

DESENVOLVIMENTO DE ESTRUTURA EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM CULTURAS AGRÍCOLAS

JOÃO BATISTA LOPES DA SILVA¹, PAULO AFONSO FERREIRA², VITOR SOUZA MARTINS³, LUANNA CHÁCARA PIRES⁴, FLÁVIO BARBOSA JUSTINO⁵

¹ Eng. Agrícola e Ambiental, Pós-doutorando em Meteorologia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa-MG, Fone: (31) 3899-3466, silvajbl@yahoo.com.br

² Eng. Agrônomo, Professor Ph. D., Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, pafonso@ufv.br

³ Estudante de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, vitormartins9@hotmail.com

⁴ Zootecnista, Doutoranda em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, lualu66@yahoo.com.br

⁵ Meteorologista, Professor Ph. D. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, fjustino@ufv.br

Apresentado no
XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES

RESUMO: Neste trabalho objetivou-se desenvolver câmaras de topo aberto para criar uma atmosfera enriquecida com CO₂ para o cultivo de plantas. As câmaras desenvolvidas foram compostas por módulos retangulares para acompanhar o crescimento das plantas, constituídos de estrutura metálica envoltos nas laterais por filme plástico transparente. O sistema de injeção de ar nas câmaras foi por meio de um ventilador centrífugo, em que o fluxo de ar era distribuído por tubos de PVC perfurados. Foram coletados dados de radiação PAR (Radiação Fotossinteticamente Ativa) e temperatura dentro e fora da câmara. Para avaliar o desempenho das câmaras foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos e seis repetições para analisar os dados da PAR e outro DIC com três tratamentos e 91 repetições para a temperatura. As câmaras desenvolvidas alteram o micro clima interno, apresentando acréscimos em cerca de de 2°C na temperatura média diária, como também reduz, em média, a radiação PAR em 25,41%. O acréscimo de módulos na estrutura das câmaras de topo aberto otimiza o consumo de CO₂, reduzindo o custo experimental para se obter uma atmosfera com alta [CO₂].

PALAVRAS-CHAVES: câmaras de topo aberto, CO₂ e radiação PAR.

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL STRUCTURE FOR CLIMATIC CHANGES APPLICATIONS IN CROP SCIENCE

ABSTRACT: This study aims to develop open-top chambers to simulate the crop response to increased atmospheric [CO₂]. The chambers consist of rectangular modules with metal structure and side covered by transparent plastic film. The air injection system in the chambers is based on a centrifugal fan, in which the airflow is distributed by perforated PVC pipes. Data were collected for PAR (Photosynthetically active radiation) and temperature inside and outside the chambers. The experimental design is randomized with two treatments and six replications for analyzing the PAR, and randomized experimental with three treatments and 91 replications for temperature. The chambers developed alter the micro climate, showing increases in more than 2°C in average daily temperature and, on average, 25,41% in PAR. The additional modules in the structure of open-top chambers optimizes the consumption of CO₂, reducing the cost to obtain an experimental atmosphere with high [CO₂].

KEYWORDS: open-top chambers, CO₂, PAR radiation.

INTRODUÇÃO: Experimentos objetivando analisar os impactos das mudanças climáticas nas culturas agrícolas e nas plantas em geral são baseados, principalmente, no aumento da concentração de gases, como o CO₂ ou O₃ além de controlar outras variáveis ambientais como temperatura, água e luz. Pritchard e Amthor (2005) fazem uma descrição dos métodos experimentais, bem como comparações entre eles. Geralmente os métodos laboratoriais, como os tubos foliares, câmaras de crescimento e estufas de vidro, apresentam maior controle das variáveis ambientais, podendo constituir ótimas ferramentas para estudos dos efeitos das mudanças climáticas nas plantas, porém, seus resultados não podem ser extrapolados para condições de campo, em vista da pequena escala trabalhada. Já os métodos de campo, como as câmaras de topo aberto e os FACEs (*free-air CO₂ enrichment*) não apresentam o mesmo controle das variáveis ambientais ou, em alguns casos, nem o controle de determinadas variáveis, porém sua grande vantagem reside nos resultados dos efeitos da [CO₂] poderem ser extrapolados às escalas reais de campo. As desvantagens das câmaras de topo aberto em relação às FACEs, apontadas por Ainsworth e Long (2005) e Long *et al.* (2005), são a formação de um microclima diferente no ambiente dentro da câmara, com temperatura e umidade maiores que do ambiente e, também, menores quantidades de luz por causa da cobertura plástica das câmaras, sendo estas variáveis ambientais mais difíceis de serem controladas. Vantagens em relação às FACEs são o menor custo financeiro dos experimentos, como também ter o controle do teor de água no solo, permitindo experimentos com restrição hídrica às plantas. Desta forma, neste trabalho objetivou-se desenvolver câmaras de topo aberto, para possibilitar o enriquecimento do ar com CO₂ em cultivo de plantas.

