

TROCAS GASOSAS EM MUDAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) SUBMETIDAS AO EXCESSO DE ÁGUA

Helbert Rezende de Oliveira Silveira¹, Kamila Rezende Dázio de Souza¹, Meline de Oliveira Santos¹, Dárlan Einstein do Livramento², João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa³, José Donizeti Alves³

¹ Doutorando(a) em Fisiologia Vegetal - DBI, UFLA, Lavras - MG, helbert_rezende@yahoo.com.br

² Pesquisador Prodoc/CAPES, Setor de Fisiologia Vegetal - DBI, UFLA, Lavras - MG.

³ Professor do DBI, Fisiologia Vegetal, UFLA, Lavras - MG.

RESUMO: O presente estudo objetivou avaliar o efeito do excesso de água sobre as trocas gasosas em mudas de Mundo Novo IAC 379-19 e Catuaí Vermelho IAC 44. As mudas contendo oito pares de folhas completamente expandidas foram submetidas a três condições de disponibilidade de água no solo: capacidade de campo, encharcamento intermitente e encharcamento contínuo. As trocas gasosas foram medidas em folhas completamente expandidas do terço superior das mudas, utilizando-se um analisador portátil de gás por infravermelho (IRGA). Mudas de café Mundo Novo e Catuaí expostas ao estresse hipóxico sofreram fortes reduções nas trocas gasosas com o ambiente. A exposição ao encharcamento intermitente e contínuo reduziu a qualidade fisiológica de mudas de café.

Palavras-chave: Café Mundo Novo, Café Catuaí, Regimes hídricos, Encharcamento.

GAS EXCHANGES IN COFFEE SEEDLINGS (*Coffea arabica* L.) UNDER WATER EXCESS

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the effect of water excess on gas exchange in seedlings of Mundo Novo IAC 379-19 and Catuaí Vermelho IAC 44. Seedlings containing eight pairs of fully expanded leaves were submitted to three conditions of water availability: field capacity, intermittent waterlogging and continuous waterlogging. Gas exchanges were measured in fully expanded leaves of the upper third of the seedlings, using an Infra Red Gas Analyser (IRGA). Coffee seedlings Mundo Novo and Catuaí exposed to hypoxic stress suffered severe reductions in the gas exchanges with the environment. The exposure to intermittent and continuous waterlogging reduced the physiological quality of coffee seedlings.

Key words: Coffee Mundo Novo, Coffee Catuaí, Water status, waterlogging.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas no Brasil, o café está sendo plantado em regiões com altas temperaturas e déficits hídricos acentuados. O plantio nessas áreas, até então consideradas impróprias à produção, somente têm sido possível graças ao aperfeiçoamento das técnicas de irrigação. Entretanto, em áreas cafeeiras muito extensas é comum superdimensionamento da irrigação, ou seja, colocando água a mais do que o necessário, ocasionando, não raro, o encharcamento do solo. Esta condição predispõe as raízes a um ambiente com déficit de oxigênio, o que leva à respiração anaeróbica radicular, reduzindo os níveis de energia, absorção e transporte de íons (KOZLOWSKI, 1997). Concomitantemente a esses efeitos indesejáveis, observam-se fortes reduções na fotossíntese o com reflexo negativos na produção (LIAO; LIN, 2001). Pelo exposto, objetivou-se nesta pesquisa estudar as trocas gasosas associadas ao comportamento estomático em mudas de Mundo Novo IAC 379-19 e Catuaí Vermelho IAC 44 submetidas ao excesso de água.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de janeiro a junho de 2010, em viveiro com 50% de sombra no Setor de Fisiologia Vegetal no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras. Quando as mudas atingiram quatro pares de folhas completamente expandidas foram transplantadas para sacos de polietileno perfurados, de cor preta, com as dimensões 15 x 25 cm e volume de 4,4 L. O substrato foi o padrão para mudas de café, constituído de 700 litros de terra de subsolo peneirada, 300 litros de esterco de curral curtido e peneirado, 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio (GUIMARÃES et al., 2002).

Após aclimação, as mudas, contendo oito pares de folhas completamente expandidas, foram submetidas a três diferentes condições de disponibilidade de água no substrato. O primeiro tratamento foi o controle, em que as mudas foram mantidas com umidade do substrato próxima à capacidade de campo (CC). A irrigação foi realizada diariamente, a partir do controle da umidade do substrato nas mudas visualmente. O segundo tratamento constou de encharcamento contínuo do substrato, de maneira que as mudas foram acondicionadas em recipientes que permitissem a manutenção de uma lâmina de água em cerca de dois terços do volume total do substrato (Cont). As mudas permaneceram nesta condição de encharcamento durante todo o período amostral, sendo a lâmina de água constante.

