



## Desenvolvimento inicial de espécies da Caatinga sob o aumento da temperatura do ar e da concentração de CO<sub>2</sub>

### Initial development of Caatinga species under the increased temperature of CO<sub>2</sub> concentration

DOI: 10.55905/rdelosv16.n44-006

Recebimento dos originais: 16/05/2023

Aceitação para publicação: 22/06/2023

#### **Juliane Rafaele Alves Barros**

Doutora em Recursos Genéticos Vegetais

Instituição: Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco

Endereço: Recife - PE, Brasil

E-mail: juliane-ab@hotmail.com

#### **Bárbara França Dantas**

Doutora em Agronomia

Instituição: Embrapa Semiárido

Endereço: Petrolina - PE, Brasil

E-mail: barbara.dantas@embrapa.br

#### **Francislene Angelotti**

Doutora em Agronomia

Instituição: Embrapa Semiárido

Endereço: Petrolina - PE, Brasil

E-mail: francislene.angelotti@embrapa.br

#### **RESUMO**

O aumento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono pode causar impacto na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas da Caatinga. Assim, objetivou-se avaliar o impacto do aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> na emergência e no desenvolvimento inicial de *Anadenanthera colubrina*, *Myracrodruon urundeuva*, *Poincianella pyramidalis*. As sementes foram semeadas em tubete (50 cm<sup>3</sup>) contendo substrato comercial para mudas florestais e mantidas em câmaras de crescimento sob duas concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico (390 e 770ppm) e dois regimes de temperatura (18-24-30 °C e 22-28-34 °C). A porcentagem, tempo médio, velocidade média e índice de velocidade de emergência, o comprimento total e o peso fresco e seco total das plântulas foram avaliadas. O aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> não influencia a emergência de plântulas de *A. colubrina*, *P. pyramidalis*. Por outro lado, o crescimento inicial de *A. colubrina*, *P. pyramidalis* e *M. urundeuva* foi favorecido pelo aumento da temperatura. Além disso, produção de biomassa de *A. colubrina* e *M. urundeuva* apresentou resposta positiva frente ao aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub>.

**Palavras-chave:** estresse abiótico, germinação, mudanças climáticas, sementes.



## ABSTRACT

The increase in temperature and the concentration of carbon dioxide can cause impact on germination and the initial development of Caatinga seedlings. Thus, the objective was to evaluate the impact of increased temperature and CO<sub>2</sub> concentration on the emergence and initial development of *Anadenanthera colubrina*, *Myracrodruon urundeuva*, *Poincianella pyramidalis*. The seeds were planted in tubes (26 mm x 33 mm x 120 mm) containing a commercial substrate for forest seedlings and kept in growth chambers under two concentrations of atmospheric CO<sub>2</sub> (390 and 770ppm) and two temperature regimes (18-24-30 °C and 22-28-34 °C). The percentage, average time, average speed and emergency speed index, total length, and total fresh and dry weight of seedlings were evaluated. The increase in temperature and CO<sub>2</sub> concentration does not influence the emergence of seedlings of *A. colubrina*, *P. pyramidalis*. On the other hand, the initial growth of *A. colubrina*, *P. pyramidalis*, and *M. urundeuva* were favored by the increase in temperature. In addition, biomass production of *A. colubrina* and *M. urundeuva* showed a positive response to the increase in temperature and CO<sub>2</sub> concentration.

**Keywords:** abiotic stress, germination, climate change, seeds.

## 1 INTRODUÇÃO

As ações antropogênicas têm intensificado a emissão dos gases de efeito estufa, aumentando sua concentração na atmosférica, resultando em mudanças climáticas significativas por todo o mundo (ARORA, 2019), como eventos extremos de calor. O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) alerta que a concentração atmosférica global de CO<sub>2</sub> aumentou drasticamente desde o período pré-industrial (IPCC, 2021). Em consequência, houve um aumento na temperatura da superfície global de 1,1°C em 2011-2020 (IPCC, 2021).

