



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

YANNA MAISA LEITÃO

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Pilosocereus cattingicola*
subsp. *salvadorensis* (WERDERM.) ZAPPI (CACTACEAE): QUAL A
RELAÇÃO DO EFEITO DA RADIAÇÃO UV-A, TEMPERATURA E
SALINIDADE?**

SUMÉ - PB

2019

YANNA MAISA LEITÃO

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Pilosocereus cattingicola*
subsp. *salvadorensis* (WERDERM.) ZAPPI (CACTACEAE): QUAL A
RELAÇÃO DO EFEITO DA RADIAÇÃO UV-A, TEMPERATURA E
SALINIDADE?**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnóloga em Agroecologia.

Orientadora: Dr^a Ana Verônica Silva do Nascimento

Coorientador: Dr. Leidson Allan Ferreira de Lucena

SUMÉ – PB

2019

L533g Leitão, Yanna Maisa.

Germinação e desenvolvimento de *Pilosocereus cattingicola subsp. Salvadorensis* (WERDERM.) ZAPPI (CACTACEAE): qual a relação do efeito da radiação UV-A, temperatura e salinidade? / Yanna Maisa Leitão. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

56 f.

Orientadora: Professora Dr^a Ana Verônica Silva do Nascimento.
Co-orientador: Dr. Leidson Alan Ferreira de Lucena.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia.

1. Cactáceas. 2. Ficheiro. 3. Salinidade e cactáceas. 4. Temperatura e cactáceas. 5. Bioma caatinga I. Nascimento, Ana Verônica Silva do. II. Lucena, Leidson Alan Ferreira de. III. Título.

CDU: 582.661.56(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

YANNA MAISA LEITÃO

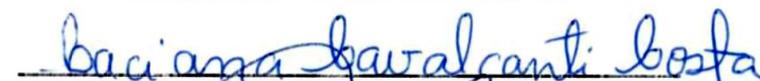
**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Pilosocereus catingicola*
subsp. *salvadorensis* (WERDERM.) ZAPPI (CACTACEAE): QUAL A
RELAÇÃO DO EFEITO DA RADIAÇÃO UV-A, TEMPERATURA E
SALINIDADE?**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnóloga em Agroecologia.

BANCA EXAMINADORA:



Dra. Ana Verônica Silva do Nascimento
Orientadora - UAEB/CDSA/UFCG



Professora Dra. Caciana Cavalcanti Costa
Examinador I - UACA/CCTA/UFCG



Dr. Rummienigge de Macêdo Rodrigues
Examinador II - UATEC/CDSA/UFCG

Trabalho aprovado em: 11 de dezembro de 2019.

*Dedico aos meus pais que
sempre me apoiaram e
dedicaram suas vidas para
realização dos meus
sonhos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus e a todas forças do bem que me regem, tenho enorme gratidão pelas oportunidades e dificuldades vivenciadas durante esta caminhada. Agradeço por todo amparo, auxílio e proteção.

Agradeço imensamente aos meus pais Ione e Ivanildo, por terem me dado todo amor, carinho e confiança durante o meu desenvolvimento. A minha avó Teresinha por sempre estar presente com suas palavras e principalmente ensinamentos. Aos três também já peço desculpas pelos momentos que não podemos estar juntos durante esses anos.

A Brunno meu namorado, por todo amor, paciência, companheirismo e ajuda durante as idas e vindas à universidade também não posso deixar passar, as pequenas ajudas durante os experimentos “meu mine cientista”.

A meu amigo Romildo Araujo que sempre foi tão gentil e atencioso comigo e além de tudo me indicou para o LaCTV. E é uma pessoa linda, continue assim.

Aos meus colegas de sala, pela amizade, momentos de estudo e descontração vivenciados, em especial quero agradecer a Halanna, Shirley, Wesley por mantermos um carinho especial e nos apoiarmos em meio às alegrias e decepções na vida acadêmica.

Agradeço ao pessoal que trabalha na universidade, Sueli, Cristiano e Mel por todo o carinho que tiveram comigo e pelos lanches compartilhados.

A Universidade Federal de Campina Grande, ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido pela formação disponibilizada, a todos os docentes que acreditam na educação e no desenvolvimento intelectual e profissional dos discentes.

