

RESPOSTA DA SOJA (*GLYCINE MAX*) AO AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE CO₂ E TEMPERATURA

SOYBEAN RESPONSE TO CO₂ AND TEMPERATURE INCREASE

ALEXANDRE BRYAN HEINEMANN¹

DURVAL DOURADO NETO^{2,7}

GERRIT HOOGENBOOM³

ALINE DE HOLANDA NUNES MAIA^{4,7}

SILVANA OHSE⁵

PAULO AUGUSTO MANFRON^{6,7}

RESUMO

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de determinar as respostas da soja a dois níveis de concentração de CO₂, 400 ppm e 700 ppm e três diferentes regimes de temperatura, 20/15, 25/20 e 30/25 °C (dia/noite). Plantas de soja *Glycine max* (L.) Merr. cv. Stonewall foram cultivadas em ambientes controlados, sob radiação constante e livre de estresse devido à água e nutrientes. As variáveis analisadas foram massa seca de folhas, caules, pecíolos, vagens e área foliar. Observou-se que as interações entre temperatura e CO₂ apareceram somente após o estágio de

¹ Eng. Agrônomo. Dr. Pesquisador. Embrapa Gado de Leite/Núcleo Centro Oeste. Rod. Goiânia Nova Veneza, km 12, Santo Antônio de Goiás, GO. C.P. 179. 75375-000. alexbh@cnpaf.embrapa.br.

² Eng. Agrônomo. Dr. Professor Associado. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ, Universidade de São Paulo. Av. Pádua Dias, 11. 13418-900. Piracicaba, SP. dourado@esalq.usp.br.

³ Eng. Agrônomo. Prof. Dr. Department of Biological and Agricultural Engineering. The University of Georgia. Griffin, Geórgia. 30223-1797. USA. gerrit@griffin.peachnet.edu.

⁴ Eng. Agrônomo. Dra. Pesquisadora. Embrapa Meio Ambiente. Rod. SP 340, Km 127,5. 13820-000. Jaguariuna, SP. aline@esalq.usp.br.

⁵ Eng. Agrônomo. Dra. Pesquisadora/FAPEU. Universidade Federal de Santa Catarina. C.P. 476. 88040-900. Florianópolis, SP. ohse@hotmail.com.

⁶ Eng. Agrônomo. Dr. Professor Titular. Universidade Federal de Santa Maria. 13820-000, Santa Maria, RS. manfronp@esalq.usp.br.

⁷ Bolsista CNPq.

desenvolvimento V4. A temperatura possui uma influência maior na taxa de desenvolvimento e na data de florescimento que a concentração de CO₂. Observou-se também que as respostas à concentração de CO₂ foram maiores em temperaturas menores.

Termos para indexação: soja, CO₂, temperatura, mudanças climáticas.

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects and interactions of CO₂ concentration and air temperature on five different stages (V4, R3, R5, R6 and R8) of soybean, *Glycine max* (L.) Merr. cv. Stonewall, grown on controlled environment chambers. Day/night air temperatures of 20/15, 25/20 and 30/25 °C were maintained in CO₂ concentrations of 400 and 700 ppm. Plants were grown under constant irradiance and non-limiting supplies of water and mineral nutrients. Interactions between temperature and CO₂ appeared after soybean development stage V4 for the above biomass plant analysis. The temperature has more influence over the development rate and flowering date than the CO₂ concentration. Response to elevated CO₂ was greater at lower temperatures.

Key words: soybean, CO₂, temperature, global climate change

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a cultura de soja tem se destacado no cenário nacional como uma das mais importantes culturas. A produção brasileira de soja vem aumentando consideravelmente no território nacional. Entretanto, devido ao aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, resultante principalmente da queima de combustíveis fósseis para a produção de energia (Keeling & Whorf, 2000) são esperadas alterações climáticas diárias, como aumentos nas temperaturas máxima, mínima e média. Apesar do Brasil ser responsável somente por 2,5% das emissões de carbono no mundo, considerando indústria, energia, transporte e uso da terra (Viola & Leis, 2001), ele sofrerá as conseqüências dessas alterações climáticas. Em um estudo realizado pelo IPCC (1996), onde foram avaliados diversos cenários, como o aumento da temperatura entre 2 e 4 °C e a variação na precipitação de -20% a +20%, observou-se um decréscimo no rendimento estimado da soja para a América Latina (Argentina, Brasil e México).

Os efeitos combinados do aumento da temperatura e concentração de CO₂ no rendimento das culturas são significantes devido ao aquecimento global que vem atualmente ocorrendo e provavelmente aumentará no futuro, devido ao aumento nas

emissões de CO₂ na atmosfera (Cox *et al.*, 2000). Essas mudanças climáticas afetarão o crescimento e desenvolvimento das culturas, conforme o balanço de seus efeitos na fotossíntese, causando, portanto, impacto no rendimento final.

O aumento da temperatura, principalmente durante os estádios críticos da cultura, pode acelerar o desenvolvimento e, conseqüentemente reduzir o rendimento devido ao aumento das taxas de respiração, encurtamento do período de enchimento de grãos e uma menor produção de biomassa (Adams *et al.*, 1999). Rodrigues *et al.* (2001) observaram que o período entre emergência e florescimento foi afetado tanto pela temperatura como pelo fotoperíodo. Flint & Patterson (1983) também relataram que o aumento da temperatura ocasiona um aumento na altura e no número de nós da planta de soja. Bunce & Ziska (1996), em um experimento com soja relataram que a respiração total cresceu muito pouco com o aumento da temperatura, havendo, entretanto, acréscimo na taxa relativa de crescimento.

Segundo Hesketh *et al.* (1973) e Hofstra (1972) a faixa ótima de temperatura para o desenvolvimento da soja é entre 20 e 30 °C.