Diante disso, podem ocorrer impactos negativos no estabelecimento das plantas no meio natural, uma vez que, os elementos climáticos exercem efeito direto sobre o crescimento das plantas nas diferentes fases de desenvolvimento, influenciando a germinação de sementes e reduzindo o crescimento das plântulas (MARTINEZ et al., 2015). De acordo com Melo Junior et al (2018), a fase inicial de crescimento das plantas é uma das mais importantes, pois o estabelecimento das plantas depende da capacidade das sementes e das mudas em resistir as condições ambientais adversas.

Cada espécie possui uma temperatura ótima para germinar, desta forma, em condições ótimas, a temperatura pode aumentar a porcentagem e velocidade de germinação, proporcionando uma absorção rápida da água. Em contrapartida, o estresse térmico pode causar



inibição da germinação, além dormência térmica, afetando a viabilidade das sementes (BEWLEY et al., 2013)

Além da temperatura, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) também afeta o metabolismo e a germinação das sementes, com redução na taxa de respiração, favorecendo a qualidade fisiológica das sementes (AGUIAR et al., 2012). Porém, o aumento da [CO<sub>2</sub>], associado ao aumento da temperatura do ar, pode aumentar a respiração e a desnaturação de enzimas, promovendo um impacto negativo na fisiologia e no crescimento das plantas (TAIZ et al., 2017).

Assim, a avaliação de como o cenário futuro, de aumento da [CO<sub>2</sub>] e da temperatura, afetará a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas da Caatinga trará novos conhecimentos sobre o processo de estabelecimento das diferentes espécies florestais frente às mudanças climáticas. Isto é importante, uma vez que, a regeneração das plantas depende da germinação das sementes e, desta forma, essas respostas podem contribuir para explicar como será a resiliência do ecossistema frente às alterações do clima (DÜRR et al., 2015).

Dentre as espécies presentes na Caatinga, destaca-se a presença do e angico-de-carço (Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschul), da aroeira-do-sertão (Myracrodruon urundeuva Allemão) e dacatingueira-verdadeira (Poincianella pyramidalis (Tul.) L.P. Queiroz). Estas espécies podem ser utilizadas para várias finalidades, como na produção de alimentos, fármacos, fonte madeireira e até mesmo planta forrageira. Apesar da importância dessas espécies, dados de como a interação temperatura e CO<sub>2</sub> poderão interferir no estabelecimento de suas plantas ainda são escassos.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o impacto do aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> na emergência e no desenvolvimento inicial de *A. colubrina*, *M. urundeuva* e *P. pyramidalis*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *A. colubrina* e *M. urundeuva* foram coletadas na comunidade de Jutaí, no interior de Petrolina-PE, nas seguintes coordenadas 08°33'57,20" W 040°10'35,20" S e 08°34'53,60" W 040°09'43,40" S, respectivamente. As sementes de *P. pyramidalis* foram coletadas na cidade de Juremal, interior de Juazeiro-BA, nas coordenadas 09°44'06" W 40°20,5'51,6" S.



O experimento foi conduzido em câmaras de crescimento, com controle de temperatura, luz, umidade e CO<sub>2</sub>. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 (regime de temperatura x concentração de CO<sub>2</sub>), com quatro repetições de 24 sementes (ou plantas jovens).

Os regimes de temperatura diário basearam-se em temperaturas médias atuais da região: 18-24-30 °C e com aumento de 4oC, 22-28-34 °C, de acordo com previsões do IPCC (2013) para 2100. Estas temperaturas foram combinadas com duas concentrações de CO<sub>2</sub>: 390 ppm (concentração atual) e 770 ppm (concentração futura). Os elementos climáticos: temperatura, umidade, luz e CO<sub>2</sub> foram monitoradas automaticamente.

As sementes foram semeadas em tubete (50 cm<sup>3</sup>) contendo substrato comercial para mudas florestais (Plantmax®), sem adição de fertilizante, mantidas no interior das câmaras com fotoperíodo de 12 horas. Os tubetes foram regados diariamente até a capacidade de campo.