A minha orientadora Professora Dra. Ana Verônica por ter aberto as portas do LaCTV e por todo auxílio e suporte no desenvolvimento desta pesquisa, agradeço também pelos momentos de motivação, descontração e do cafezinho.

Ao meu coorientador, Leidson Allan que me aceitou de braços abertos no LaCTV, e que acreditou, apoiou, estimulou, defendeu e contribuiu muito em conhecimentos/discursões na minha formação e no desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço especialmente pela atenção e preocupação comigo durante os árduos dias de montagem e avaliação das baterias do experimento. Você é uma excelente pessoa e merece tudo de bom sempre.

RESUMO

No Bioma Caatinga, na região Nordeste do Brasil, encontra-se várias espécies de cactáceas endêmicas. A espécie *Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi, popularmente conhecida como ‘facheiro’. É um importante recurso natural utilizado para diversos fins. Entender processos germinativos e de desenvolvimento em cactáceas frente aos fatores abióticos são essenciais atualmente, pois ajudam a compreender sua morfologia e fisiologia, contribuindo para conservação e preservação nos ambientes áridos e semiáridos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da germinação e de desenvolvimento de *P. cattingicola* subsp. *salvadorensis* submetida a diferentes fatores de incidência de luz ultravioleta (UV-A), temperatura e salinidade. Os parâmetros de germinação utilizados foram: (PCG), (TMG), (G%), (IVG) e (*E*). Para verificar o desenvolvimento da planta foram avaliados: a biomassa fresca, o comprimento total do cladódio e concentração dos pigmentos fotossintetizantes (clorofila-*a* e *b*, total e carotenóides totais). Os resultados apresentados mostraram uma alta germinação nas sementes da cactácea, porém de maneira dessincronizada em ambientes com luz UV-A e nas temperaturas de 25 e 30 °C. A radiação UV-A demonstrou atuação anormal no desenvolvimento fotossintético da espécie. A salinidade não interferiu no processo germinativo.

Palavras-Chave: Facheiro. Biodiversidade. Fatores abióticos.

LEITÃO, Y. M. **Germination and development of *Pilosocereus catingicola* subsp. *salvadorensis* (WERDERM.) ZAPPI (CACTACEAE): what is the relation of the effect of UV-A radiation, temperature and salinity?** Sumé-PB, 2019. 57f. Monography (Undergraduate in Technology in Agroecology) - Federal University of Campina Grande.

ABSTRACT

In the Caatinga Biome, in the northeast of Brazil, there are several species *Pilosocereus catingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi popularly known 'facheiro'. It is an important natural resource used for various purposes. Understanding germination and developmental processes in cactaceae against abiotic factors are essential today, as they help to understand their morphology and physiology, and contributing to conservation and preservation in the arid and semi-arid environments. The present work aimed to evaluate the germination and development response of *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* submitted to different incidence factors of ultraviolet light (UV-A), temperature and salinity. The germination parameters used were: (FGC), (MGT), (G%), (GSI) and (*E*). To verify the development of plant were evaluated: fresh biomass, total cladode length and concentration photosynthetic pigments (chlorophyll-*a* and *b*, total and total carotenoids). The results presented showed a high germination in the cactus seeds, but desiccated in environments with UV-A light and temperatures of 25 and 30 °C. UV-A radiation showed abnormal performance in the production photosynthetic development of the species. Salinity did not interfere with the germination process.

Key-words: Facheiro. Biodiversity. Abiotic Factors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aspecto geral da planta adulta de *Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi, popularmente conhecida como ‘facheiro’, que tem ocorrência na região do Cariri do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.....23

Gráfico 1 - Parâmetros de Germinação para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de estresse radioativo (sem e com luz UV-A). A) Primeira Contagem de Germinação; B) Germinabilidade; C) Índice de Velocidade de Germinação; D) Tempo Médio de Germinação; e E) Índice de Sincronia de Germinação. Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de luminosidade avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada intensidade de luz foi de 20 dias.....35

Gráfico 2 - Parâmetros de Germinação para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de temperatura (20, 25 e 30 °C). A) Primeira Contagem de Germinação; B) Germinabilidade; C) Índice de Velocidade de Germinação; D) Tempo Médio de Germinação; e E) Índice de Sincronia de Germinação. Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de temperaturas avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada temperatura foi de 20 dias.....37

Gráfico 3 - Parâmetros de Biometria para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de estresse radioativo (sem e com luz UV-A). A) Biomassa Fresca (mg); e B) Comprimento Total do Cladódio (mm). Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de luminosidade avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada intensidade de luz foi de 20 dias.....39