Rogers *et al.* (1997) numa revisão recente, demonstraram que a razão entre a biomassa da parte aérea e das raízes foi modificada para plantas cultivadas em maiores concentrações de CO₂. Ziska & Bunce (1995) em um experimento com soja determinaram que o aumento do CO₂ atmosférico não aumentou a fotossíntese total da planta, exceto para duas variedades cultivadas em alta temperatura, concluindo que a relação entre temperatura e concentração de CO₂ pode não refletir em mudanças conhecidas na cinética das carboxilases. O efeito direto mais significativo do aumento da concentração de CO₂ no crescimento da planta é, certamente, um acréscimo na disponibilidade de carboxilases e um aumento na eficiência do uso da água pela planta (Pritchard *et al.*, 1999). De acordo com Sionit *et al.* (1987) a área foliar da soja aumentou em resposta ao aumento da concentração de CO₂ sob vários regimes de temperatura. Lee *et al.* (1997) relataram um aumento do índice de área foliar e massa da folha devido a concentrações elevadas de CO₂. Porém, os autores não encontraram efeitos na biomassa total, altura da planta e rendimento. Dugas *et al.* (1997) não encontraram efeito do aumento da concentração de CO₂ na área foliar. De acordo com Bunce & Ziska (1996), a respiração durante o período de crescimento não foi afetada pela concentração de CO₂ em nenhum regime de temperatura utilizado no experimento.

Existem, no entanto, ainda muitas questões sobre os efeitos do aumento da temperatura e CO₂ no crescimento e desenvolvimento das plantas. Alguns autores como Newman *et al.* (2001), Baker *et al.* (1989) e Idso *et al.* (1987) relataram que o efeito do CO₂ geralmente aumenta com o aumento da temperatura. Entretanto, outros autores como Tremmel & Patterson (1993) e Coleman & Bazzaz (1992) afirmam que os efeitos do CO₂ foram maiores em temperaturas mais amenas do que em altas temperaturas.

Nos estudos aqui citados, plantas de soja foram cultivadas em ambientes com diferentes temperaturas e concentração de CO₂ somente por um curto período de

tempo. Nesse estudo, plantas de soja foram cultivadas até o período de maturação fisiológica em ambientes com dois níveis de CO₂ e três diferentes regimes de temperatura e colhidas em função do seu estágio de desenvolvimento (V4, R3, R5, R6 e R8), denominado aqui como estádios críticos, com o propósito de avaliar os efeitos do CO₂ no crescimento e desenvolvimento da soja sob diferentes regimes de temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições experimentais

O experimento foi conduzido em câmaras controladas, localizadas na Faculdade de Agricultura e Ciências Ambientais da Universidade da Geórgia, Estados Unidos. Seis câmaras de crescimento (modelo CG72), com uma área de 8,64 m² e altura de 2,20 m, foram utilizadas nesse estudo. Cada câmara é individualmente controlada e programada por um computador central, que também é responsável pelo armazenamento dos dados climáticos provenientes da câmara. Os níveis de luz podem ser ajustados para cinco diferentes densidades de fluxo de fótons. A máxima densidade de fluxo de fótons alcançada nas câmaras é de 850 mmol.m⁻².s⁻¹. Uma unidade externa de refrigeração controla a temperatura, que pode variar de 4,0 ± 0,5 a 40,0 ± 0,5 °C. O dióxido de carbono é injetado automaticamente nas câmaras e é monitorado independentemente em cada câmara por um analisador de gás modelo LI-800 (LI-800 GasHound CO₂ Analyser, LI-COR, NE, USA), cuja precisão é de 2% para a condição de 700 ppm de CO₂ (Ingram *et al.*, 1998).

Trinta tratamentos foram avaliados, correspondendo a combinações de três níveis de temperatura, duas diferentes concentrações de CO₂ e cinco datas de colheitas. O delineamento experimental foi completamente aleatório, com quatro repetições, sendo a unidade experimental um vaso com duas plantas. Devido ao número limitado de câmaras de crescimento, as condições experimentais não foram repetidas. O fotoperíodo em cada câmara foi fixado em 12 horas. A radiação fotossinteticamente ativa nas câmaras foi de 753,7 mmol.m⁻².s⁻¹, medida sob o vaso e durante o ciclo da cultura sob o dossel das plantas. Duas concentrações de CO₂, 400 e 700 ppm, foram mantidas para cada regime de temperatura.

Em cada câmara foram colocados vinte vasos. Esses vasos foram rotacionados duas vezes por semana até o florescimento para minimizar os efeitos de borda e distribuídos numa distância mínima de 20 cm em cada câmara. A área e a capacidade de cada vaso foram de 625 cm² e 20 L, respectivamente. Os vasos foram preenchidos com areia fina lavada.

Seis sementes de soja (*Glycine max* [L.] Merr.), cultivar Stonewall, pertencente ao Grupo de Maturidade VII (classificação Americana), foram semeadas em cada vaso,

mantendo-se duas plantas por vaso após a germinação. As sementes não receberam nenhum tratamento químico. As plantas foram irrigadas diariamente com solução de Hoagland a 50% (Downs & Hellmers, 1975), através de um sistema automatizado de irrigação.

Parâmetros avaliados

Durante o ciclo da cultura, cinco colheitas foram feitas em cada câmara, nos estádios críticos de desenvolvimento V4(quarto nó), R3 (início da formação das vagens), R5 (início do enchimento das sementes), R6 (pleno enchimento das vagens) e R8 (maturação plena) baseados nos critérios definidos por Fehr *et al.* (1971), o qual é mundialmente utilizado por pesquisadores.

Para cada regime de temperatura, quatro vasos com duas plantas cada foram aleatoriamente selecionados. As plantas foram cortadas em sua base e separadas em folha, caule, pecíolo e vagem (maiores que 5 mm). A área foliar por planta foi determinada fotometricamente através de um medidor de área foliar (LI-3000, LI-COR, NE, USA). As partes das plantas (duas por vaso) foram secas em estufa a 65 °C por um mínimo de 72 h e a massa seca obtida separadamente para folhas, caules, cotilédones, pecíolos e vagens para cada vaso. As médias foram utilizadas para a análise.

Os estádios vegetativos e reprodutivos foram determinados através de observações a cada dois dias durante o ciclo da cultura.