A emergência das plântulas foi avaliada diariamente, por meio da contagem das plântulas emergidas, durante 14 dias. Foram consideradas emergidas as plântulas que tiveram emissão do hipocótilo visível acima do substrato (BRASIL, 2013). A partir dos dados diários foram calculados: a porcentagem de emergência - E%; o tempo médio de emergência - TME; a velocidade média de emergência - VME e o índice de velocidade de emergência – IVE, conforme Santana e Ranal (2000) e Ranal et al. (2009).

Para o desenvolvimento inicial, as plântulas foram mantidas até os 56 dias após a semeadura, sendo retiradas de cada espécie quatro plântulas por repetição e, posteriormente, realizadas as seguintes avaliações:

Altura (medida com régua milimétrica, do comprimento do colo (no nível do substrato) até a inserção da última folha, com os resultados expressos em centímetros); Número de folhas (contagem do número de folhas expandidas); Comprimento total de plântulas (realizada com o auxílio da régua milimetrada, foi medido o comprimento da parte aérea e da raiz, com os resultados expressos em centímetros); Diâmetro do colo (realizado com auxílio de um paquímetro digital e os resultados expressos em milímetros); Fitomassa de plântulas (com auxílio de estilete foram separadas parte aérea e raiz. As plântulas foram pesadas em balança analítica, com precisão 0,001g, e os valores expressos em gramas. Para a obtenção da massa seca, as amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçada a 65°C até a massa constante).



Além disso, foi avaliado o índice relativo de clorofila, utilizando clorofilômetro (ClorofiLOG 1030), sendo avaliada uma folha por plântula.

A extração e quantificação de pigmentos fotossintéticos também foi analisado: Para *A. colubrina*, devido ao tamanho da folha, a extração dos pigmentos fotossintéticos foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Arnon (1949). Foram retiradas quatro folhas, por repetição, das plantas de *A. colubrina*, sendo os folíolos separados, macerados, pesados em balança analítica de precisão 0,001 g e colocados em tubos de ensaios. A concentração dos pigmentos foi calculada com os valores de absorvância, determinados por Arnon (1949), obtidos por meio das leituras em espectrofotômetro, nos comprimentos de onda de 645 e 663 nm.

Para análise estatística, os dados obtidos de porcentagem de emergência foram transformados em arc seno  $\sqrt{x/100}$ . Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O aumento da temperatura da [CO<sub>2</sub>] não influenciou na emergência das sementes de *A. colubrina* e *P. pyramidalis* (Tabela 1). O efeito isolado da temperatura influenciou na altura, no número de folhas, no diâmetro do colo e no índice relativo de clorofila. A concentração de CO<sub>2</sub> foi significativa para o número de folhas, para o índice relativo de clorofila e para as massas fresca e seca da raiz (Tabela 1).

Para *M. urundeuva*, o efeito isolado da temperatura foi significativo para a porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência. No desenvolvimento inicial das plântulas desta espécie, a temperatura também influenciou a altura, o comprimento da raiz, o diâmetro do colo e a massa fresca e seca da parte aérea e raiz. A concentração de CO<sub>2</sub> apresentou significância para o diâmetro do colo, massa fresca e seca da parte aérea e da raiz (Tabela 1).

O comprimento da raiz e a massa seca da parte aérea de *P. pyramidalis* foram influenciadas pela interação temperatura x CO<sub>2</sub>. O efeito isolado da temperatura foi significativo para o número de folhas, o índice relativo de clorofila e a massa seca da parte aérea e raiz. A [CO<sub>2</sub>] apresentou efeito no índice de velocidade de emergência e na massa seca da parte aérea desta espécie (Tabela 1).



Tabela 1. Resumo da análise de variância para plântulas de *Anadenanthera colubrina*, *Myracrodruon urundeuva* e *Poincianella pyramidalis*, sob diferentes regimes de temperatura (18-24-30 °C e 22-28-34 °C), concentrações de CO<sub>2</sub> (390 ppm e 770 ppm). Petrolina, PE, Brasil.