Gráfico 4 - Parâmetros de Biometria para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de temperatura (20, 25 e 30 °C). A) Biomassa Fresca (mg); e B) Comprimento Total do Cladódio (mm). Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de temperaturas avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada temperatura foi de 20 dias.....40

Gráfico 5 - Parâmetros de Desenvolvimento, concentração dos pigmentos fotossintetizantes expressos em microgramas por grama de massa fresca ($\mu\text{g/g}$ MF), para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de estresse radioativo (sem e com luz UV-A). A) Clo-*a* = Clorofila-*a*; e B) Clo-*b* = Clorofila-*b*. Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de luminosidade avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada intensidade de luz foi de 20 dias.....43

Gráfico 6 - Parâmetros de Desenvolvimento, concentração dos pigmentos fotossintetizantes expressos em microgramas por grama de massa fresca ($\mu\text{g/g}$ MF), para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de estresse radioativo (sem e com luz UV-A). A) Clo-Totais = Clorofila Total; e B) Carotenóides Totais. Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de luminosidade avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada intensidade de luz foi de 20 dias.....44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise Variância Hierárquica (ANOVA *nested design*) mostrando diferenças entre os principais fatores testados para os parâmetros de germinação: Luz, Temperatura e Salinidade. PCG - Primeira Contagem de Germinação; G% - germinabilidade; IVG - índice de velocidade de germinação; TMG - tempo médio de germinação; *E* - Índice de Sincronia de Germinação. GL = Graus de Liberdade; F = valor de Fisher; *p* = significância do modelo. *** < 0,001; ** < 0,01, * < 0,05; ns = não significativo.....31

Tabela 2 - Análise Variância Hierárquica (ANOVA *nested design*) mostrando diferenças entre os principais fatores testados para os parâmetros de biometria (Biomassa Fresca e Comprimento Total do Cladódio): Luz, Temperatura e Salinidade. GL = Graus de Liberdade; F = valor de Fisher; *p* = significância do modelo. *** < 0,001; ns = não significativo.....32

Tabela 3 - Análise Variância Hierárquica (ANOVA *nested design*) mostrando diferenças entre os principais fatores testados para os parâmetros de desenvolvimento (fotossintéticos): Luz, Temperatura e Salinidade. Clo-*a* = Clorofila-*a*; Clo-*b* = Clorofila-*b*; Clo-Totoal = Clorofila Total; e Carotenóides Totais. GL = Graus de Liberdade; F = valor de Fisher; *p* = significância do modelo. *** < 0,001; ns = não significativo.....33

LISTA DE SIGLAS

<i>E</i>	Índice de sincronia de germinação
PCG	Primeira Contagem de Germinação
IVG	Índice de velocidade de germinação
TMG	Tempo médio de germinação
G%	Germinabilidade
F	Valor de Fisher
GL	Graus de Liberdade
UV-A	Radiação Ultravioleta do Tipo A
Clo- <i>a</i>	Clorofila- <i>a</i>
Clo- <i>b</i>	Clorofila- <i>b</i>
Clo-Total	Clorofila Total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Família Cactaceae Juss.	16
3.2 <i>Pilosocereus catincola</i> subsp. <i>salvadorensis</i> (Werderm.) Zappi.	17
3.3 Influência dos fatores abióticos nas cactáceas	18
3.4 Germinação de cactáceas <i>in vitro</i>	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 Coleta e tratamento do material biológico	22
4.2 Assepsia da vidraria e preparação dos testes de germinação	23
4.3 Testes de germinação	24
4.4 Delineamento experimental	25
4.4.1 Parâmetros de Germinação.....	26
4.4.2 Parâmetros de Biometria.....	27
4.4.3 Parâmetros de Desenvolvimento.....	27
4.5 Tratamento Estatístico	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Efeito do tipo de luz e temperatura na germinação e crescimento <i>in vitro</i>	32
5.2 Efeito da luz e da temperatura nos parâmetros biométricos	38
5.3 O efeito da qualidade da luz na concentração dos pigmentos fotossintéticos	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A família Cactaceae é dotada de plantas conhecidas como ‘cactos’. Elas possuem elevada diversidade morfológica que variam desde representantes arbóreas, arbustivas, trepadeiras e epífitas (MAUSETH, 2006). Os indivíduos desta família possuem, atualmente, três grandes centros de biodiversidade e endemismo: o México, sudoeste dos Estados Unidos e porção central dos Andes na América do Sul e região leste do Brasil (TAYLOR; ZAPPI, 2004). Sendo, maioria das espécies, habitando as regiões áridas e semiáridas no mundo. No Brasil, o maior centro de diversidade de cactácea está localizado na região Nordeste, especificamente no bioma Caatinga (BRAY *et al.*, 2000).