Análise estatística

Os efeitos do CO₂, temperatura e suas interações sobre a massa seca, rendimento e parâmetros de crescimento, em cada data de colheita, foram analisados através da análise de variância, utilizando-se o teste F, módulo GLM do sistema SAS, versão 6.12 (SAS Institute Inc., 1989). A análise foi realizada por estádio, considerando para o teste F, o quadrado médio do erro, obtido utilizando-se todo o conjunto de dados, ou seja, todas as combinações entre CO₂, temperatura e estádios. Para todas as variáveis avaliadas, foram comparadas as médias entre os dois níveis de CO₂, para cada temperatura, utilizando o teste F para contrastes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento da planta de soja pode ser dividido em duas fases: vegetativa (V) e reprodutiva (R), sendo que, as subdivisões dessas fases formam os

estádios de desenvolvimento da soja. As subdivisões da fase vegetativa são designadas numericamente de V_1 (primeiro nó), V_2 (segundo nó), V_3 (terceiro nó), até V_n , menos os dois primeiros estádios que são designados como VE (emergência) e VC (estádio de cotilédone). O último estágio vegetativo é designado V_n , onde “n” representa o número do último nó vegetativo formado por um cultivar específico. O valor de “n” varia em função das diferenças varietais e ambientais. A fase reprodutiva apresenta oito subdivisões ou estádios, sendo eles: R_1 – Início do florescimento; R_2 – Pleno florescimento; R_3 – Início da formação das vagens; R_4 – Plena formação das vagens; R_5 – Início do enchimento das sementes; R_6 – Pleno enchimento das vagens; R_7 – Início da maturação e R_8 – Maturação plena (Fehr *et al.*, 1971).

Estádio V4

Nesse estágio, para todos os regimes de temperatura estudados, o aumento da concentração de CO_2 (700 ppm) não afetou o período de crescimento da cultura. A Tabela 1 ilustra o número de graus dias (GDE) e dias após a emergência (DAE) em função dos estádios de desenvolvimento da planta. Para o estágio V4 não houve diferença entre GDE e DAE para as diferentes concentrações de CO_2 para os três regimes de temperatura estudados.

A Tabela 2a mostra as médias e desvio padrão para os valores de massa seca total da parte aérea, massa da folha, caule, pecíolo, cotilédone, área foliar e altura. Para a variável massa seca total e suas componentes, massa da folha, massa do caule e massa do pecíolo foi observado um aumento dos valores em condições de concentração elevada de CO_2 para todos os regimes de temperatura (20/15, 25/20 e 30/25 °C). Lee *et al.* (1997) e Baker *et al.* (1989) observaram os mesmos resultados para a massa seca total. Entretanto, para a variável massa do cotilédone, nos regimes de temperatura 20/15 e 30/25 °C, não houve um aumento de valores para concentrações elevadas de CO_2 . Para a variável área foliar, no regime de temperatura mais frio, 20/15 °C, o valor foi o mesmo para as duas concentrações de CO_2 (700 e 400 ppm, respectivamente). Já para os outros regimes de temperatura, 25/20 e 30/25 °C, a área foliar foi maior em concentração elevada de CO_2 . Sionit *et al.* (1987a) encontraram os mesmos resultados para a área foliar. Nesse estágio, os valores de altura também foram maiores para a condição de elevado CO_2 para todos os regimes de temperatura estudados.

O aumento da temperatura diminuiu o número de DAE para atingir o estágio V4. Foi observado, que o desenvolvimento das sementes foi mais rápido nos regimes de maior temperatura. Helms *et al.* (1997) também constataram o mesmo. Em função do aumento da temperatura, a variável massa seca e suas componentes mostraram um decréscimo em seus valores, principalmente entre os regimes de temperatura 30/25 e 25/20 °C. A altura das plantas aumentou com a temperatura e a área foliar diminuiu. Isso

talvez possa ser explicado pelo fato de que, em baixos regimes de temperatura, há um maior acúmulo de carboidratos (Thomas *et al.*, 1981) e também devido à baixa taxa de alongamento das células e expansão das folhas (Thomas & Raper, 1981).

Nesse estágio não foi encontrada interação significativa ($p < 0,05$) entre o CO_2 e a temperatura. Um dos motivos pode ser o curto período de tempo que as plantas estiveram expostas à concentração elevada de CO_2 . A temperatura foi o principal efeito para a variável massa do cotilédone ($p = 0,02$). Já para a variável altura, os responsáveis pelos principais efeitos foram a temperatura e o CO_2 ($p < 0,001$ e $p = 0,018$, respectivamente) (Tabela 2b).

A tabela 3 ilustra as comparações entre os valores médios das variáveis para as diferentes concentrações de CO_2 nas respectivas temperaturas 20/15, 25/20 e 30/25 °C para os estádios V4, R3, R5, R6 e R8. Para o estágio V4, somente a variável altura, para a temperatura 30/25 °C mostrou valores estatisticamente diferentes em nível de probabilidade de 5% para as concentrações de CO_2 de 400 e 700 ppm.

Estádio R3

Nesse estágio reprodutivo, somente no regime de temperatura 25/20 °C foram observadas diferenças em DAE e GDE entre os dois tratamentos. A razão dessa diferença, ilustrada na Tabela 1, é que a data de florescimento para essa condição de temperatura foi adiantada em alguns dias. Rogers *et al.* (1983) encontraram resultados similares, o que será discutido no item: data de florescimento. Entretanto, para os outros regimes de temperatura não foram observadas diferenças nas datas para os dois tratamentos.

A Tabela 4a mostra os valores médios e os desvios padrões das variáveis: massa seca, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa do cotilédone, área foliar e altura. Nesse estágio não se manteve a mesma tendência do estágio V4. Houve um decréscimo nos valores de todas as variáveis analisadas para a condição de concentração elevada em relação à concentração ambiente de CO_2 para o regime de temperatura 20/15 °C.

Nesse estágio foram encontradas interações estatisticamente significantes entre CO_2 e temperatura para as variáveis: massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, área foliar e altura (Tabela 4b). A temperatura foi o principal fator ambiental significativo para a variável massa seca ($p < 0,0001$).

As variáveis: massa seca, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo e altura apresentaram diferenças estatísticas significantes entre as diferentes concentrações de CO_2 somente para o regime de temperatura 30/25 °C (Tabela 3). Para os demais regimes de temperatura não houve diferença estatística.

Estádio R5

Nesse estágio reprodutivo foi observado, somente para o regime de temperatura 20/15 °C, o mesmo DAE e GDE para as concentrações de CO₂ ambiente e elevada (Tabela 1). Para o regime de temperatura 25/20 °C, na concentração ambiente de CO₂, houve um avanço de quatro dias. Entretanto, para o regime de temperatura de 30/25 °C, concentração ambiente de CO₂, houve um atraso de dois dias (Tabela 1).

A Tabela 5 mostra os valores médios e desvios padrões para as variáveis: massa seca, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem e área foliar para os três regimes de temperatura em função da concentração de CO₂. Observa-se tendência de aumento nos valores das variáveis: massa seca, massa da folha, massa do pecíolo, massa da vagem e área foliar para a concentração elevada em relação à concentração ambiente de CO₂, para o sistema 30/25°C.