Quanto ao terceiro tratamento, encharcamento intermitente do substrato (Int), as mudas permaneciam sob ciclo de três dias de encharcamento contínuo e quatro dias sob capacidade de campo, ao longo de todo o período experimental.

As trocas gasosas foram medidas em folhas completamente expandidas do terço superior das mudas, utilizando-se um analisador portátil de gás por infravermelho (IRGA – ADC-LCA4). As características avaliadas foram: taxa fotossintética líquida (A), concentração intercelular de CO₂ (Ci), concentração atmosférica de CO₂ (Ca), condutância estomática (gs), transpiração (E), densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) e temperatura foliar (Tf). Todas as avaliações foram realizadas em dias tipicamente ensolarados, com pouca nebulosidade, entre 9 e 10 horas (horário solar). Para a taxa fotossintética líquida e a transpiração foi calculada a inclinação da reta destas variáveis, quando submetidas à condição controle de capacidade de campo. Tomando esta inclinação como a interferência ambiental, subtraiu-se a mesma dos demais tratamentos, obtendo assim, somente a interferência do tratamento nas cultivares.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcela experimental composta por duas plantas, totalizando 24 plantas por cultivar. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo programa estatístico SISVAR 4.3. As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de probabilidade. O estudo do comportamento dos tratamentos ao longo do período experimental foi realizado através de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O encharcamento provocou alterações nas taxas fotossintéticas (Figura 1). Comparativamente ao controle, Mundo Novo e Catuaí apresentaram aos dois meses de contínuo encharcamento decréscimos na ordem de 45 e 78% na fotossíntese líquida, respectivamente. Esta última cultivar apresentou também variações quanto ao encharcamento intermitente uma vez que a fotossíntese foi diminuída em 46%. Este decréscimo passou a ser mais pronunciado aos cinco meses de estresse, principalmente nas mudas mantidas sob encharcamento contínuo, cuja taxa aproximou-se de zero para ambas as cultivares. Desde o início da aplicação dos tratamentos, as taxas fotossintéticas caíram quase que continuamente (Figura 2). Para o Mundo Novo sob encharcamento contínuo e intermitente, os valores da fotossíntese aos cinco meses foram, respectivamente, 89 e 49% menores que o valor inicial. Para o Catuaí, esses valores foram de 97 e 51%.

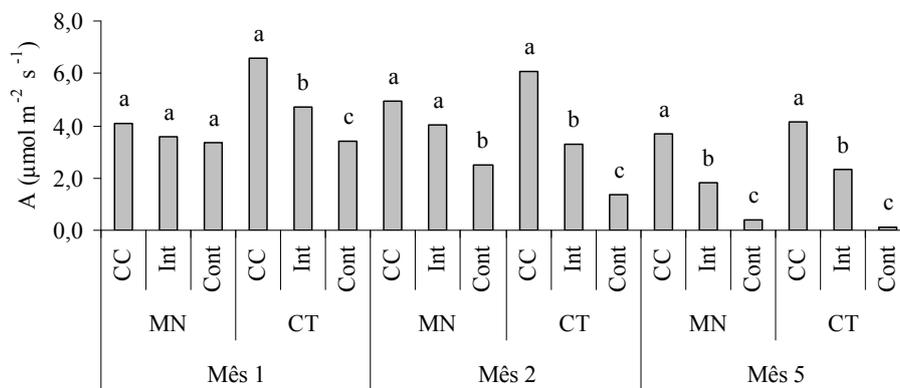


Figura 1 - Taxa fotossintética líquida de cultivares de café Mundo Novo (MN) e Catuaí (CT) submetidas a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont). As letras comparam as médias entre os regimes hídricos em cada época para cada cultivar, com base no teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). C.V. (%): 33,7.