As cactáceas possuem uma forte vantagem competitiva por habitarem regiões de clima quente e seco ao redor do mundo. Fisiologicamente, elas possuem o sistema fotossintético do tipo CAM (metabolismo ácido das crassuláceas) que permitiu adquirir atributos morfológicos, como a suculência da parte vegetativa ou cladódio, conferindo maior eficiência sobre a armazenagem e estoque do uso da água, “necessária” para a sobrevivência destas plantas no período de seca (LÜTTGE, 2004; MAUSETH, 2006). Desta forma, muitos autores tem considerado uma relativa homogeneidade fisiológica observada entre espécies de cactos. Por exemplo, devido ao mecanismo fotossintético CAM, muitas espécies possuem modificações no tamanho e números de costelas (estriamento do caule fotossintetizante) no comprimento do caule (cladódio).

Em escala local, os cactos são afetados por múltiplos fatores ambientais. Dentre eles podemos destacar as condições microclimáticas (WHITFORD, 2002), condições do solo (BASHAN *et al.*, 2000) e polinização (FONSECA *et al.*, 2004). A influência dos fatores ambientais tem demonstrado serem limitantes nos processos de dispersão, germinação e estabelecimento de espécies de cactáceas no meio ambiente. Por exemplo, a disponibilidade de água, luz, temperatura e salinidade são fatores primordiais para o desenvolvimento das espécies de cactáceas e o entendimento de como eles influenciam na fisiologia e morfologia destas plantas (KIGEL, 1995). Respostas germinativas de *Cereus jamacaru* (mandacaru), tem evidenciado que esta espécie possui um grande poder germinativo em temperaturas de 30 °C e que a redução da disponibilidade de água associada a altas concentrações salinas, superiores a 33 mMol/L, afetam a germinabilidade desta espécie (MEIADO *et al.*, 2010). *Pilosocereus gounellei* tende a demonstrar a mesma sensibilidade a apresentar a mesma sensibilidade demonstrada por

C. jamacaru (MEIADO, 2012). Assim, o papel dos fatores ambientais sobre o desenvolvimento de cactáceas torna-se essencial na manutenção do estabelecimento de novas plântulas e mantém a diversidade genética das populações naturais (HARPER, 1977).

Regiões áridas e semiáridas tem evidenciado uma grande diversidade de espécies endêmicas e nativas, que possuem importância ecológica e sócio-econômica para estas regiões. As espécies de cactáceas conhecidas no Nordeste do Brasil possuem uma diversidade de fins como: alimentício, medicinal, forrageiro, combustível, místico-religioso, ornamental, adsorvente de gasolina, conservação da biodiversidade, tecnologia, sombra, bioindicador de chuva, cosmético, medicinal animal e para higiene (SILVA, 2015). *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* é uma espécie de cacto conhecida popularmente como facheiro, com distribuição exclusiva na região Nordeste do Brasil. Esta espécie se caracteriza por ser uma planta perene, arbustiva, de hábito arbóreo, com espinhos robustos e flores hermafroditas pequenas (MENEZE;LOIOLA, 2015). Na Caatinga Brasileira ela é utilizada como fonte alimentar para os animais da região, possui característica de ser forrageira, utilizada nas construções rurais, onde seus troncos e ramificações são utilizados como fonte de madeira, além de apresentar outras utilidades como: medicinal, ornamental, alimentícia e de combustível (ALVES *et al.*, 2014).

As cactáceas são importantes recursos naturais para diversos fins da região do Nordeste Brasileiro (ANDRADE *et al.*, 2006;2006 a; DAMASCENO *et al.*, 2010). Por possuir diversas especializações associadas a formas e hábitos e por sobreviverem a condições extremas do clima, as cactáceas acabam apresentando diversas utilidades, mas a falta de manejo adequado acaba contribuindo com que suas populações corram riscos de serem extintas. A exemplo, a fragmentação do habitat e salinização do solo ocasionada pelo desmatamento, dando lugar ao desenvolvimento agrícola e outros tipos de perturbações ambientais (e.g. pisoteio por animais de pastagem) tem contribuído para a redução populacional destas espécies (BÁRBARA *et al.*, 2015).