Nesse estágio foi encontrada interação entre CO₂ e temperatura somente para a variável área foliar ($p=0,03$). Para as outras variáveis, a temperatura foi o principal fator ambiental em nível de probabilidade de 5% (Tabela 5b).

Somente as variáveis: massa da folha, massa do caule e massa do pecíolo, para o regime de temperatura 30/25 °C, apresentaram diferenças significativas para as concentrações ambiente e elevada de CO₂ (Tabela 3).

Estádio R6

Nesse estágio reprodutivo, somente para o regime de temperatura 20/15 °C foi observado o mesmo DAE e GDE para as condições de CO₂ ambiente e elevada (Tabela 1). Para o regime de temperatura 25/20 °C houve um **avanço** de um dia e para o regime de temperatura 30/25 °C houve um **atraso** de um dia para a concentração ambiente em relação à concentração elevada de CO₂.

Nesse estágio, para o regime de temperatura 20/15 °C, os valores das variáveis: massa seca, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem e área foliar diminuíram em relação aos valores dessas variáveis na concentração ambiente de CO₂. Entretanto, para o regime de temperatura 30/25 °C, os valores dessas variáveis em condições de concentração elevada de CO₂ aumentaram (Tabela 6a).

As interações entre CO₂ e temperatura nesse estágio foram significantes para todas as variáveis estudadas (Tabela 6b).

As variáveis: massa seca total, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo e massa da vagem, para o regime de temperatura 30/25 °C, apresentaram diferenças significativas para as concentrações ambiente e elevada de CO₂ (Tabela 3). Somente a variável área foliar mostrou diferença significativa entre as diferentes concentrações de CO₂ para o regime de temperatura 20/15 °C.

Estádio R8

Nesse estágio, somente no regime de temperatura 20/15 °C foram observados os mesmos valores de DAE e GDE para as concentrações ambientes e elevadas de CO₂ (Tabela 1). Para o regime de temperatura 30/25 °C, concentração ambiente de CO₂, houve um decréscimo de 9 dias em relação à concentração elevada de CO₂. Para o regime de temperatura 25/20 °C também foi encontrada uma diferença entre os DAE e GDE para as diferentes concentrações de CO₂. Entretanto, nesse regime de temperatura, para a concentração elevada de CO₂, as amostras foram colhidas um pouco antes devido a problemas na câmara.

Nesse estágio, as variáveis: massa seca total, massa da folha, massa de vagem e área foliar aumentaram para a concentração elevada de CO₂, para o regime de temperatura 20/15 °C (Tabela 7a). Ziska & Bunce (1997) também observaram um aumento significativo na massa seca total para um regime de temperatura de 20 °C, porém não observaram um aumento significativo para regimes de temperatura acima de 30 °C em concentrações elevadas de CO₂.

Nesse estágio somente para a variável área foliar não foi observada interação entre CO₂ e temperatura (Tabela 7b).

As variáveis: massa seca total, massa da folha, massa do caule e massa do pecíolo, para o regime de temperatura 20/15 °C, apresentaram diferenças significativas para as concentrações de CO₂ ambiente e elevada (Tabela 3). Somente para as variáveis: massa seca e massa de vagem foram observadas diferenças significativas para as diferentes concentrações de CO₂ no regime de temperatura 20/15 °C.

Data de Florescimento

Embora seja esperado um avanço na data de florescimento pela cultura da soja quando cultivada em concentrações elevadas de CO₂, devido à expectativa de um aumento na taxa de crescimento, somente no regime de temperatura 25/20 °C foi observada uma diferença na data de florescimento (definida aqui como a data em que 50% das plantas possuem pelo menos uma flor, de acordo com Fehr *et al.*, 1971) entre as concentrações elevada e ambiente de CO₂. Nesse regime de temperatura, em concentração elevada de CO₂, a data de florescimento foi adiantada em dois dias (Tabela 6). Os outros regimes de temperatura estudados não apresentaram diferenças na data de florescimento para as concentrações ambiente e elevada de CO₂. Existem algumas controvérsias sobre os efeitos do CO₂ na data de florescimento. Marc & Gifford (1984) sugeriram que as interações de CO₂ com a iniciação floral sejam efeito direto morfogenético. Entretanto, Rogers *et al.* (1983) observaram um avanço de alguns dias na data de florescimento da soja cultivada em concentrações elevadas de CO₂. Outros autores, como Baker *et al.*

(1989) e Sionit *et al.* (1987a) indicaram que através dos regimes de temperatura e concentrações de CO₂ estudadas, a temperatura possui uma influência muito maior na taxa de desenvolvimento da soja que a concentração de CO₂. No presente estudo, a data de florescimento também parece ser fortemente influenciada pela temperatura do que pela concentração de CO₂, uma vez que o florescimento iniciou-se primeiramente nos regimes de temperatura 30/25, 25/20 e 20/15 °C (Tabela 1).

Pelo menos para uma concentração de CO₂ ambiente, ou seja, 400 ppm, o florescimento é principalmente controlado pela temperatura e fotoperíodo. Como o fotoperíodo nesse estudo foi fixado (12 h) e está abaixo do fotoperíodo crítico da variedade cultivada, esperava-se observar o mesmo GDE até o florescimento para todos os regimes de temperatura estudados. Entretanto, foram observadas diferenças entre GDE para todos os regimes de temperatura estudados (Tabela 6). De acordo com Wang *et al.* (1997), o desenvolvimento reprodutivo da soja pode ser modificado pela temperatura embora isto esteja sob controle do fotoperíodo. No regime de temperatura 25/20 °C atingiu a data de florescimento 37,5 °C.dia antes que o regime de temperatura 20/15 °C. No regime de temperatura 30/25 °C, a data de florescimento foi alcançada 57,5 °C.dia depois do regime de temperatura 20/15 °C. Essa diferença em relação aos GDE pode ser explicada como o efeito da temperatura noturna na taxa de desenvolvimento da soja, como observado por Seddigh *et al.* (1989) e Thomas *et al.* (1981).