Quadrado médio				
Fonte de variação	Temperatura (T)	[CO <sub>2</sub> ]	T*[CO <sub>2</sub> ]	CV%
<i>Anadenanthera colubrina</i>				
E%	2,030 <sup>ns</sup>	0,600 <sup>ns</sup>	0,330 <sup>ns</sup>	12,47
TME (dias)	0,007 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>	0,237 <sup>ns</sup>	9,51
VME (dias)	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	9,22
IVE	1,350 <sup>ns</sup>	0,470 <sup>ns</sup>	0,110 <sup>ns</sup>	21,20
ALT (cm)	4,550 <sup>*</sup>	0,150 <sup>ns</sup>	0,610 <sup>ns</sup>	12,82
NF	2,060 <sup>**</sup>	0,660 <sup>*</sup>	0,310 <sup>ns</sup>	12,29
CPA (cm)	4,530 <sup>ns</sup>	0,120 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	15,16
CPR (cm)	0,780 <sup>ns</sup>	0,020 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	4,98
DC (mm)	0,560 <sup>**</sup>	0,020 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>	8,27
IRC (SPAD)	4,620 <sup>*</sup>	2,080 <sup>*</sup>	0,020 <sup>ns</sup>	31,71
MFPA (g)	0,200 <sup>ns</sup>	0,080 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	17,23
MFR (g)	0,420 <sup>ns</sup>	6,260 <sup>**</sup>	0,080 <sup>ns</sup>	15,34
MSPA (g)	0,000 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	19,07
MSR (g)	0,000 <sup>ns</sup>	2,220 <sup>**</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	14,88
<i>Myracrodruon urundeuva</i>				
E%	574,080 <sup>*</sup>	244,140 <sup>ns</sup>	27,090 <sup>ns</sup>	14,03
TME (dias)	0,310 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	0,160 <sup>ns</sup>	7,480
VME (dias)	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	7,610
IVE	1,890 <sup>*</sup>	0,460 <sup>ns</sup>	0,250 <sup>ns</sup>	16,03
ALT (cm)	3,450 <sup>*</sup>	1,350 <sup>ns</sup>	0,270 <sup>ns</sup>	9,51
NF	0,470 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>	0,090 <sup>ns</sup>	10,81
CPA (cm)	2,450 <sup>ns</sup>	0,130 <sup>ns</sup>	0,420 <sup>ns</sup>	11,97
CPR (cm)	5,650 <sup>*</sup>	3,050 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>	7,17
DC (mm)	0,620 <sup>**</sup>	0,820 <sup>**</sup>	0,040 <sup>ns</sup>	12,87
IRC (SPAD)	0,003 <sup>ns</sup>	29,700 <sup>ns</sup>	15,400 <sup>ns</sup>	12,30
MFPA (g)	0,340 <sup>*</sup>	0,780 <sup>**</sup>	0,090 <sup>ns</sup>	24,34
MFR (g)	1,390 <sup>**</sup>	0,620 <sup>*</sup>	0,250 <sup>ns</sup>	23,64
MSPA (g)	0,060 <sup>*</sup>	0,170 <sup>**</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	26,94
MSR (g)	0,380 <sup>**</sup>	0,090 <sup>*</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	25,27
<i>Poincianella pyramidalis</i>				
E%	69,550 <sup>ns</sup>	108,880 <sup>ns</sup>	212,430 <sup>ns</sup>	9,07
TME (dias)	0,220 <sup>ns</sup>	0,070 <sup>ns</sup>	1,080 <sup>ns</sup>	8,97
VME (dias)	0,000 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	9,18
IVE	0,180 <sup>ns</sup>	0,540 <sup>*</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	6,98
ALT (cm)	0,020 <sup>ns</sup>	0,280 <sup>ns</sup>	0,090 <sup>ns</sup>	7,45
NF	4,510 <sup>*</sup>	0,060 <sup>ns</sup>	0,560 <sup>ns</sup>	14,17
CPA (cm)	3,610 <sup>ns</sup>	0,680 <sup>ns</sup>	0,430 <sup>ns</sup>	12,46
CPR (cm)	0,680 <sup>ns</sup>	0,370 <sup>ns</sup>	3,620 <sup>*</sup>	7,39
DC (mm)	0,006 <sup>ns</sup>	0,080 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>	6,53
IRC (SPAD)	204,340 <sup>**</sup>	8,170 <sup>ns</sup>	17,550 <sup>ns</sup>	11,66
MFPA (g)	0,130 <sup>ns</sup>	0,250 <sup>ns</sup>	0,090 <sup>ns</sup>	14,74
MFR (g)	0,001 <sup>ns</sup>	0,670 <sup>ns</sup>	0,480 <sup>ns</sup>	26,36
MSPA (g)	0,660 <sup>**</sup>	0,140 <sup>*</sup>	0,310 <sup>**</sup>	11,450
MSR (g)	0,110 <sup>*</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,020 <sup>ns</sup>	20,21

