA 8 - Teor nas Folhas, Ramos e Raízes e Conteúdo de Fósforo em Plantas do Cultivar Catuaí e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (■), (**), (***) - Significativos a 10, 1 e 0.5% de Probabilidade. Respectivamente. pelo Teste de F



RAÍZES

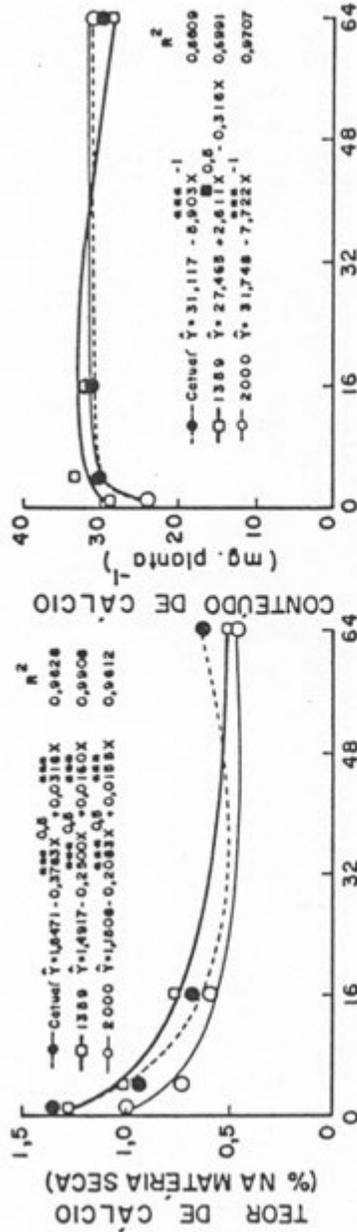


FIGURA 9 - Teor nas Folhas, Ramos e Raízes e Conteúdo de Cálcio em Plantas do Cultivar Catuaí e das Progêneses de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (■), (***) - Significativos a 10 e 0,5% de Probabilidade, Respectivamente, pelo Teste de F

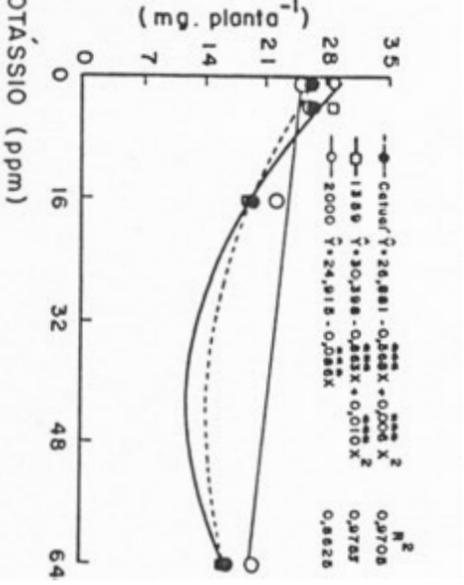
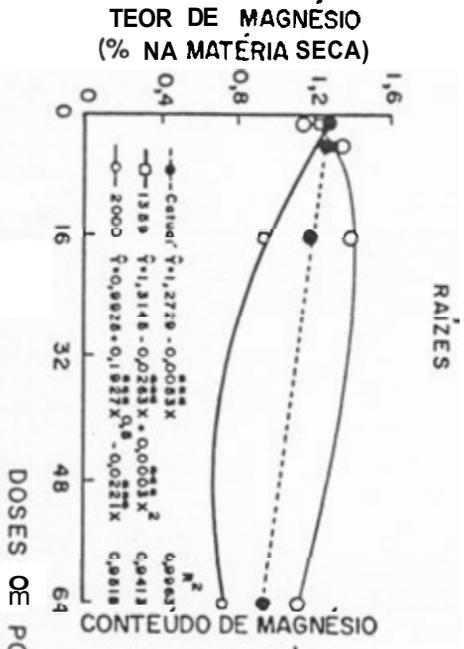
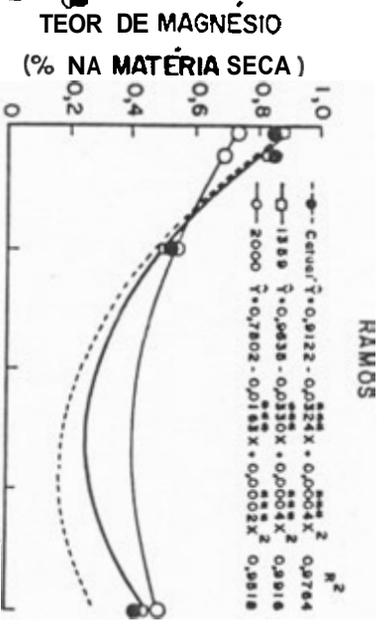
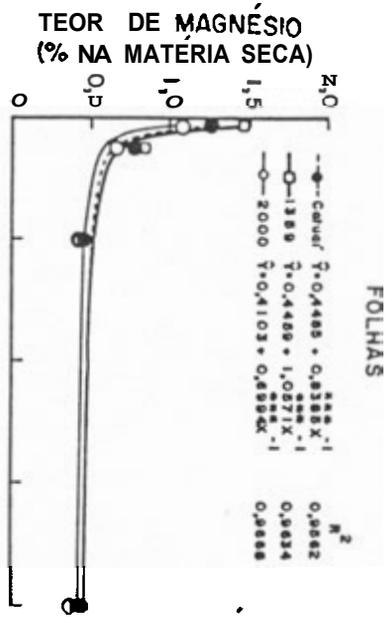