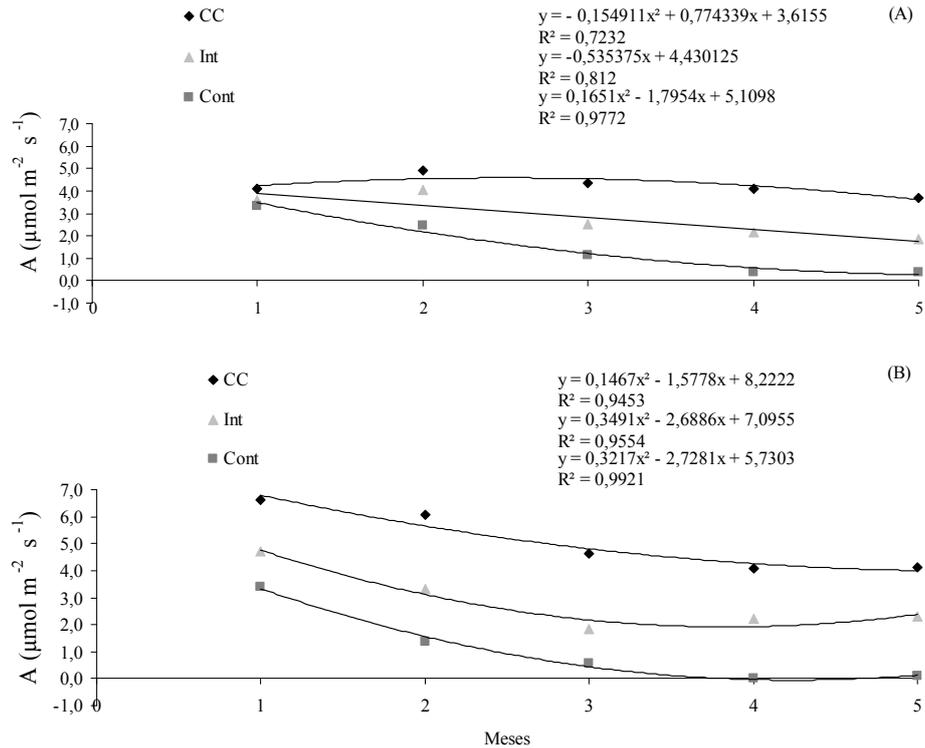


Figura 2 – Evolução da taxa fotossintética líquida de cultivares de café Mundo Novo (MN) (A) Catuaí (CT) (B) submetidas por 5 meses a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont).

Assim como a fotossíntese, a transpiração também foi fortemente afetada em relação ao tempo de estresse hipóxico a que as mudas foram submetidas. Até os dois meses de estresse, as taxas transpiratórias foram inferiores às do controle (Figura 3). A partir da terceira semana após indução às diferentes condições de disponibilidade de água no substrato, houve uma queda na taxa transpiratória, sendo esta mais acentuada nas mudas controle. Aos cinco meses, todas as mudas estavam transpirando a taxas próximas (Figura 4).

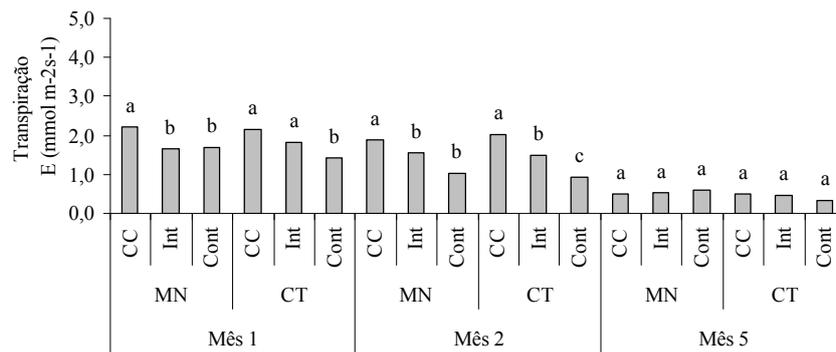


Figura 3 - Transpiração de cultivares de café Mundo Novo (MN) e Catuaí (CT) submetidas a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont). As letras comparam as médias entre os regimes hídricos em cada época para cada cultivar, com base no teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). C.V. (%): 31,7.

