



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FLORAIS DE *Coffea arabica* L. EM EXPERIMENTO FACE (FREE-AIR CO₂ ENRICHMENT)

Andréia Perpetua da **Silva**¹; Kátia Sampaio **Malagodi-Braga**²

Nº 15413

RESUMO - Apesar da importância da cultura do café no Brasil e no mundo e das preocupações crescentes sobre os riscos associados à mudança climática, há pouquíssima informação sobre os efeitos do aumento do CO₂ atmosférico sobre o cultivo do café. Considerando que o processo de produção de grãos depende diretamente do processo de polinização e este está relacionado às características florais, este estudo tem como objetivo avaliar, ao longo do tempo, a ocorrência de possíveis alterações na biologia floral do café Arábica, cultivar Catuaí, sob sistema convencional de produção com enriquecimento de CO₂ atmosférico. Nas floradas de 2013 e 2014 foram avaliados o desenvolvimento do botão floral e a produção de néctar e de flores sob dois tratamentos: com e sem aumento na concentração de CO₂ em experimento FACE (Free-Air CO₂ enrichment). Os resultados obtidos demonstraram que nessas primeiras floradas o enriquecimento com CO₂ não promoveu alterações no desenvolvimento do botão floral, nem na produção de néctar e de flores. Contudo, alterações na biologia floral podem ser um efeito de mais longo prazo que somente poderá ser evidenciado com a continuidade deste estudo.

Palavras-chaves: café, gás carbônico, mudanças climáticas, biologia floral.

¹ Bolsista Embrapa: Graduação em Ciências Biológicas, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas-SP; deiaperpetua.2010@yahoo.com

² Orientadora: Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; katia.braga@embrapa.com.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

ABSTRACT - *Despite the importance of the coffee crop in Brazil and in the world, and the increasing concerns about the risks associated with climate change, there is very little information on the effects of increased atmospheric CO₂ on this crop. Whereas the crop yield directly depends on the pollination process and this is related to floral characteristics, this study aims to evaluate, over time, the occurrence of possible changes in the floral biology of Arabica coffee, cv. Catuaí, under conventional production system with atmospheric CO₂ enrichment. During the blooming of 2013 and 2014 it was evaluated the development of the floral buds, the nectar and flowers production under two treatments: with and without increased in CO₂ concentration in the FACE experiment (Free-Air CO₂ enrichment). The results showed that in these first blooming, the CO₂ enrichment did not change the development of flower buds and the production of nectar and flowers. However, changes in floral biology may be a longer term effect that will can be evidenced only by the continuation of this study.*

Key-words: coffee, carbon dioxide, climate change, floral biology.

1 INTRODUÇÃO

Dentre todas as alterações previstas pelas mudanças climáticas, há unanimidade quanto ao aumento da concentração de CO₂ atmosférico. Antes da Revolução Industrial a concentração deste gás na atmosfera era de 280 ppm, aumentando para 360 ppm em 2000, e atingindo, atualmente, 380 ppm. Até o final do século a previsão é de 550 ppm em um cenário mais otimista, e, em um mais pessimista, é de 1000 ppm (IPCC,2007).

Experimentos com enriquecimento de CO₂ livre (FACE) têm permitido estudar os efeitos da elevação na concentração deste gás nas plantas e em sistemas produtivos sob condições naturais, sem o uso de estufas. Ainsworth e Long (2005), analisaram os resultados de 12 experimentos FACE, e verificaram que, em geral, as plantas expostas a uma elevada concentração de CO₂ apresentaram um maior crescimento em altura, troncos mais largos e um número maior de ramos e folhas. Também verificaram que a magnitude destas respostas variou entre as espécies, estações de crescimento e condições experimentais.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015 10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

Para a cultura do café Arábica, Ghini e colaboradores (2015) verificaram durante os primeiros dois anos do experimento FACE, um aumento na produção e no crescimento das plantas sujeitas a uma maior concentração de CO₂, destacando a manutenção de taxas elevadas de fotossíntese e o uso eficiente de água por essas plantas.

Segundo Bazzaz (1990) devido aos efeitos bem estabelecidos da elevação do CO₂ sobre o crescimento da planta, é esperado que aspectos da reprodução como a fenologia da floração, o aborto de sementes e flores e a qualidade das sementes, dentre outros, também sejam afetados.

Em experimentos realizados em estufa de vidro, Rusterholz e Erhardt (1998) estudaram os efeitos do aumento da concentração de CO₂ (660 microlitro/litro por 60 a 80 dias) na fenologia da floração e na produção de néctar de diferentes espécies. Eles verificaram que os parâmetros afetados por este aumento não foram os mesmos entre as espécies estudadas e que algumas espécies apresentaram respostas diferentes para um mesmo parâmetro. As alterações que esses autores obtiveram foram: aumento no desenvolvimento dos botões florais, floração precoce, maior e menor produção de flores, diminuição significativa na produção de néctar, dentre outras.