FIGURA 10 - Teor nas Folhas, Ramos e Raízes e Conteúdo de Magnésio em Plantas do Cultivar Catual e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio em Solução Nutritiva. (***) - Significativo a 0,5% de Probabilidade, pelo Teste de F

No caso do nitrogénio, para todas as plantas, é do cálcio, exceto para as plantas da progenie de Catimor 1359, os decréscimos nos teores dos órgãos não significaram um efeito depressivo do potássio nas suas absorções, uma vez que os seus conteúdos aumentaram nas plantas em resposta aos acréscimos na concentração de potássio na solução nutritiva (Figuras 7 e 9). Trata-se do efeito de diluição, à semelhança dos resultados de potássio, justificável pelas respostas desiguais, embora positivas, do maior crescimento que a absorção das raízes como um todo. Nas plantas da progenie de Catimor 1359, entretanto, um aumento na concentração de potássio no meio de crescimento de 16 para 64 ppm causou pequeno decréscimo no conteúdo de cálcio na planta, o que mostra o efeito depressivo do potássio na sua absorção. Esse efeito, também, foi notável com relação à absorção de fósforo, nas plantas do cultivar Catuai e da progenie de Catimor 1359, e, principalmente, de magnésio, em todos os cafés. O acentuado antagonismo entre as absorções de potássio e de magnésio pelas raízes do cafeeiro já tem sido relatado (SANTINATO et al., 1984; CARVAJAL, 1983). Ainda com relação aos conteúdos dos nutrientes fósforo e magnésio, os efeitos depressivos foram marcantes com quaisquer aumentos na concentração de potássio na solução nutritiva.

No crescimento equivalente à MEF, os teores foliares de nitrogénio, fósforo e cálcio foram ligeiramente maiores nas plantas do cultivar Catuai (Quadro 173). Todavia, à exceção do magnésio, os teores observados encaixam-se nas

faixas adequadas propostas por MALAVOLTA (1986) e, principalmente, por WILLSON (1985) (QUADRO 18).