Tentar ter informações sobre o processo germinativo e de desenvolvimento destas plantas sobre a influência de fatores abióticos é de fundamental importância, pois torna uma ferramenta capaz de auxiliar e fornecer informações importantes que podem otimizar a produção da cactácea e demonstrar mecanismos essenciais para o entendimento do desenvolvimento desta espécie (ZAMITH;SCARANO, 2004). A disponibilidade de água, luz, temperatura e salinidade são considerados fatores primordiais para o desenvolvimento de cactáceas e entender como eles influenciam desde da morfologia a fisiologia das espécies podem auxiliar na busca de respostas mitigadoras de preservação e conservação destes

organismos (KIGEL, 1995). *Cereus jamacaru* ('mandacaru') e *Pilosocereus gounellei* ('xique-xique') tem demonstrado que são sensíveis a temperaturas superiores a 30 °C e que a redução da disponibilidade de água associada a concentrações salinas superiores a 33 mMOL/L tem afetado no poder germinativo destas plantas (MEIADO *et al.*, 2010; MEIADO, 2012). Complementando, Barbosa (2003) menciona que informações sobre as respostas germinativas de sementes submetidas a diferentes fatores abióticos como, por exemplo, disponibilidade hídrica, luminosidade e temperatura podem ser úteis para a compreensão dos padrões de distribuição geográficos das espécies em escala de população e comunidades naturais.

O papel dos fatores abióticos sobre o desenvolvimento de cactáceas é essencial na manutenção do estabelecimento de novas plântulas, mantendo a diversidade genética das populações naturais no meio ambiente (HARPER, 1977). Estudos sobre a forma de propagação da espécie, frente a condicionantes ambientais que ocasionam estresses na cactácea são essenciais e podem proporcionar explicações relacionadas ao padrão de desenvolvimento das espécies de cactáceas tornando uma alternativa para a conservação e manejo das espécies no meio ambiente, bem como na preservação do patrimônio genético. Nesse sentido, entender como os fatores abióticos afetam as respostas de germinação e desenvolvimento nas cactáceas (e.g. luz, temperatura e salinidade) vem a contribuir na manutenção e preservação dos recursos naturais (HARPER, 1977). Devido às cactáceas serem um importante recurso vegetal para a Caatinga (ROCHA; AGRA, 2002), entender a habilidade das sementes germinarem e o desenvolvimento das plântulas sobre a influência dos fatores abióticos em espécies de cactáceas torna-se de extrema importância.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Avaliar e identificar respostas germinativas e de desenvolvimento das sementes e plântulas da espécie *Pilosocereus catingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm) Zappi submetidas a influência da qualidade de luz, temperatura e salinidade.

2.2 Objetivos Específicos:

- Identificar diferenças na germinação e vigor sobre a influência da luz (sem e com radiação ultravioleta tipo A), temperatura e salinidade em *P. catingicola* subsp. *salvadorensis*.
- Avaliar o efeito e a influência da radiação ultravioleta tipo A, temperatura e salinidade no desenvolvimento de plântulas de *P.catingicola* subsp. *salvadorensis*.
-
- Verificar o efeito da radiação ultravioleta tipo-A, temperatura e salinidade na produção e concentração dos pigmentos fotossintetizantes (clorofila-*a*, clorofila-*b*, clorofila total e carotenóides totais), bem como inferir possíveis alterações fisiológicas *P.catingicola* subsp. *salvadorensis*.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Família Cactaceae JUSS.