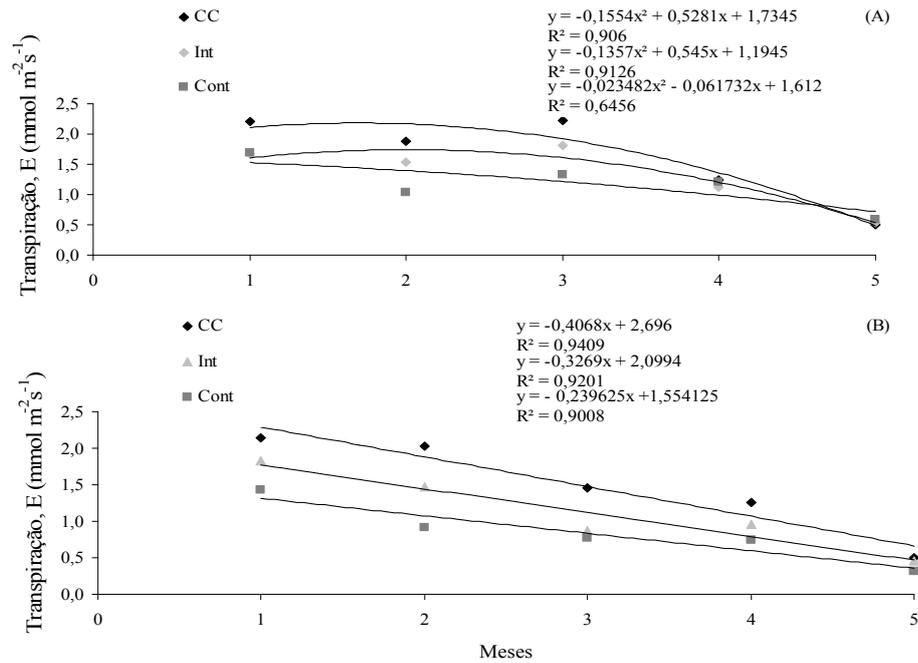


Figura 4 – Evolução da transpiração de cultivares de café, Mundo Novo (MN) (A) e Catuaí (CT) (B) submetidas por 5 meses a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont).

As variações nas trocas gasosas observadas acima refletem o comportamento dos estômatos durante o período experimental (Figura 5). O que se pode destacar foi também a queda na condutância estomática com a continuidade do estresse observada na segunda avaliação, aos dois meses. A redução da condutância estomática pode estar relacionada à produção de ácido abscísico nas raízes ou nas folhas mais velhas, já que este hormônio tem sido apontado como um importante mecanismo responsável pelo fechamento estomático em condições de excesso de água no solo (ZHANG; ZHANG, 1994; YORDANOV et al., 2005).

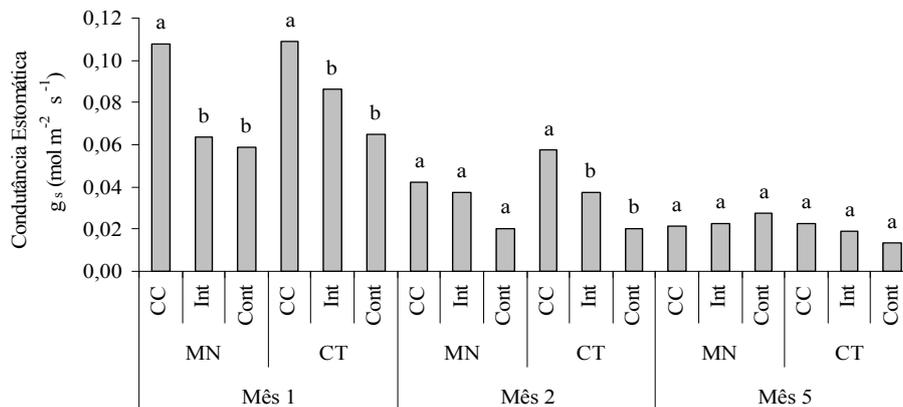


Figura 5 - Condutância estomática de cultivares de café Mundo Novo (MN) e Catuaí (CT) submetidas a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont). As letras comparam as médias entre os regimes hídricos em cada época para cada cultivar, com base no teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). C.V. (%): 54,8.

Durante a condução do experimento verificou-se que a temperatura do ar, a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos e o déficit de pressão de vapor (Figura 6) apresentaram o mesmo comportamento, com um aumento nestas variáveis no segundo mês de condução do experimento seguido de queda nos demais meses. Assim, pode-se inferir que houve, além da influência das diferentes condições de disponibilidade de água no substrato, uma influência das mudanças climáticas durante a condução do experimento. Pelo fato do experimento ter sido implantado no verão e a condução deste foi até o outono houve influência da sazonalidade, que provocou esta queda nos parâmetros fisiológicos.