QUADRO 17 - Características Verificadas nas Folhas para um Crescimento Equivalente à MEF em Plantas do Cultivar Catuaí e das Progenies de Catimor 1359 e 2000 Submetidas a Doses Crescentes de Potássio na Solução Nutritiva

Características	Catuaí	1359	2000
	-----<% na Materia Seca>-----		
N	3,46	3,17	2,98
P	0,16	0,15	0,14
K	2,35	2,34	2,35
Ca	1,07	1,01	0,95
Mg	0,46	0,46	0,42
	-----<%>-----		
N/P	22	21	23
N/K	1,5	1,4	1,3
K/P	15	16	17
K/Ca	2,2	2,3	2,5
K/Mg	5,1	5,1	5,6
Ca/Mg	2,3	2,2	2,3

QUADRO 18 - Faixa Adequada de Nutrientes nas Folhas do Terceiro e Quarto Pares Foliares, em Ramos Flagiotropicos de Café Arábica, segundo MALAVOLTA (1986) e WILLSON (1985)

Nutrientes	Malavolta	Willson
	-----<% na Materia Seca>-----	
N	2,6-3,0	2,6-3,5
P	0,13-0,15	0,15-0,20
K	2,1-2,5	2,1-2,6
Ca	1,3-1,5	0,75-1,50
Mg	0,31-0,40	0,25-0,40

De maneira geral, as relações entre pares de nutrientes não foram diferentes entre os genótipos de café e assemelham-se às razões tidas como adequadas por MALAVOLTA (1986): $N/P = 21-23$; $K/Ca = 1,25-1,77$; $K/Mg = 4-8$. A maior razão K/Ca verificada neste estudo deveu-se, provavelmente, ao teor foliar de cálcio (~ 1), que está um pouco aquém do limite inferior proposto por MALAVOLTA (1986). Como, à época do término do experimento, a amostragem para quantificação dos elementos foi feita no conjunto de todas as folhas, e não em folhas do terceiro ou quarto pares foliar—, é possível que esse teor foliar de cálcio esteja subestimado. Quando se sabe que as folhas maduras apresentam teor mais elevado de cálcio que as folhas novas (LOTT et al., 1956; SOUZA et al., 1975).

5. RESUMOS E CONCLUSÕES

Objetivou-se estudar o efeito de níveis crescentes de potássio sobre o crescimento, os teores de amido e de macronutrientes em plantas de genótipos de café, com diferentes sensibilidades à seca de ponteiros. Para tanto, plantas do cultivar Catuaí (controle) e das progenies de Catimor 1359 (muito susceptível) e 2000 (pouco susceptível) foram cultivadas em solução nutritiva e, após 90 dias do início dos tratamentos, procedeu-se à coleta de amostras.

Para todas as características avaliadas, à exceção dos teores de amido, não se observou uniformidade das respostas dentro do grupo Catimor em relação ao cultivar Catuaí. As diferenças, quando significativas, decorreram da superioridade relativa de uma das progenies, geralmente a 2000, que elevou a média do grupo Catimor. De maneira geral, os teores de amido nos ramos e nas raízes, ao contrário dos foliares, foram maiores no cultivar Catuaí, relativamente às progenies de Catimor. Dentre os genótipos, a progenie 1359

apresentou a menor razão entre o peso da matéria seca foliar e o da raiz. Para todos os cafés, as produções de matéria seca e os teores de potássio, em todos os órgãos, e de amido, nas folhas e nos ramos. aumentaram, ao contrário dos teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, com o acréscimo da concentração do potássio na solução nutritiva. Contudo. a magnitude dos aumentos relacionou-se de forma inversa com a concentração do potássio no meio de crescimento.