As espécies da Família Cactaceae é representada por organismos vegetais popularmente conhecidos como ‘cactos’. Os indivíduos representantes desta família conseguiram, ao longo do tempo, desenvolver adaptações aos ambientes de clima árido e semiárido (LANDRUM, 2002). Muitas adaptações das espécies de cactáceas possibilitaram estes organismos vegetais ocuparem ambientes quentes e com pouca disponibilidade de água, a exemplo dos desertos (região árida) e do Bioma Caatinga da região Nordeste do Brasil (região semiárida) (LIMA, 2012). Uma das explicações plausíveis para o sucesso adaptativo destas plantas a climas quentes e secos é de âmbito fisiológico, já que elas apresentam o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM - *Crassulacean Acid Metabolism*). Este mecanismo é uma adaptação fotossintética que permite uma maior vantagem competitiva nestes tipos de ambientes promovendo o fechamento estomático durante o dia e abrindo a noite, evitando, assim, a perda excessiva de água através da evapotranspiração, tornando-as hidricamente mais eficientes quando comparadas com outros vegetais que não possuem estas adaptações (e.g. Plantas com metabolismo C3) (PEREIRA *et al.*, 2013). Outra característica importante é quanto à morfologia, as cactáceas apresentam folhas e caules modificados que dão origem ao cladódio, que possui função de renovação e armazenamento de suprimento hídrico e orgânico para a sobrevivência da planta (SBRISSA; MELO, 2012).

As cactáceas representam um importante componente da paisagem do semiárido nordestino (LEAL *et al.*, 2003). É nesta região que está localizado o Bioma Caatinga, que possui clima quente e seco, típico semiárido, e ocupa mais de 80% de área da região. É nesta região que concentra a maior diversidade de espécies de cactáceas com alto grau de endemismo (OLDFIELD, 1997). Podemos citar, dentre as várias espécies encontradas, *Cereus jamacaru* DC., popularmente conhecida como ‘mandacaru’, *Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & G.D. Rowley, o ‘xique-xique’ e *Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi., o ‘facheiro’ (CAVALCANTI; RESENDE, 2007). Estas espécies, todas endêmicas, possuem grande importância ecológica (AONA *et al.*, 2006) e alto poder econômico (ANDRADE *et al.*, 2006; SILVA, 2015). Por exemplo, *Pilosocereus cattingicola* é uma espécie endêmica do Brasil e apresenta doze categorias de uso: forrageiro,

medicinal, medicinal animal, tecnologia, alimentício, construção, combustível, ornamental, sombra, bioindicador de chuva, místico-religioso e adsorvente de gasolina (SILVA, 2015), o que a torna uma planta bastante versátil.

Apesar do alto poder adaptativo ao clima e de sua grande importância econômica e ecológica, as espécies de cactáceas vem sofrendo com a alta pressão antrópica (TAYLOR; ZAPPI, 2008). Ortega-Baes *et al.*, (2010) mencionam que o turismo não planejado, construções de estradas, incêndios, pastoreio e utilização não planejada de recursos hídricos são exemplos de pressões antrópicas que geram perturbações agudas e crônicas resultantes dos diferentes usos da terra sobre as espécies de cactáceas, podendo resultar no desaparecimento local ou até sua extinção. Desta forma, entender os mecanismos adaptativos destas plantas sob diferentes estressores abióticos tornam-se cruciais na busca de soluções mitigadoras sobre os impactos que elas sofrem. Uma das soluções é através da micropropagação *in vitro* realizado em laboratório, onde podemos controlar e entender, por meio de processos germinativos e de desenvolvimento, como estas plantas se desenvolvem sobre condições abióticas extremas (CORREIA *et al.*, 2011). Assim, a micropropagação pode auxiliar na manutenção da variabilidade genética, garantindo a seleção de genótipos de interesse de indivíduos melhores adaptados, com o intuito de reproduzir plantas para a conservação, reintrodução em áreas degradadas e até mesmo comercialização (RUBLUO *et al.*, 1996). Para as cactáceas, tal ferramenta biotecnológica vem sendo aplicada em estudos de germinação, multiplicação e conservação de diferentes espécies, incluindo aquelas nativas e adaptadas ao semiárido brasileiro (SILVA; FERREIRA, 2016).

3.2 *Pilosocereus catingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi

A espécie *Pilosocereus catingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm) Zappi é considerada como endêmica da Caatinga Brasileira que ocorre em todos os estados do Nordeste (TAYLOR *et al.*, 2015). Esta espécie de ‘cacto’, popularmente conhecida como “facheiro”, apresenta hábito colunar, tipo arbóreo, caule medindo 3,5 - 6 cm de diâmetro e com 6 - 12 lóbulos, espinhos centrais delgados com 2 - 10 mm de comprimento (ANDERSON, 2001). Considerada como uma cactácea arbórea por medir de 2-4 m de altura, perene, as flores são noturnas, isoladas, sésseis de cor alva e esverdeada. O fruto é do tipo baga, suculento, globoso a subgloboso, de cor púrpura quando madura, e sementes negras