MATERIAIS E MÉTODOS: As câmaras desenvolvidas foram baseadas em Costa (2003), Lobo (2003) e Souza (2007), diferindo destas por constituírem de módulos retangulares que permitem acompanhar o crescimento de diversas plantas, com fins agrícolas, além de portas laterais, nos módulos, objetivando facilitar a coleta de dados (Figura 1). No módulo superior é acoplada uma campânula para permitir o controle do teor de água no solo. As estruturas dos módulos e campânula foram construídas empregando segmentos de tubos ferro (12,5mm). Ambos, módulos e campânula foram envoltos com filme plástico transparente.

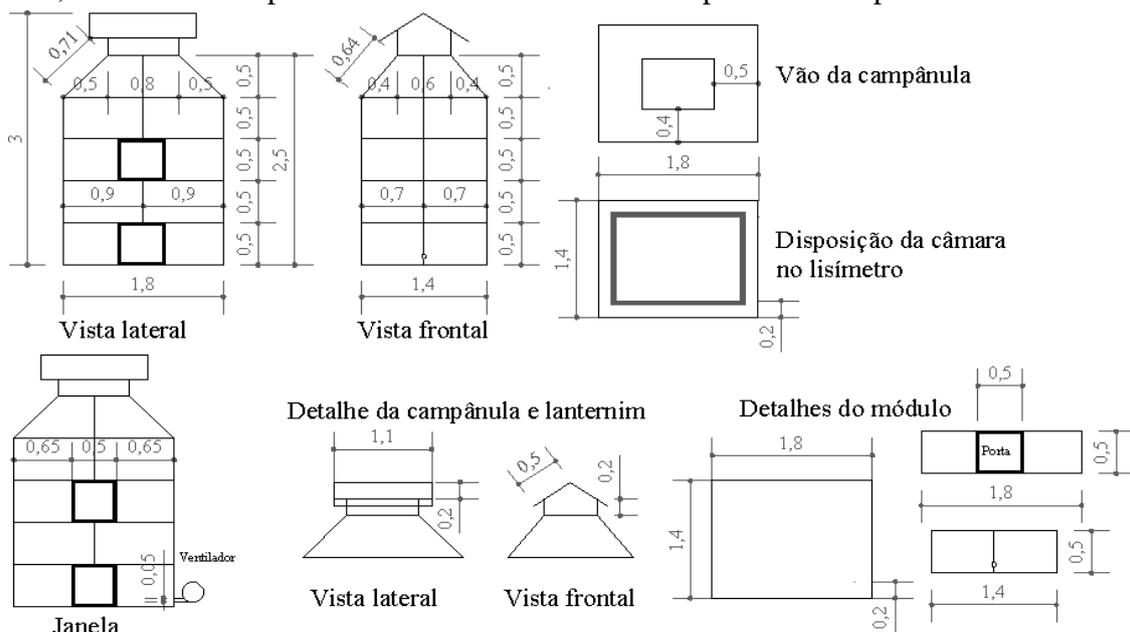


Figura 1. Dimensões (m) das câmaras de topo aberto e detalhes estruturais dos módulos e das campânulas.