Interações entre CO₂ e temperatura

Através da Figura 1, que ilustra temporalmente as diferenças entre os níveis de concentração de CO₂ para os três diferentes regimes de temperatura, percebe-se que os efeitos do aumento da concentração de CO₂ são mais evidentes na temperatura 20/15 °C principalmente para as variáveis: massa seca total (Figura 1a) e massa da folha (Figura 1d). Nos outros regimes de temperatura, como ilustra a Figura 1, isso não é tão evidente.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que as interações entre temperatura e CO₂ apareceram depois do estágio de desenvolvimento V4. Observou-se que a temperatura possui uma influência maior na taxa de desenvolvimento e data de florescimento do que a concentração de CO₂. Observou-se, também, que as respostas ao aumento da concentração de CO₂ foram maiores em temperaturas menores (20/15 °C) do que em temperaturas maiores (25/20 e 30/25 °C). Concordando com Ziska & Bunce (1995), uma vez que, o aumento do CO₂ não aumentou a fotossíntese total da planta de soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, R.M.; Hurd, B.H.; Reilly, J. **Agriculture & Global climate change. A review of impacts to U.S. Agricultural Resources**, Arlington, Pew Center on Global Climate Change, 1999, 36 p.
- Baker, J.T.; Allen, L.H. JR.; Boote, K.J.; Jones, P. H.; Jones, J.W. Response of soybean to air temperature and carbon dioxide concentration, **Crop Science**, v.29, p.98-105, 1989.
- Bunce, J.A.; Ziska, L.H. Responses of respiration to increase in carbon dioxide concentration and temperature in three soybean cultivars. **Annals of Botany**, v. 77, p.507-514, 1996.
- Coleman, J.S.; Bazzaz, F.A. Effects of CO₂ and temperature on growth and resource use of co-occurring C3 and C4 annuals. **Ecology**, v. 73, p.1244-1259, 1992.
- Cox, P.M.; Betts, R.A.; Jones, C.D.; Spall, S.A.; Totterdell, I.J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, v. 408, 184-187, 2000.
- Downs, R.J.; Hellmers, H. **Environment and the experimental control of plant growth**. Academic Press, Inc., New York, N.Y., 1975, 420 p.
- Dugas, W.A.; Prior, S.A.; Rogers, H.H. Transpiration from sorghum and soybean growing under ambient and elevated CO₂ concentrations. **Agricultural And Forest Meteorology**, v.83, p.37-48, 1997.
- Fehr, W.R.; Caviness, C.E.; Burmood, D.T.; Pennington, J.S. Stage of development descriptions of soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v.11, p.929-931, 1971.
- Flint, E.P.; Patterson, D.T. Influence and temperature effects on growth in soybean (*Glycine max*) and associated C3 and C4 weeds. **Weed Science**, v.31, p.193-199, 1993.
- Helms, T.C.; Deckard, E.L.; Gregoire, P.A. Corn, Sunflower, and soybean emergence influenced by soil temperature and soil water content. **Agronomy Journal**, v.89, p.59-63, 1997.
- Hesketh, J.D.; Myhre, D.L.; Willey, C.R. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybean. **Crop Science**, v.15, p.250-254, 1973.
- Hofstra, G. Response of soybeans to temperature under high light intensities. **Canadian Journal Plant Science**, v. 52, p.535-543, 1972.
- Idso, S.B.; Kimball, B.A.; Anderson, M.G.; Mauney, J.R. Effects of CO₂ enrichment on plant growth: the interactive role of air temperature. **Agriculture Ecosystem Environment**, v.20, p.1-10, 1987.
- Ingram, K.T.; Hoogenboom, G.; Liu, L. A multidisciplinary research facility for the study of interacting environmental stresses on plants. **ASAE Paper No. 984151**, St, Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1998.
- IPCC **Climate Change 1995: The science of climate change**. Intergovernmental Panel

- on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York, capítulo 2, 1996. 80 p.
- Keeling, C.D.; Whorf, T.P. Atmospheric CO₂ records from the SIO air sampling network. In: **Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center**. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, 2000.
- Lee, E.H.; Pausch, R.C.; Rowland, R.A.; Mulchi, C.L.; Rudorff, B.F.T. Responses of field-grown soybean (cv, Essex) to elevated SO₂ under two atmospheric CO₂ concentrations. **Environmental and Experimental Botanic**, v.37, p.85-93, 1997.
- Marc, J.; Gifford, R.M. Floral initiation in wheat, sunflower and sorghum under carbon dioxide enrichment. **Canadian Journal of Botany**, v.62, p.9-14, 1984.
- Newman, Y.C.; Sollenberger, L.E.; Boote, K.J.; Allen, L.H. JR.; Littell, R.C. Carbon dioxide and temperature effects on forage dry matter production, **Crop Science**, v.41, p.399-406, 2001.
- Pritchard, S.G.; Rogers, H.H.; Prior, S.A., Peterson, C.M. Elevated CO₂ and plant structure: a review, **Global Change Biology**, v.5, p.807-837, 1999.
- Rodrigues, O.; Didonet, A.D.; Lhamby, J.C.B.; Bertagnolli, P.F.; Luz, J.S. **Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo**, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n.3, p. 431-437, 2001.
- Rogers, H.H.; Runion, G.B.; Krupa, S.V. Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment with emphasis on roots and the rhizosphere. **Environmental Pollution**, v.83, p.155-189, 1994.
- Rogers, H.H.; Runion, G.B.; Krup, S.V.; Prior, S.A. Plant responses to atmospheric carbon dioxide enrichment: implications in root-soil-microbe interactions, In: Allen, L.H.; Kirkman, M.B.; Olczyk, D.M.; Whitman, C.M. (Ed.) **Advances in carbon dioxide effects research**, Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, p.1-34, 1997.
- Rogers, H.H.; Thomas, J.F.; Bingham, G. Response of agronomic and forest species to elevated atmospheric carbon dioxide. **Science**, v.220, p. 428-429, 1983.
- SAS Institute Inc. **User's Guide, Version 6.0**, SAS Institute Inc., 4ª Edição, Cary, NC, 1989, 846p.
- Seddigh, M.; Jolliff, G.D.; Orf, J.H. Night temperature effects on soybean phenology. **Crop Science**, v.29, p.400-406, 1989.
- Sionit, N.; Strain, B.R.; Flint, E.P. Interaction of temperature and CO₂ enrichment on soybean: growth and dry matter partitioning. **Canadian Journal of Plant Science**, v.67, p.59-67, 1987.
- Thomas, J.F.; Raper, C.D. Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybeans. **Botanic Gaz.**, v.142, p.183-187, 1981.
- Thomas, J.F.; Raper, C.D.; Weeks, W.W. Day and night temperature effects on nitrogen and solute carbohydrate allocation during early reproductive growth in soybeans, **Agronomy Journal**, v.73, p.577-582, 1981.