Os teores de amido, de nitrogênio, de fósforo, de potássio, de cálcio e de magnésio "per si" não explicam, aparentemente. o porque da seca de ramos manifestada por cafeeiros Catimor 1359, em condições de campo. Contudo. os resultados obtidos sugerem que a maior predisposição do Catimor 1359 ao fenômeno possa relacionar-se com o não-desenvolvimento de uma área foliar compatível com uma grande produção de frutos. Nesse caso, estudos com características que levem em consideração a partição de fotoassimilados e a eficiência de absorção de potássio, em plantas jovens, apresentam-se promissores para a seleção precoce de genótipos de cafés com diferentes susceptibilidades à seca de ponteiros.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ACCORSI, W.R. & HAAG, H.P. Alterações morfológicas e citológicas do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var Bourbon (B. Rodr.3 Choussy) cultivado em solução nutritiva. decorrentes das deficiências e excessos dos macronutrientes. *Rev. Café Português*, 14:5-19, 1960.
- ALVAREZ V., V.H. *Avaliação da fertilidade do solo. Superfícies de resposta - modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta*. Viçosa, UFV. Imprensa Universitária . 1985. 75p. (Bol. 228).
- ALVES, A. A. C. *Efeito da enxertia na nutrição mineral. no crescimento vegetativo, na fotossíntese e na redução do nitrato, em Coffea arabica L.* Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1986. 61p. (Tese de Mestrado).
- ALVES, J. D. ; CORDEIRO, A. T. ; RENA, A. B. Relações entre a fotossíntese, resistência difusiva e variação circadiana da redução do nitrato em *Coffea arabica* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, Caxambu, 1985. *Anais...* Rio de Janeiro. IBC/MIC. , 1985, p.142-145.
- ASHLEY, D. A. & GOODSON, R. D. Effect of time and plant K status on ¹⁴C-labeled photosynthate movement in cotton. *Crop Science*, 12:888-890, 1972.
- AZCÓN-BIETO, J. Inhibition of photosynthesis by carbohydrates in wheat leaves. *Plant Physiol.*, 73:881-886, 1983.
- BECKLEY, V. A. Observation on coffee in Kenya. I. Chlorosis and die-back in coffee. *Emp. J. Exp. Agric.*, 3:203-209, 1935.

- BERINGER, H. & NOTHDURFT, F. Effects of potassium on plant and cellular structures. In: MUNSON, R.D. (ed). *Potassium in Agriculture*. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1985. p.351-367.
- BURDEKIN, D.A. Lyamungu die-back of arabica coffee in Tanganyika. I. Symptoms, distribution and experimental treatments. *Ann. appl. Biol.*, 53:281-289, 1984.
- CANNELL, M.G.R. Factors affecting arabica coffee bean size in Kenya. *Kenya Coffee*, 13:343-352, 1974.
- CANNELL, M.G.R. Crop physiological aspects of coffee bean yield. *Kenya Coffee*, 41:245-253, 1978.
- CARVAJAL, J.F. Potassium Nutrition of Coffee. In: MUNSON, R.D. (ed,3. *Potassium in Agriculture*. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1985. p.955-979.
- CARVALHO, C.H.S. de. *Relação entre a seca de ramos e a produção, teor de minerais, teor de amido e morte de raízes da progênie de Catimor UN-1359 (Coffea arabica L.)*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1985. 43p. (Tese de Mestrado).
- CHEBABI, M.A.A.; BARTHOLO, G.F.; PEREIRA, A.A. Avaliação e seleção de progenies de Catimor em Ponte Nova-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISAS CAFEIIRAS, 11, Londrina. 1984. *Anais...* Rio de Janeiro. IBC/MIC, 1884. p.151-152.
- CLOWES, M.St.J. Physiological dieback of coffea. *Rhod. agric. J.*, Salisbury. 70:85-88, 1973.
- DOMAN, D.C. & GEIGER, D.R. Effect of exogenously supplied foliar potassium on phloem loading in *Beta vulgaris* L. *Plant Physiol.*, 64:528-533, 1979.
- EVANS, H.J. & SORGER, G.J. Role of mineral elements with emphasis on the univalents cations. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 17:47-78, 1966.
- FASUOLI, L.C.; SARRUGE, J.R.; CAMARGO, P.N.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XX. Uma possível causa do desfolhamento e secamento subterminal ("Pescoço Pelado" ou "Pescoço de Galinha"). *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 24:207-214, 1987.
- FRANCO, C.M. & MENDES, H.C. Sintomas de deficiências minerais no cafeeiro. *Bragantia*, 9:165-173, 1949.
- GIAQUINTA, R.T. Phloem loading of sucrose. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 34:347-367, 1983.
- GIFFORD, R.M. & EVANS, L.T. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 32:485-509. 1981.