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo, \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Porcentagem de emergência (E%), tempo médio de emergência (TME), velocidade média de emergência (VME), índice de velocidade de emergência (IVE), altura, (ALT) número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), diâmetro do colo (DC), índice relativo de clorofila (IRC), massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR).



Fonte: Autores (2021)

O aumento da temperatura proporcionou maior altura e número de folhas em plântulas de *A. colubrina* (Tabela 2). As altas temperaturas tendem a aumentar a taxa metabólica promovendo maior crescimento. Da mesma forma, temperaturas baixas podem retardar a velocidade metabólica, comprometendo o desenvolvimento da plântula (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Foi observado ainda, que, o aumento da temperatura provocou redução no diâmetro do colo e índice relativo de clorofila total.

Tabela 2. Plântulas de *Anadenanthera colubrina* mantidas em ambiente com regime de temperatura de 18-24-30 °C e 22-28-34 °C e concentração de CO<sub>2</sub> de 390 ppm e 770 ppm. Petrolina, PE, Brasil.

Variáveis	18-24-30°C	22-28-34°C
Temperatura		
ALT (cm)	5,77 b	6,83 a
NF	2,56 b	3,28 a
DC (mm)	1,70 a	1,33 b
IRC (SPAD)	2,38 a	1,31 b
[CO <sub>2</sub> ]		
NF	3,12 a	2,71 b
IRC (SPAD)	2,20 a	1,48 b
MFR (g)	2,55 b	3,81 a
MSR (g)	1,18 b	1,93 a

Médias seguidas de mesma minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade. Altura (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do colo (DC), índice relativo de clorofila (IRC), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR).

Fonte: Autores (2021)

O ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub> proporcionou aumento na massa fresca e seca da raiz dessas plântulas, e em concentração de CO<sub>2</sub> atual foram encontrados maiores números de folhas e índice de clorofila total (Tabela 2).

O incremento do CO<sub>2</sub> estimula a fotossíntese com aumento na produção de açúcares e conseqüentemente, maior produção de biomassa em plantas. Porém a associação com temperaturas altas pode resultar respostas fisiológicas diferentes, interferindo na captura e alocação dos compostos de carbono, e até mesmo na utilização da água (MARTINEZ *et al.*, 2015). Em ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub> e com alta temperatura poderá ocorrer um aumento no deficit de pressão de vapor promovendo o fechamento dos estômatos. Conseqüentemente haverá uma redução na entrada de carbono para a fotossíntese (LOBELL e GOURDJI, 2012).

A porcentagem de emergência, o índice de velocidade de emergência e comprimento de raiz foram maiores em plântulas de *M. urundeuva* mantidas em ambiente com 18-24-30°C. A





elevação da temperatura ocasionou aumento na altura, no diâmetro do colo e na massa fresca e seca da parte aérea e da raiz. Por outro lado, quando estiveram em ambiente com alta concentração de CO<sub>2</sub>, as plântulas alcançaram maior diâmetro do colo e massa fresca e seca da parte aérea e da raiz (Tabela 3).

Tabela 3. Plântulas de *Myracrodruon urundeuva*, mantidas em ambiente com regime de temperatura de 18-24-30 °C e 22-28-34 °C e concentração de CO<sub>2</sub> de 390 ppm e 770 ppm. Petrolina, PE, Brasil.