O sistema de injeção de ar nas câmaras foi por meio de um ventilador centrífugo, em que o fluxo de ar era direcionado para dentro da câmara por tubos de PVC perfurados, segmentos internos, para a distribuição homogênea do ar. O CO₂ era armazenado em cilindros, com fluxo primário regulado por manômetro de pressão especial acoplado a uma válvula solenóide de alta pressão. A válvula solenóide, por meio de temporizadores, também controlava o tempo de exposição diário das plantas ao CO₂, entre 6:00 e 18:00h. Próximo às câmaras, o fluxo de ar passava por uma válvula de ajuste fino. Foram coletados dados horários do ambiente externo às câmaras, diariamente, com o auxílio de uma estação meteorológica automática portátil, modelo Vantage Pro da Davis. A estação fornecia dados de radiação PAR (Radiação Fotossinteticamente Ativa) e temperaturas do ambiente externo e do interior das câmaras. Para avaliar o desempenho das câmaras foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições, para analisar os dados de radiação PAR do piranômetro, cujo objetivo foi verificar a redução da radiação dentro das câmaras. Dois tratamentos foram avaliados: A1 – ambiente no interior das câmaras; e A2 – ambiente fora das câmaras. Já os dados de temperatura do ambiente e no interior das câmaras, foram utilizados para verificar a mudança de temperatura no interior das câmaras. Para esta análise, fez-se um DIC com os três tratamentos (T1, T2 e T3) e 91 repetições: T1 – câmaras de topo aberto à [CO₂] de 700ppm; T2 – câmaras de topo aberto com [CO₂] ambiente; e P3 – testemunha, campo aberto. As variáveis foram analisadas através da estatística descritiva simples (média, desvio-padrão e coeficiente de variação), para posterior análise de variância (Anova). Para comparação das médias dos tratamentos, aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Pr<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÕES: As câmaras de topo aberto desenvolvidas para acompanhar o crescimento das plantas com um, dois, três e quatro módulos estão representados na Figura 2. O sistema de injeção e controle do fluxo de ar ambiente e e enriquecido com CO₂ encontra-se na Figura 3.



Figura 2 – Câmaras de topo aberto com acréscimo dos módulos para acompanhar o crescimento e desenvolvimento das plantas: A - Câmaras com um módulo; B - Câmaras com dois módulos; C - Câmaras com três módulos; e D - Câmaras com quatro módulos.

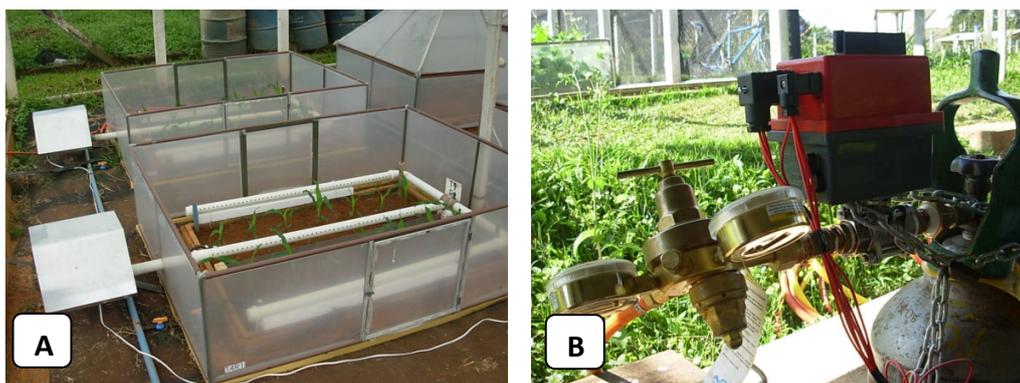


Figura 3 – Sistema de injeção e controle do fluxo de CO₂ às câmaras: A - ventilador e tubulação de ar dentro das câmaras; B - manômetro e válvula solenóide conectados aos cilindros de CO₂, juntamente com a fiação para controle da abertura e fechamento da válvula.

Pela Anova (Tabela 1), observou-se que ocorreram diferenças significativas da radiação PAR no interior (A1) e fora das câmaras (A2). Esta redução da radiação PAR no interior das câmaras (A1) foi de -25,41%, em relação à radiação PAR fora das câmaras (A2).

Tabela 1 – Anova para a radiação PAR (MW.m⁻².dia⁻¹)

FV	GL	QM	F
A	1	35,71	7,19 *
Erro	10	4,96	
Total	11		

em que: * - significativo a 5% de probabilidade; FV – fator de variação; GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; e F – teste F.