- HAAG, H.P. & MALAVOLTA E. Estudos sobre a alimentação do cafeeiro. III. Efeito das deficiências dos macronutrientes no crescimento e na composição química do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var Bourbon (B. Rodr.) Choussy) cultivado em solução nutritiva. *Rev. Café Português*, 20:7-20, 1950.
- HARTT, C.E. Effect of potassium deficiency upon translocation of ^{14}C in attached blades and entire plants of sugarcane. *Plant Physiol.*, 44:1461-1469, 1969.
- HAWKER, J.S.; MARSCHNER, H.; DOWNTON, W.J.S. Effects of sodium and potassium on starch synthesis in leaves. *Aust. J. Plant Physiol.*, 1:491-501, 1974.
- HEROLD, A. Regulation of photosynthesis by sink activity—the missing link. *New Phytol.*, 86:131-144, 1980.
- HUBER, S.C. Biochemical basis for effects of K-deficiency on assimilate export rate and accumulation of soluble sugars in soybean leaves. *Plant Physiol.*, 76:424-430, 1984.
- HUBER, S.C. Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: MUNSON, R.D. (ed), *Potassium in agriculture*. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1985. p.369-396.
- HUBER, S.C. & ISRAEL, D.W. Biochemical basis for partitioning of photosynthetically fixed carbon between starch and sucrose in soybean (*Glycine max* Merr.) leaves. *Plant Physiol.*, 69:691-696, 1982.
- HUBER, S.C. & MORELAND, D.E. Translocation. efflux of sugars across the plasmalemma of mesophyll protoplasts. *Plant Physiol.*, 65:560-562, 1980.
- KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L., a review. *Kenya Coffee*, 44:9-47, 1979.
- LINDEMAN, W. Observation on the behaviour of phosphate compounds in *Chlorella* at the transition from dark to light. In: *United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy*. Geneva. 24:8-15, 1958.
- LINDNER, R.C. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiol.*, 19:76-89, 1944.
- LOTT, W.L.; NERY, J.P.; GALLO, J.R.; MEDCALF, J.C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. New York, IBEC Research Institute. 1956. 40p. (Bol. Tec., 9).
- LOUE, A. *Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in the Ivory Coast*. Berne, International Potash Institute, 1957. 68p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds), *Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, Assoc. bras. Pesq. Potassa Fosfato, 1988. p.185-274.

- MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrientes: macronutrients. In: *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press. 1986. p.195-267.
- MCCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.*, 22:1156-1158, 1950.
- MENGEL, K. Potassium movement within plants and its importance in assimilate transport. In: MUNSON, R.D. (ed), *Potassium in Agriculture*. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1985. p.397-411.
- NITSOS, R.E. & EVANS, H.J. Effects of univalent cations on the activity of particulate starch synthetase. *Plant Physiol.*, 44:1260-1266, 1989.
- NUTMAN, F.G. The root-system of *Coffea arabica*. 11. The effect of some soil conditions in modifying the "normal" root-system. *Emp. J. Exp. Agric.*, 1:285-296, 1933.
- O'TOOLE, J.C.; TREHARNE, K.; TURNIPSEED, M.; CROOKSTON, K.; OZBUN, J. Effect of potassium nutrition on the leaf anatomy and net photosynthesis of *Phaseolus vulgaris* L. *New Phytol.*, 84:623-630, 1980.
- PATEL, R.Z. A note on the seasonal variations in starch content of different parts of arabica coffee trees. *East Afr. Agric. For. J.*, 38:1-4, 1970.
- PEASLEE, D.E. & MOSS, D.N. Stomatal conductivities in K-deficient leaves of maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*. 8:427-430, 1988.
- PEREIRA, J.B.D. & NETTO, K. de A. Comportamento de progenies de Catimor e outras na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISAS CAFEIIRAS, 7. Araxá, 1979. *Anais...* Rio de Janeiro. IBC/MIC, 1979. p.158-159.
- PEOPLES, T.R. & KOCH, D.W. Role of potassium in carbon dioxide assimilation in *Medicago sativa* L. *Plant Physiol.*, 63:878-881, 1979.
- RENA, A.B.; CALDAS, L.S.; JOHNSON, C.E.; PEREIRA, A.A. Fotossíntese e o depauperamento de algumas progenies de café resistentes à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISAS CAFEIIRAS, 10, Poços de Caldas. 1983. *Anais...* Rio de Janeiro, IBC/MIC, 1983a. p.171-172.
- RENA, A.B. & MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). *Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, Assoc. bras. Pesq. Potassa Fosfato, 1986. p.13-85.

- RENA, A. B. ; PEREIRA, A. A. ; BARTHOLO, G.F. Status mineral e a degenerescência precoce de algumas progenies de café resistentes à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. *Anais...* Rio de Janeiro, IBC/MIC, 1983b, p.170.
- RENA, A. B. ; PEREIRA, A. A. ; BARTHOLO, G.F. Teor foliar de minerais, conteúdo caulinar de amido e o depauperamento de algumas progenies de café resistentes à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. *Anais...* Rio de Janeiro, IBC/MIC, 1983c, p.169-170.
- RIBEIRO FILHO, J. Estudo preliminar sobre a incidencia do "secamento de ponteiros" ou "die-back" em algumas variedades de café (Coffea arabica L.). *Rev. Ceres.* 59:413-421, 1958.
- SALISBURY, F.F. & ROSS, C.W. Photosynthesis: environmental and agricultural aspects. In: *Plant Physiology* . 3ed, Wadsworth Publishing Company, 1985. p.216-228.
- SANTINATO, R. ; BARROS, U.V. ; FIGUEIREDO, J.P.F. ; SILVA, O.A. Modos de adubação e fornecimento do potássio ao cafeeiro em produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, Londrina, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, IBC/MIC, 1984. p. 83-85.
- STIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *J. Plant Nutr.*, 4:289-302, 1981.
- SILVIUS, J.E. ; KREMER, D.F. ; LEE, D.R. Carbon assimilation and translocation in soybean leaves at different stages of development. *Plant Physiol.* , 62:54-58, 1978.
- SOUZA** V.H. da S. e; MAESIRI, M. ; BRAGA, J.M. ; CHAVES, J.R.P. Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café (Coffea arabica L. var Mundo Novo). *Rev. Ceres.* 22:318-331, 1975.
- SYLVAIN, P.G. Long-range objectives in studies of the physiology of coffee. *Turrialba*, 4:13-22, 1954.
- SYLVAIN, P.G. *Algunos trastornos fisiológicos del café.* Turrialba, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1959. 17p.
- UMBREIT, W.W. ; BURRIS, R.H. ; SEAUFFER, J.F. *Manometric and Biochemical Techniques*. 3ed. Minneapolis. Minnesota. Burgess, 1972. 387p.
- WARD, G.M. Potassium in plant metabolism. III. Some carbohydrate changes in the wheat seedling associated with varying rates of supply. *Can. J. Plant Sci.* , 40:729-735, 1960.

WILLSON, K.C. Mineral nutrition and fertiliser needs. In: CLIFFORD, M.N. & WILLSON, K.C. (eds). *Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. London, Croom Helm. 1985. p.135-156.