Variáveis	18-24-30°C	22-28-34°C
Temperatura		
E% (%)	77,60 a	65,62 b
IVE	3,85 a	3,17 b
ALT (cm)	5,99 b	6,92 a
CR (cm)	12,54 a	11,35 b
DC (mm)	1,20 b	1,59 a
MFPA (g)	0,76 b	1,05 a
MFR (g)	0,79 b	1,38 a
MSPA (g)	0,25 b	0,38 a
MSR (g)	0,32 b	0,63 a
[CO <sub>2</sub> ]		
DC (mm)	1,17 b	1,62 a
MFPA (g)	0,68 b	1,12 a
MFR (g)	0,89 b	1,28 a
MSPA (g)	0,21 b	0,42 a
MSR (g)	0,39 b	0,55 a

Médias seguidas de mesma minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Porcentagem de emergência (E%), índice de velocidade de emergência (IVE), altura (ALT), comprimento da raiz (CR), diâmetro do colo (DC), índice relativo de clorofila, massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR).

Fonte: Autores (2021)

A temperatura é um elemento fundamental para a emergência das sementes, podendo acelerar ou retardar o seu desenvolvimento. Temperaturas altas podem aumentar a fluidez de lipídeos e reduzir a estabilidade das membranas celulares ocasionando perdas de íons com consequência direta na qualidade das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015). Em estudo com espécies arbóreas do Cerrado, da Amazônia e da Mata Atlântica, a temperatura de 25°C foi determinada como ótima para germinação de sementes da maioria das espécies destes biomas, seguida da temperatura de 30°C (BRANCOLION et al., 2007). Em estudos com as espécies da Caatinga: *Cereus jamacaru* DC. subsp. *Jamacaru* (MEIADO et al., 2010) e *A. cearenses* (GUEDES et al., 2010) a maior porcentagem de germinação ocorreu sob temperatura de 30°C e 35°C, respectivamente. Resultados em diferentes locais indicam que o habitat é um fator determinante na fisiologia da espécie e no seu





estabelecimento (SILVA et al., 2016). Esta característica pode ser destacada pelas espécies da Caatinga, ressaltando o potencial adaptativo das mesmas as alterações climáticas.

O efeito positivo do incremento de CO<sub>2</sub> na biomassa e no diâmetro do colo de plântulas de *M. urundeuva* confirma o efeito fertilizante do CO<sub>2</sub> para o desenvolvimento inicial da planta. O ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub> pode aumentar a taxa fotossintética das folhas, devido ao aumento da concentração deste gás no sítio ativo da ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase (Rubisco). Como consequência, as plantas podem apresentar o aumento no crescimento e ganho de biomassa (DORNELES et al., 2019).

O ambiente com 22-28-34°C e 770 ppm de CO<sub>2</sub> promoveu um aumento de 10% no crescimento da raiz de *P. pyramidalis* quando comparado ao mesmo regime de temperatura, porém com incremento de 390 ppm de CO<sub>2</sub> e promoveu também um aumento de 11% no crescimento da raiz comparado ao ambiente com regime de temperatura de 18-24-30°C e com 770 ppm de CO<sub>2</sub>. No entanto, o regime de temperatura de 18-24-30°C e com 770 ppm de CO<sub>2</sub> promoveu um aumento de 42% para a massa seca da parte aérea quando comparado ao ambiente com 22-28-34°C e 770 ppm de CO<sub>2</sub> (Tabela 4). O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> estimula a fotossíntese (MARTINEZ et al., 2015), com consequente aumento na produção de biomassa das plantas. Entretanto, as alterações provocadas pelo aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> poderão variar entre as espécies, dependendo de características como a rota fotossintética, a taxa de crescimento, entre outras (VOELKER et al., 2016).

Tabela 4. Plântulas de *Poincianella pyramidalis* mantidas em ambiente com regime de temperatura de 18-24-30°C e 22-28-34 °C e concentração de CO<sub>2</sub> de 390 ppm e 770 ppm. Petrolina, PE, Brasil.

Temperatura/ [CO <sub>2</sub> ]	CR (cm)		MSPA (g)	
	390 ppm	770 ppm	390 ppm	770 ppm
18-24-30°C	11,00 aA	10,36 bA	1,10 aA	1,19 aA
22-28-34°C	10,46 aB	11,73 aA	0,97 aA	0,50 bB

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade. Comprimento da raiz (CR) e massa seca da parte aérea (MSPA).