Assim, considerando que o processo de produção de grãos depende diretamente do processo de polinização e este é influenciado pelas características florais, este estudo pretende avaliar, ao longo do tempo, a ocorrência de alterações na biologia floral da cultivar Catuaí sob enriquecimento com CO₂ e seus efeitos na produção de grãos. Neste trabalho, são apresentados os resultados obtidos nas duas primeiras floradas (2013 e 2014), para o desenvolvimento dos botões florais e para a produção de flores e de néctar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento FACE (Free-Air CO₂ enrichment) foi instalado na Embrapa Meio Ambiente, em 25 de agosto de 2011, em Jaguariúna (22°43'S, 47°01'W, 570 m acima do nível do mar), SP, Brasil. O solo na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho distrófico e o clima é subtropical úmido do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen, com verões chuvosos e quentes e invernos frios e secos.

O FACE foi usado para aumentar a concentração de CO₂ no ambiente de seis parcelas delimitadas em um anel, através de uma estrutura metálica com 10 m de diâmetro. Outras seis parcelas também delimitadas pelo mesmo anel, sem a injeção de CO₂, foram utilizadas como



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015 10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

controle. As 12 parcelas foram espaçadas dentro de um cultivo de café de 7 hectares, de modo a evitar a contaminação entre as parcelas tratadas e não tratadas.

Para o aumento no nível de CO₂ atmosférico nas 6 parcelas tratadas, foi injetado CO₂ puro em concentrações próximas a 550 ppm (cenário mais otimista segundo IPCC, 2007), utilizando um arranjo octagonal de tubos e uma tecnologia de rede de sensores sem fio para manter as concentrações nos níveis prescritos.

Durante os anos de 2013 e 2014 avaliou-se o comprimento da corola nos botões florais em pré-antese, o volume de néctar em flores de 1 dia e o número de flores produzidas por ramo sob dois tratamentos: sem aumento na concentração de CO₂ (controle) e com enriquecimento de CO₂.

Para o estudo dos dois primeiros parâmetros foram ensacadas as pontas de ramos do terço mediano das plantas no início da formação dos botões florais. Dessas pontas, nos dois anos de estudo, foram removidos botões florais em pré-antese e seu comprimento (da base até ponta da pétala) foi medido através de uma régua milimetrada com auxílio de um microscópio estereoscópico.

Após a abertura dos botões ensacados, flores em seu primeiro dia de vida, foram utilizadas para a coleta de néctar na própria área de cultivo, no período das 9h20 às 13h20. O volume de néctar produzido por flor foi determinado utilizando-se uma microseringa graduada com capacidade de 10 microlitros.

Para determinar o número de flores produzidas por ramo, nos dois tratamentos, foi ensacado um ramo por planta, na porção mediana das mesmas no início da formação dos botões florais. Os ramos permaneceram ensacados até a senescência e queda das estruturas florais, quando os sacos foram removidos e as estruturas florais contadas e classificadas como flores normais e botões. A taxa de aborto foi determinada como a porcentagem de botões (flores que não abriram) em relação ao total de estruturas florais produzidas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois primeiros anos de estudo o enriquecimento com CO₂ não provocou alterações no desenvolvimento dos botões florais e nem na produção de néctar por flor (Tabelas 1 e 2). Os valores obtidos para o comprimento dos botões em pré-antese foram muito próximos entre os tratamentos e apresentaram uma baixa variação entre as amostras (Tabela 1). Em 2014, com um



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

número maior de amostras, esses valores foram praticamente idênticos, porém maiores que em 2013 (Tabela1). Esses dados ainda serão analisados estatisticamente.

Tabela 1. Média, desvio padrão e coeficiente de variação (entre parênteses) obtidos para o comprimento dos botões florais de *Coffea arabica* (cv. Catuai) em pré-antese, nas floradas de 2013 e 2014, em Jaguariúna/SP.

Ano	Tratamento	Botões (n)	Comprimento (cm)
2013	Enriquecido com CO ₂	17	1,42 ± 0,20 (13,92%)
	Controle	12	1,24 ± 0,32 (25,75%)
2014	Enriquecido com CO ₂	128	1,74 ± 0,19 (10,76%)
	Controle	107	1,74 ± 0,18 (10,44%)

Da mesma forma, os valores médios obtidos para o volume de néctar produzido por flor foram próximos entre os dois tratamentos, porém a variação entre as amostras foi bastante acentuada nos dois anos de estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Média, desvio padrão e coeficiente de variação (entre parênteses) para o volume de néctar de flores de *Coffea arabica* cv. Catuai, com idade de 1 dia, obtido entre 9h e 11h da manhã, nas floradas de 2013 e 2014, em Jaguariúna/SP.