- Tremmel, D.C.; Patterson, D.T. Responses of soybean and five weeds to CO₂ enrichment under two temperature regime. **Canadian Journal Plant Science**, v.73, p.1249-1260, 1993.
- Viola, E.; Leis, H. Brazil and global governance: the case of climate change. In: HOGAN, D.J.; TOLMASQUIM, M.T. (Ed.) **Human dimensions of global environmental change. Brazilian perspectives**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 2001, 392p.
- Wang, Z.; Reeddy, V.R.; Quebedeaux, B. Growth and photosynthetic responses of soybean to short-term cold temperature. **Environmental and Experimental Botany**, v.37, p.13-14, 1997.
- Ziska, L.H.; Bunce, J.A. The role of temperature in determining the stimulation of CO₂ assimilation at elevated carbon dioxide concentration in soybean seedlings. **Physiologia Plantarum**, v.100, p.126-132, 1997.
- Ziska, L.H.; Bunce, J.A. Growth and photosynthetic response of three soybean cultivars to simultaneous increases in growth temperature and CO₂. **Physiologia Plantarum**, v.94, p.575-584, 1995.

Tabela 1. Grau dia (GDE) e dias (DAE) após a emergência para os estádios V4, R1, R3, R5 e R6 para três regimes de temperatura e dois níveis de CO₂.

Estádios	Temperatura °C	CO ₂			
		400 ppm		700 ppm	
		GDE (°C.dia)	DAE	GDE (°C.dia)	DAE
V4	20/15	255,0	34	255,0	34
	25/20	262,5	21	262,5	21
	30/25	315,0	18	315,0	18
R1	20/15	450,0	60	450,0	60
	25/20	412,5	33	387,5	31
	30/25	507,5	29	507,5	29
R3	20/15	555,0	74	555,0	74
	25/20	437,5	35	487,5	39
	30/25	630,0	36	630,0	36
R5	20/15	660,0	88	660,0	88
	25/20	625,0	50	575,0	46
	30/25	735,0	42	770,0	44
R6	20/15	720,0	96	720,0	96
	25/20	725,0	58	712,5	57
	30/25	857,5	49	875,0	50
R8	20/15	915,0	122	915,0	122
	25/20	1162,5	93	925,0	74
	30/25	1312,5	75	1470,0	84

Tabela 2a. Valores médios (x) e desvio padrão (DP) da massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa do cotilédone, área foliar e altura colhidos no estágio V4. Os dados abaixo são médias de quatro repetições.

Temperatura (dia/noite)	CO ₂	Massa seca (g planta ⁻¹)		Massa de folha (g planta ⁻¹)		Massa de caule (g planta ⁻¹)		Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)		Massa de cotilédone (g planta ⁻¹)		Área foliar (m ² planta ⁻¹)		Altura (cm)	
		x	DP	x	DP	x	DP	x	DP	x	DP	x	DP	x	DP
20/15	400	3,12	0,48	2,23	0,36	0,70	0,09	0,14	0,02	0,05	0,01	0,06	0,01	13,75	0,87
25/20	400	1,73	0,40	1,23	0,29	0,40	0,07	0,08	0,03	0,04	0,01	0,02	<0,01	15,13	1,11
30/25	400	1,91	0,49	1,32	0,31	0,45	0,15	0,10	0,03	0,03	0,02	0,03	<0,01	22,88	4,39
20/15	700	3,89	0,75	2,85	0,55	0,83	0,17	0,18	0,03	0,04	<0,01	0,06	0,01	17,88	2,50
25/20	700	2,63	0,12	1,80	0,09	0,66	0,06	0,13	<0,01	0,05	0,01	0,03	<0,01	17,50	1,22
30/25	700	4,16	2,57	2,95	1,70	1,01	0,75	0,19	0,14	0,02	0,01	0,06	0,03	28,50	6,56

Tabela 2b. Valores de P associado ao teste F para efeito de temperatura, CO₂ e interações entre CO₂ x temperatura no estágio V4 para massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa do cotilédone, área foliar e altura

Fonte	Massa seca (g planta ⁻¹)	Massa de folha (g planta ⁻¹)	Massa de caule (g planta ⁻¹)	Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)	Massa de cotilédone (g planta ⁻¹)	Área foliar (m ² planta ⁻¹)	Altura (cm)
Valor de P							
CO ₂	0.89ns	0.84ns	0.90ns	0.93ns	0.73ns	0.79ns	0.01
Temperatura	0.99ns	0.98ns	0.99ns	0.99ns	0.02	0.84ns	<0.01
CO ₂ x Temperatura	0.99ns	0.99ns	0.99ns	0.99ns	0.26ns	0.97ns	0.72ns
*GL	90	90	90	90	18	90	36
**EMQ	630.28	139.13	42.59	3.30	<0.01	0.01	16.07

*Graus de liberdade, **Erro médio quadrado.

ns –não significativo ao nível de probabilidade de 0,05

Tabela 3. Comparação entre as médias efetuadas pelo teste F para as concentrações de CO₂ de 400 e 700 ppm para as variáveis: massa seca, massa da folha, massa do caule, massa da vagem, massa do cotilédone, área foliar, altura e rendimento para as temperaturas de 20/15, 25/20 e 30/25 °C para os estádios V4, R3, R5, R6 e R8.