Os tratamentos apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, para as temperaturas médias e máximas diárias conforme o ambiente dos tratamentos, enquanto a temperatura mínima não apresentou diferenças (Tabela 2). Todos os ambientes dos tratamentos apresentaram temperaturas médias e máximas diárias diferentes, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 3). Contudo, era esperado que as maiores temperaturas fossem encontradas em T1, em vista de o aumento da [CO₂] no ambiente causar maiores alterações no microclima em relação a T2, que apresentou maiores valores (Tabela 3). Tal fato demonstra que, nas câmaras, o principal fator para aumento da temperatura é o vapor de água, oriundo do excesso de umidade dentro das câmaras. Apesar da diferença de temperaturas médias entre T1 e T2 ser pequena, 0,42°C, o mesmo não ocorreu para as máximas, 1,04°C. Estes resultados indicam que as câmaras alteraram o microclima, elevando a temperatura média diária em cerca de 2°C e a máxima em cerca de 7°C em relação ao ambiente, resultados estes que corroboram com as afirmativas de Ainsworth e Long (2005) e Long *et al.* (2005).

Tabela 2 – Anova para as temperaturas média, máxima e mínima (°C) diária dos ambientes dos tratamentos – T1, T2 e T3

FV	GL	Temperatura média		Temperatura máxima		Temperatura mínima	
		QM	F	QM	F	QM	F
T	2	163,29	58,93 *	1876,94	113,86 *	0,12	2,46 ^{NS}
Erro	270	2,77		16,48		2,02	
Total	272						

em que: NS – não significativo a 5% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade; FV – fator de variação; GL – graus de liberdade; QM – quadrado médio; e F – teste F.

Tabela 3 – Temperaturas médias, máximas e mínimas diárias de cada tratamento, juntamente com o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para as temperaturas médias e máximas diárias (°C), em que médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra são iguais

T	Temperatura (°C)		
	Média	Máxima	Mínima
1	24,14 ^B	35,22 ^B	18,41
2	24,57 ^A	36,26 ^A	18,35
3	22,06 ^C	27,94 ^C	18,41

CONCLUSÕES: As câmaras de topo aberto desenvolvidas alteram o micro clima interno, apresentando acréscimos em cerca de 2°C na temperatura média diária, como também reduz, em média, a radiação PAR em 25,41%. As câmaras de topo aberto, modulares, permitem otimizar o consumo de CO₂, reduzindo o custo experimental quando se deseja obter uma atmosfera com alta [CO₂].

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Fapemig pelo financiamento da pesquisa e a Capes e ao CNPq pela concessão das bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 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. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 24 ago. 2007.
- Costa, A. C. *Respostas fisiológicas de duas linhagens de soja à atmosfera enriquecida com CO₂ e à restrição hídrica*. Viçosa, MG: UFV, 2003, 36f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.
- Lobo, F. A. *Alterações na assimilação e metabolismo do carbono em plantas de soja sob condições de atmosfera enriquecida com CO₂*. Viçosa, MG: UFV, 2003, 105f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.
- Long, S. P.; Ainsworth, E. A.; Leakey, A. D. B.; Morgan, P. B. Global food insecurity. Treatment of major food crops with elevated carbon dioxide or ozone under large-scale fully open-air conditions suggests recent models may have overestimated future yields. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences*, n°360, p.2011–2020, 2005. Disponível em: <<http://apps.isiknowledge.com>>. Acesso em: 29 fev. 2007.
- Pritchard, S. G.; Amthor, J. S. *Crops and environmental change: an introduction to effects of global warming, increasing atmospheric CO₂ and O₃ concentrations, and soil salinization on crop physiology and yield*. Food Products Press, New York, USA, 2005, 421p.
- Souza, A. P. *A cana-de-açúcar e as mudanças climáticas: efeitos de uma atmosfera enriquecida em CO₂ sobre o crescimento, desenvolvimento e metabolismo de carboidratos de Saccharum ssp.* Campinas, SP: UNICAMP, 2007, 91f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007.