Ano	Tratamento	Flores (n)	Volume de néctar (µl)
2013	Enriquecido com CO ₂	15	1,45 ± 0,81 (56,1%)
	Controle	20	1,55 ± 0,70 (45,6%)
2014	Enriquecido com CO ₂	14	4,17 ± 3,07 (73,7%)
	Controle	13	4,04 ± 2,24 (55,4%)

Contudo, é interessante notar que, no tratamento com enriquecimento de CO₂, houve uma maior variação nos valores obtidos (coeficiente de variação) nos dois anos de estudo. Esse resultado pode ser um reflexo de um processo fisiológico de adaptação das plantas ao enriquecimento com CO₂ o que poderá ser confirmado com a continuidade deste estudo.

Parâmetros florais como tamanho, forma, cor e padrão podem influenciar fortemente a atração e o comportamento dos polinizadores (Waser, 1983). Trabalhos realizados no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) concluíram que são os insetos (abelhas principalmente), o vento e a própria gravidade, os principais agentes de polinização do cafeeiro (Melo e Souza, 2011). As



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015 10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

plantas de café Arábica são autoférteis e apresentam uma taxa de alogamia de aproximadamente 10%. Diversos estudos têm demonstrado que as inflorescências quando submetidas aos visitantes florais produzem significativamente mais frutos e com peso médio superior (ROUBIK, 2002; KLEIN et al., 2003; RICKETTS et al., 2004).

Quanto à produção de flores por ramo, houve uma acentuada variação nos valores obtidos em ambos os tratamentos, principalmente, em 2014. Como essa variação pode ser um resultado do número relativamente pequeno de ramos amostrados (Tabela 3), pretende-se aumentar esse número na florada de 2015.

Tabela 3. Média, desvio padrão e coeficiente de variação (entre parênteses) obtidos para o número de flores, normais, taxa de aborto das estruturas reprodutivas de *Coffea arabica* cv. Catuaí, com idade de 1 dia, nas floradas de 2013 e 2014, em Jaguariúna/SP.

Ano	Tratamento	Ramos (n)	Flores Normais	Taxa de aborto (%)
2013	Enriquecido com CO ₂	6	301,3 ± 95,2 (31,6%)	45,7 ± 37,6 (82,3%)
	Controle	5	248,0 ± 114,8 (46,3%)	48,8 ± 40,0 (82,0%)
2014	Enriquecido com CO ₂	13	40,7 ± 30,2 (74,1%)	11,5 ± 11,9 (103,3 %)
	Controle	7	22,1 ± 21,1 (95,4%)	29,3 ± 13,8 (47,3%)

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos até o momento não revelaram alterações promovidas pelo enriquecimento com CO₂ nos parâmetros estudados. Essas alterações podem ser um efeito de longo prazo que somente poderá ser evidenciado com a continuidade deste estudo, juntamente com o aumento do esforço amostral.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Embrapa pela bolsa concedida e a todos os colegas e funcionários da Embrapa Meio Ambiente pela contribuição na manutenção do experimento FACE.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, E. A., LONG, S.P. What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New Phytologist*, v.165, p.351-372, 2005



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

BAZZAZ, F. A. The response of natural ecosystems to the rising global CO₂ levels. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.21, p.167–196, 1990.

GHINI, R., TORRE-NETO, A., DENTZIEN, A. F. M., GUERREIRO-FILHO, O., TOST, R., PATRÍCIO, F. R. A., PRADO, J. S. M., THOMAZIELLO, R. A., BETTIOL, W., DAMATTA, F. M. Coffee growth, pest and yield responses to free-air CO₂ enrichment. **Climatic Change**, online version, DOI 10.1007/s10584-015-1422-2. 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: SOLOON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; M. TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Ed.). **Climate Change 2007: the physical science basis**. Cambridge: IPCC: Cambridge University Press, 2007.

KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER, TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, v.90, n.1; p.153–157. 2003.

MELO, B. de; SOUZA, L.B. de Biologia da reprodução de *Coffea arábica* L. e *Coffea canfora* Pierre. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, p.01-07. 2011.

RICKETTS, T. H., DAILY, G. C., EHRLICH, P. R., MICHENER, C. D. Economic value of tropical forest to coffee production. **PNAS**, v.101, n,34, p.12579-12582, 2004

ROUBIK D. W. Feral African bees augment neotropical coffee yield. In: KEVAN, P; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. (Ed.) **Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature** - Ministry of Environment / Brasília. p.255-266, 2002.

RUSTERHOLZ, H. P., ERHARDT, A. Effects of elevated CO₂ on flowering phenology and nectar production of nectar plants important for butterflies of calcareous grasslands. **Oecologia**, v.113, p.341-349, 1998.

WASER, N. M. The adaptative nature of floral traits: ideas and evidence. In: REAL, L. **Pollination biology**, Orlando, 1983, p. 242-285.