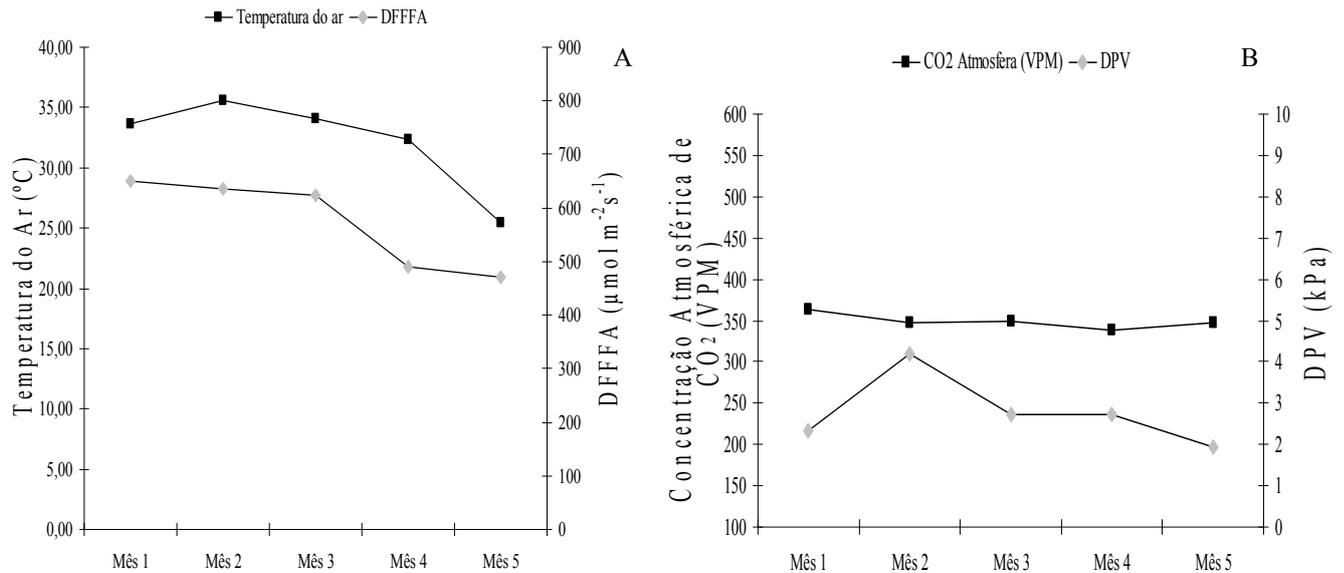


Figura 6 - Temperatura foliar e densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) (A) e Concentração atmosférica de CO₂ e déficit de pressão de vapor (DPV) (B) observado nos 5 meses de avaliação do experimento.

Isolando a influência do meio ambiente na taxa fotossintética líquida e na transpiração da cultivar Mundo Novo, podemos observar que houve uma redução considerável durante a condução do experimento, de 38 e 65% na fotossíntese e de 13 e 20% na transpiração, para o encharcamento intermitente e contínuo, respectivamente. Já a cultivar Catuaí apresentou uma interferência mais acentuada na taxa fotossintética líquida devido às mudanças sazonais durante a condução do experimento. Isolando-se estas interferências, tanto no encharcamento intermitente quanto no contínuo houve uma variação somente de 10% devido ao efeito do tratamento. Em relação à transpiração, a cultivar Catuaí apresentou uma redução de 8% no encharcamento intermitente e de 17% no encharcamento contínuo (Tabela 1).

Tabela 1 – Taxa fotossintética líquida (A) transpiração (E), taxa fotossintética líquida, subtraído o efeito do ambiente (A - A) e transpiração, subtraído o efeito do ambiente (E - A) de cultivares de café Mundo Novo e Catuaí em diferentes condições de disponibilidade de água no substrato: encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont) durante a condução do estresse hipóxico a que as mudas foram submetidas.