Fonte: Autores (2021)

Com a elevação da temperatura foi observado aumento no número de folhas e massa seca das raízes de plântulas de *P. pyramidalis*. Porém, as plântulas mantidas em ambiente com menor regime de temperatura apresentaram aumento no índice relativo de clorofila e na massa seca da raiz (Tabela 5).



Tabela 5. Plântulas de *Poincianella pyramidalis* mantidas em ambiente com regime de temperatura de 18-24-30°C e 22-28-34°C e concentração de CO<sub>2</sub> de 390 ppm e 770 ppm. Petrolina, PE, Brasil.

Variáveis	18-24-30 °C	22-28-34 °C
NF	3,12 b	4,18 a
IRC (SPAD)	30,49 a	23,34 b
MSPA (g)	1,14 a	0,73 b
MSR (g)	0,81 a	0,64 b
[CO <sub>2</sub> ]	390 ppm	770 ppm
IVE	3,97 a	3,60 b
MSPA (g)	1,03 a	0,84 b

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade. Número de folhas (NF), índice relativo de clorofila (IRC), massa seca da raiz (MSR) e índice de velocidade de emergência (IVE). Fonte: Autores (2021)

Para entender os efeitos a longo prazo das mudanças climáticas nas espécies vegetais, é necessário vincular futuras alterações ambientais a mecanismos que controlam as plantas, como a formação das sementes (DANTAS et al., 2020).

A temperatura é um dos elementos climáticos que afetam a produção das sementes na planta mãe e também a germinação das sementes após a sua dispersão no solo (WALCK et al., 2011).

Assim, pode-se afirmar que a elevação da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférica e temperatura do ar influenciam de maneira diferente o desempenho das espécies estudadas. Esta diferença será determinante para o estabelecimento delas frente aos cenários futuros. Isto porque a rápida emergência de plântulas poderá beneficiar o estabelecimento de mudas, proporcionando vantagem em um ambiente sazonalmente seco (OOI et al., 2012).

Entender as respostas ecofisiológicas das sementes em cenários climáticos poderão auxiliar na seleção de indivíduos tolerantes e contribuir para adoção de medidas de adaptação no estabelecimento e regeneração das espécies.

#### 4 CONCLUSÃO

O aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> não influencia a emergência de plântulas de *A. colubrina*, *P. pyramidalis*. Por outro lado, o crescimento inicial de *A. colubrina*, *P. pyramidalis* e *M. urundeuva* foi favorecido pelo aumento da temperatura. Além disso, a elevação da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> influenciou positivamente a produção de biomassa de *A. colubrina* e *M. urundeuva*.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do PE (FACEPE) pelo financiamento da bolsa de pós-doutorado (PROCESSO n°: BFP-0113-5.01/21).



## REFERÊNCIAS

Aguiar, R. W. S.; Brito, D. R.; Ootani, M. A.; Fidelis, R. R.; Peluzio, J. N. 2012. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. *Revista Ciência Agronômica*, 43, 554-560. DOI: 10.1590/S1806-66902012000300019

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24,1-15. DOI: 10.1104/pp.24.1.1

Arora, N. K. 2019. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability* 2, 95–96. DOI: 10.1007/s42398-019-00078-w

Bewley, J. D.; Bradford, J. D.; Hilhorst, K.; Nonogaki, H. 2013. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. New York: Springer.

Brasil. 2013. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instruções para análise de sementes florestais. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 97p.

Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. 2012. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 590p.