Estádio	Temperatura	Massa seca	Massa da folha	Massa do caule	Massa do pecíolo	Massa da vagem	Massa do cotilédone	Área foliar
	°C	g planta ⁻¹						m ²
*Valor de P								
V4	20/15	0,96ns	0,97ns	0,97ns	0,97ns	-----	0,38ns	0,99ns
	25/20	0,95ns	0,95ns	0,95ns	0,96ns	-----	0,25ns	0,91ns
	30/25	0,89ns	0,90ns	0,90ns	0,94ns	-----	0,38ns	0,74ns
R3	20/15	0,99ns	0,64ns	0,64ns	0,74ns	0,95ns	-----	0,06ns
	25/20	0,41ns	0,27ns	0,27ns	0,47ns	0,89ns	-----	0,05
	30/25	0,03	0,01	0,01	0,01	0,90ns	-----	<0,01
R5	20/15	0,66ns	0,42ns	0,42ns	0,77ns	0,15ns	-----	0,38ns
	25/20	0,74ns	0,55ns	0,55ns	0,54ns	0,49ns	-----	0,10ns
	30/25	0,09ns	0,03	0,03	0,03	0,81ns	-----	0,06ns
R6	20/15	0,04	0,51ns	0,51ns	0,01	0,25ns	-----	<0,01
	25/20	0,58ns	0,96ns	0,96ns	0,95ns	0,93ns	-----	0,08ns
	30/25	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,01	-----	0,17ns
R8	20/15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06ns	-----	0,06ns
	25/20	<0,01	0,25ns	0,25ns	0,73ns	<0,01	-----	0,45ns
	30/25	0,79ns	0,44ns	0,44ns	0,63ns	0,81ns	-----	0,88ns

*Valor de p associado ao teste F para os contrastes entre as médias obtidas nos diferentes níveis de CO₂ para cada temperatura, em cada estádio.

ns –não significante ao nível de probabilidade de 0,05.

Tabela 4a. Valores médios (x) e desvio padrão (DP) da massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem, área foliar e altura colhidos no estádio R3. Os dados abaixo são médias de quatro repetições.

Temperatura (dia/noite)	CO ₂	Massa seca (g planta ⁻¹)		Massa de folha (g planta ⁻¹)		Massa de caule (g planta ⁻¹)		Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)		Massa de vagem (g planta ⁻¹)		Área foliar (m ² planta ⁻¹)		Altura (cm)	
		X	DP	x	DP	x	DP	x	DP	x	DP	x	DP	x	DP
20/15	400	83,11	13,08	48,23	6,81	26,87	5,64	7,15	1,22	0,86	0,34	1,23	0,15	43,50	3,00
25/20	400	42,38	4,95	25,52	2,97	12,53	1,52	3,29	0,39	1,05	0,56	0,61	0,09	42,50	2,86
30/25	400	17,51	5,37	11,14	3,33	4,95	1,63	1,35	0,42	0,09	0,04	0,29	0,05	39,38	6,25
20/15	700	82,97	26,53	46,68	17,58	29,02	6,61	6,73	2,50	0,55	0,48	1,06	0,23	41,25	2,99
25/20	700	27,89	1,60	17,80	0,93	7,46	1,64	2,38	0,21	0,27	0,05	0,44	0,07	39,00	6,79
30/25	700	56,38	11,11	33,96	6,37	16,82	3,91	4,65	0,78	0,81	0,33	0,60	0,12	60,63	3,09

Tabela 4b. Valores de P associado ao teste F para efeito de temperatura, CO₂ e interações entre CO₂ x temperatura no estádio R3 para massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem, área foliar e altura.

Fonte	Massa seca (g planta ⁻¹)	Massa de folha (g planta ⁻¹)	Massa de caule (g planta ⁻¹)	Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)	Massa de vagem (g planta ⁻¹)	Área foliar (m ² planta ⁻¹)	Altura (cm)
Valor de P							
CO ₂	0,43ns	0,35ns	0,26ns	0,37ns	0,97ns	0,78ns	<0,01
Temperatura	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,99ns	<0,01	<0,01
CO ₂ x Temperatura	0,09ns	0,02	0,03	0,04	0,98ns	<0,01	<0,01
*GL	90	90	90	90	90	90	36
**EMQ	630,28	139,13	42,59	3,30	68,33	159,21	16,06

*Graus de liberdade, **Erro médio quadrado.

ns –não significante ao nível de probabilidade de 0,05.

Tabela 5a. Valores médios (x) e desvio padrão (DP) da massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem, área foliar e altura colhidos no estádio R5. Os dados abaixo são médias de quatro repetições.

Temperatura (dia/noite)	CO ₂	Massa seca (g planta ⁻¹)		Massa de folha (g planta ⁻¹)		Massa de caule (g planta ⁻¹)		Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)		Massa de vagem (g planta ⁻¹)		Área foliar (m ² planta ⁻¹)	
		X	DP	x	DP	x	DP	x	DP	x	DP	X	DP
°C	ppm												
20/15	400	118,24	24,85	55,01	15,25	33,92	7,02	8,95	1,92	20,38	15,90	1,07	0,22
25/20	400	67,66	10,73	36,05	5,27	16,35	2,62	5,36	0,70	9,91	2,38	0,60	0,06
30/25	400	42,22	5,00	24,73	2,74	10,92	1,57	3,13	0,29	3,45	0,99	0,37	0,03
20/15	700	110,52	26,38	52,39	16,49	37,64	10,18	8,57	2,30	11,93	3,60	0,99	0,15
25/20	700	61,79	12,45	37,66	7,27	13,64	3,05	4,57	0,85	5,93	1,75	0,46	0,07
30/25	700	72,55	13,31	40,87	6,93	21,01	4,24	5,86	1,64	4,83	1,33	0,54	0,12

Tabela 5b. Valores de P associado ao teste F para efeito de temperatura, CO₂ e interações entre CO₂ x temperatura no estádio R5 para massa seca total da parte aérea, massa do caule, massa da folha, massa do pecíolo, massa da vagem e área foliar.

Fonte	Massa seca (g planta ⁻¹)	Massa de folha (g planta ⁻¹)	Massa de caule (g planta ⁻¹)	Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)	Massa de vagem (g planta ⁻¹)	Área foliar (m ² planta ⁻¹)
Valor de P						
CO ₂	0,58ns	0,29 ns	0,16 ns	0,48ns	0,27ns	0,70ns
Temperatura	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
CO ₂ x Temperatura	0,23ns	0,25ns	0,15ns	0,11ns	0,49ns	0,03
*GL	90	90	90	90	90	90
**EMQ	630,28	139,13	42,59	3,30	68,33	159,21

*Graus de liberdade, **Erro médio quadrado.

ns –não significante ao nível de probabilidade de 0,05.

Tabela 6a. Valores médios (x) e desvio padrão (DP) da massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem, área foliar e altura colhidos no estádio R6. Os dados abaixo são médias de quatro repetições.