		A (%)	A - A (%)	E (%)	E - A (%)
Mundo Novo	Int	53,5	38,0	26,9	13,5
	Cont	80,5	64,9	20,2	20,2
Catuaí	Int	59,4	10,3	32,7	8,0
	Cont	79,8	10,0	23,9	16,7

Até o momento os dados mostraram a magnitude das trocas gasosas. A análise da razão entre as concentrações intercelular (Ci) e atmosférica (Ca) de CO₂ (Ci/Ca) pode revelar se o CO₂ está sendo consumido pelas reações de carboxilação na folha (Figura 7). O que se percebe aos dois meses de estresse é que a cultivar Catuaí apresentou uma maior razão, quando sob encharcamento contínuo. Já na Mundo Novo, esta maior relação somente foi observada aos cinco meses após a indução do estresse. Considerando-se que a concentração de CO₂ atmosférica manteve-se constante (Figura 6), o aumento na relação Ci/Ca deveu-se apenas a variações na concentração intercelular de carbono (Ci). Uma vez que não houve diferenças significativas na condutância estomática e na transpiração das plantas controle e estressadas aos cinco meses de indução do estresse, os dados revelam que a queda na fotossíntese (Figura 2) estava diretamente relacionada à queda na atividade metabólica das reações de carboxilação. Desse modo, se a concentração intercelular de CO₂ está aumentando, pode-se deduzir que o CO₂ que estava chegando às células do mesófilo não estava sendo fixado na fase carboxilativa, possivelmente por ocorrência de limitação bioquímica, devido a danos na estrutura da Rubisco ou redução na regeneração da Ribulose 1,5-bifosfato (RuBP) (LIAO; LIN, 2001).

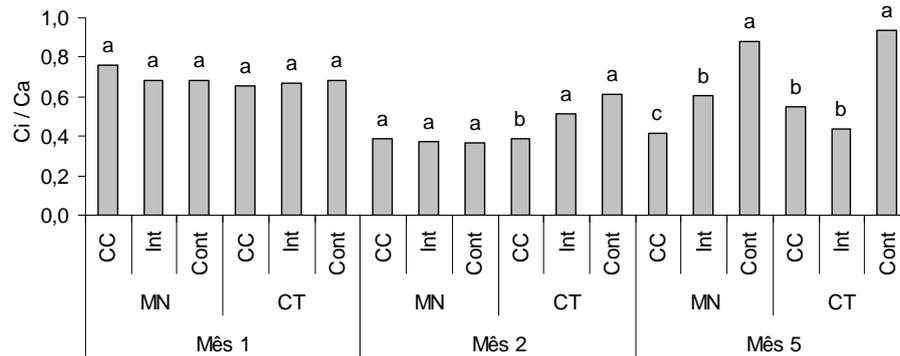


Figura 7 - Razão entre as concentrações intercelular (Ci) e atmosférica (Ca) de CO₂ de cultivares de café Mundo Novo (MN) e Catuaí (CT) submetidas a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont). As letras comparam as médias entre os regimes hídricos em cada época para cada cultivar, com base no teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). C.V. (%): 26,9.

CONCLUSÃO

Mudas de café Mundo Novo e Catuaí expostas ao encharcamento intermitente e contínuo sofreram fortes reduções nas trocas gasosas com o ambiente. O estresse hipóxico também promoveu uma menor atividade carboxilativa na etapa bioquímica da fotossíntese, promovendo redução na qualidade fisiológica de mudas de café.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, à CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro e concessão de bolsas de estudo. À FAPEMIG pelo apoio financeiro para participação no VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil

REFERÊNCIAS

- GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafecultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 317p. 2002.
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, Victoria, n. 1, p. 1-29, 1997.
- LIAO, C. T.; LIN, C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, v.25, p.148-157, 2001.
- PIMENTEL, J. S.; SILVA, T. J. A.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; FOLEGATTI, M. V.; MONTENEGRO, A. A. A. Estimation of transpiration in coffee crop using heat dissipation sensors. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** Campina Grande. vol.14 no.2 Feb, 2010.
- SILVA, S. D. A.; SERENO, M. J. C. M.; SILVA, C. F. L.; NETO, J. F. B. Combining the ability of maize genotypes for flooding tolerance. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.391-396, mar-abr, 2006.
- VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Plant adaptations to anaerobic stress. **Annals of Botany**, London, v. 79, p. 3-20, 1997.
- YORDANOV, N. D.; ALEKSIEVA, K.; MANSOUR, I. Improvement of the EPR detection of irradiated dry plants using microwave saturation and thermal treatment. **Radiat. Phys. Chem.** 73, pp. 55-60, 2005.
- ZHANG, J.; ZHANG, X. Can early wilting of old leaves account for much of the ABA accumulation in flooded pea plants? **Journal of Experimental Botany**, 45: 1335-1342, 1994.