Dantas, B. F.; Moura, M. S. B.; Pelacani, C. R.; Angelotti, F.; Taura, T. A.; Oliveira, G. M.; Bispo, J. S.; Matias, J. R.; Silva, F. F. S.; Pritchard, H. W.; Seal, C. E. 2020. Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry forest species with climate change. *Oecologia*, 192, 529-541. DOI: 10.1007/s00442-019-04575-x

Dorneles, K. R.; Simmi, F. Z.; Rebhahn, I.; Guidorizi, K. A.; Dallagnol, L. J. 2019. Parâmetros morfofisiológicos e rendimento de grãos do arroz em condições de incremento do CO<sub>2</sub> atmosférico. *Agrarian*, 12, 457-465. DOI: 10.30612/agrarian.v12i46.8553

Dürr, C.; Dickie, J. B.; Yang, X. Y.; Pritchard, H. W. 2015. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: Contribution to a seed trait database. *Agricultural and Forest Meteorology*, 200, 222-232. DOI: 10.1016/j.agrformet.2014.09.024

Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 1039-1042. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001

Guedes, R. S.; Alves, E. U.; Gonçalves, E. P.; Braga Júnior, J. M.; Viana, J. S.; Colares, P. N. Q. 2010. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith. *Revista Árvore*, 34, 57-64. DOI: 10.1590/S0100-67622010000100007.

IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The physical science basis*. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

IPCC. 2021. Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V. et. al (Ed.). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment



Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 42p.

Lobell, D. B.; Gourdji, S. M. 2012. The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology*, 160, 1686-1697. DOI: 10.1104/pp.112.208298

Marcos Filho, J. 2015. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: Abrates. 659p.  
Martinez, C. A.; Oliveira, E. D.; Mello, T. R. P.; Alzate-Marin, A. L. 2015. Respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8, 635-650.

Meiado, M. V.; Albuquerque, L. S. C.; Rocha, E. A.; Rojas-Aréchiga, M.; Leal, I. R. 2010. Seed germination reponses of *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) to environmental factors. *Plant Species Biology*, 25, 120-128. DOI: 10.1111/j.1442-1984.2010.00274.x

Melo Junior, J. L. A.; Melo, L. D. F. De A.; Araujo Neto, J. C.; Ferreira, V. M. 2018. Germination and morphology of seeds and seedlings of *Colubrina glandulosa* Perkins after overcoming dormancy. *Australian Journal of Crop Science*, 12, 639-647.

Ooi, M. K. 2012. Seed bank persistence and climate change. *Seed Science Research*, 22, S53-S60. DOI: 10.1017/S0960258511000407

Ranal, M. A.; Santana, D.G.; Ferreira, W.R.; Mendes-Rodrigues, C. 2009. Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Brazilian Journal Botany*, 32, 849-855.  
Santana, D. G.; Ranal, M. A. 2000. Análise estatística na germinação. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12, 205-237.

Voelker, S. L.; Brooks, J. R.; Meinzer, F. C.; Anderson, R.; Bader, M. K. F.; Battipaglia, G.; Becklin, K. M.; Beerling, D.; Bert, D.; Betancourt, J. L.; Dawson, T. E.; Domec, J. C.; Guyette, R. P.; Körner, C.; Leavitt, S. W.; Linder, S.; Marshall, J. D.; Mildner, M.; Ogée, J.; Panyushkina, I.; Plumpton, H. J.; Pregitzer, K. S.; Saurer, M.; Smith, A. R.; Siegwolf, R. T. W.; Stambaugh, M. C.; Talhelm, A. F.; Tardif, J. C.; Water, P. K. V.; Ward, J. K.; Wingate, L. A. 2016. Dynamic leaf gas-exchange strategy is conserved in woody plants under changing ambient CO<sub>2</sub>: evidence from carbon isotope discrimination in paleo and CO<sub>2</sub> enrichment studies. *Global Change Biology*, 22, 889-902. DOI: 10.1111/gcb.13102

Silva, K. A.; Santos, J. M. F. F.; Andrade, J. R.; Lima, E. N.; Albuquerque, U. P.; Ferraz, E. M. N.; Araújo, E. L. 2016. The influence of microhabitat on the population dynamics of four herbaceous species in a semiarid area of northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 76, 45-54. DOI: 10.1590/1519-6984.10014

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 858p.

Walck, J. L.; Hidayati, S. N.; Dixon, K.W.; Thompson, K. E. N.; Poschlod, P. 2011. Climate change and plant regeneration from seed. *Global Change Biology*, 17, 2145-2161. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02368.x