Temperatura (dia/noite)	CO ₂	Massa seca (g planta ⁻¹)		Massa de folha (g planta ⁻¹)		Massa de caule (g planta ⁻¹)		Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)		Massa de vagem (g planta ⁻¹)		Área foliar (m ² planta ⁻¹)	
		X	DP	x	DP	x	DP	X	DP	x	DP	X	DP
20/15	400	147,87	29,94	68,56	14,11	36,99	6,45	10,72	1,49	31,62	10,01	1,12	0,10
25/20	400	84,46	19,15	35,66	9,50	18,42	4,27	6,02	2,12	24,34	3,89	0,59	0,12
30/25	400	51,26	8,24	26,75	3,83	11,10	1,92	3,81	0,76	9,60	2,42	0,32	0,02
20/15	700	112,48	23,13	46,25	10,80	33,97	3,24	7,34	1,79	24,92	9,83	0,76	0,12
25/20	700	94,18	18,13	45,05	11,82	18,24	3,59	6,08	1,49	24,81	2,47	0,43	0,09
30/25	700	115,54	9,78	54,80	3,95	29,95	2,94	6,42	0,20	24,23	3,37	0,44	0,05

Tabela 6b. Valores de P associado ao teste F para efeito de temperatura, CO₂ e interações entre CO₂ x temperatura no estádio R6 para massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem e área foliar.

Fonte	Massa seca (g planta ⁻¹)	Massa de folha (g planta ⁻¹)	Massa de caule (g planta ⁻¹)	Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)	Massa de vagem (g planta ⁻¹)	Área foliar (m ² planta ⁻¹)
Valor de P						
CO ₂	0,21ns	0,29ns	0,29ns	0,7ns	0,40ns	0,01
Temperatura	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
CO ₂ x Temperatura	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
*GL	90	90	90	90	90	90
**EMQ	630,28	139,13	139,13	3,30	68,33	159,21

*Graus de liberdade, **Erro médio quadrado.

ns –não significante ao nível de probabilidade de 0,05.

Tabela 7a. Valores de P associado ao teste F para efeito de temperatura, CO₂ e interações entre CO₂ x temperatura no estádio R8 para massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem e área foliar. Os dados abaixo são médias de quatro repetições

Temperatura (dia/noite)	CO ₂	Massa seca (g planta ⁻¹)		Massa de folha (g planta ⁻¹)		Massa de caule (g planta ⁻¹)		Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)		Massa de vagem (g planta ⁻¹)		Área foliar (m ² planta ⁻¹)	
		X	DP	X	DP	x	DP	x	DP	x	DP	x	DP
20/15	400	205,67	36,03	67,51	18,75	68,56	14,11	10,72	1,49	86,84	14,52	0,98	0,20
25/20	400	248,37	34,61	54,16	10,31	35,69	9,50	6,02	2,12	79,36	14,27	0,48	0,05
30/25	400	133,74	7,13	41,41	6,44	26,75	3,83	3,81	0,76	63,21	5,72	0,35	0,03
20/15	700	266,49	104,32	90,66	44,70	33,97	3,24	7,34	1,79	97,90	27,57	1,14	0,39
25/20	700	137,99	8,87	56,85	5,77	18,24	3,59	6,08	1,49	51,36	6,89	0,41	0,01
30/25	700	129,11	16,16	32,44	2,47	29,95	2,94	6,42	0,20	64,61	16,79	0,33	0,01

Tabela 7b. Valores de P associado ao teste F para efeito de temperatura, CO₂ e interações entre CO₂ x temperatura no estágio R8 para massa seca total da parte aérea, massa da folha, massa do caule, massa do pecíolo, massa da vagem e área foliar.

Fonte	Massa seca (g planta ⁻¹)	Massa da folha (g planta ⁻¹)	Massa de caule (g planta ⁻¹)	Massa de pecíolo (g planta ⁻¹)	Massa de vagem (g planta ⁻¹)	Área foliar (m ² plant ⁻¹)
P-value						
CO ₂	0,08ns	0,24ns	0,02	0,02	0,12ns	0,58ns
Temperatura	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CO ₂ x Temperatura	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,16ns
*GL	90	90	90	90	90	90
**EMQ	630,28	139,13	42,59	3,30	68,33	1592,21

*Graus de liberdade, **Erro médio quadrado,
ns –não significativa ao nível de probabilidade de 0,05

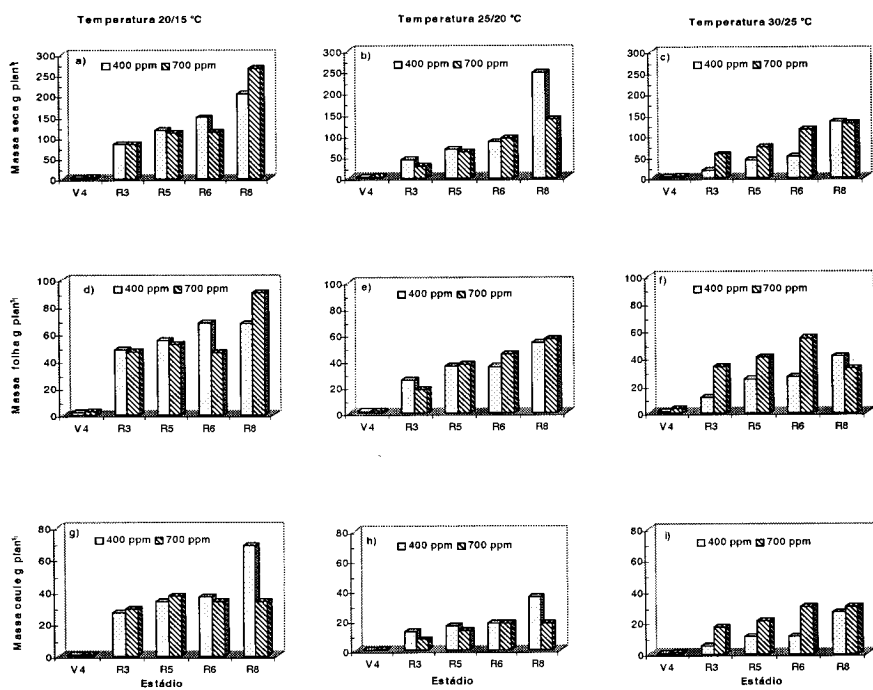


Figura 1 – Ilustração temporal das diferenças entre os níveis de concentrações de CO2 nos cinco diferentes estádios de desenvolvimento V4, R3, R5, R6 e R8, para três regimes diferentes de temperatura 20/15, 25/20 e 30/25 C para a cultura de soja.