pequenas e numerosas (MENEZES; LOIOLA, 2015). Esta espécie possui importância medicinal, sendo muito utilizado na medicina popular. Além disso, possui grande importância econômica e ambiental (SALES *et al.*, 2014). O desmatamento, atividades agrícolas, o pisoteio animal e a falta de manejo adequado vem causando a fragmentação do habitat natural das cactáceas o que, muito provavelmente, pode está associado ao desaparecimento acelerado da espécie, afetando atividades agrícolas e serviços ecossistêmicos (ZAPPI *et al.*, 2011; REBOUÇAS, 2017).

Dentre as espécies existentes nesta família, o ‘facheiro’ é uma das mais importantes pela grande abrangência que ela possui no semiárido nordestino (MEDEIROS *et al.*, 2015) e que faz com ela possua uma intensa plasticidade fenotípica devido variabilidade de ambientes que ela pode ser encontrada como, por exemplo, em restingas, dunas, matas ciliares e de tabuleiros (TAYLOR; ZAPPI, 2004; MENEZES; LOIOLA, 2015).

Devido às incertezas climáticas e da falta de manejo adequado danos irreparáveis as populações desta planta vem sendo notada no semiárido nordestino (LIMA; MEIADO, 2015). Pois, uma vez danificadas, existe a dificuldade de regeneração e colonização das mesmas no ambiente, o que contribui com a aceleração da desertificação em diversas áreas na caatinga. Desta forma, a busca de respostas mitigadoras se tornam essenciais para o controle e conservação destes recursos naturais que podem se tornar escassos no futuro, já que, associado aos impactos antrópicos, variações climáticas (e.g. mudanças climáticas globais) podem contribuir com o não recrutamento e estabelecimento desta espécie nas áreas do semiárido nordestino do Brasil (SILVA, 1998).

3.3 Influência dos fatores abióticos nas cactáceas

As cactáceas durante o seu ciclo de vida são expostas a diferentes fatores abióticos que desencadeiam processos adaptativos na fisiologia da planta, alterando a estrutura vegetativa e de desenvolvimento. Os níveis de radiação luminosa, o estresse hídrico, a temperatura e a salinidade são exemplo de fatores abióticos que interferem no padrão de germinação e desenvolvimento nas espécies de cactáceas (VALIENTE-BANUET; GODÍNEZ-ALVARES,

2002). Ambientes áridos e semiáridos no mundo são marcados por apresentarem sazonalidade climática entre as regiões, e essa característica torna-se um fator decisivo para o crescimento e produção vegetal (BARBOSA, 2011). Em períodos anuais onde os índices climáticos são mais amenos ocorre uma alteração intensa na biota das plantas, pois essas desenvolvem mecanismos de regeneração e desenvolvimento germinativos com maior facilidade (DREZNER; LAZARUS, 2008), enquanto que nos períodos que as condições climáticas são insuficientes é notável a ausência de desenvolvimento germinativo (GODÍNEZ-ALVARES *et al.*, 2005).

A influência da luz no processo germinativo tem se mostrado primordial em cactáceas, já que as sementes só germinam sobre a presença de luz (fotoblásticas positivas) (ROJAS-ARÉCHIGA; MANDUJANO, 2008). Meiado *et al.*, (2008) avaliando a influencia da luz e da temperatura na germinação de sementes de *P. catincola* subsp. *salvadorensis* classificou a espécie como fotoblástica positiva. As sementes desta espécie apresentou a porcentagem de germinação máxima de germinação sob a luz branca e não foi observada germinação no escuro. Guimarães *et al.*, (2018) avaliando o uso de duas fontes de luz na germinação *in vitro* em *Cereus jamacaru*, obteve o percentual germinativo acima de 72% aos 40 dias de cultivo.

A luz afeta diretamente as várias fases de vida da planta, da germinação a produção de mudas, por atuar diretamente no balanço de energia e, conseqüentemente, nas condições ambientais (HERNANDES *et al.*, 2004). Almeida; Mundstock (1998) falam que a intensidade e composição da luz incidente influenciam na taxa de crescimento celular, na acumulação e composição de pigmentação, na diferenciação de plastídeos e em outras alterações fisiológicas. Marcos Filho (2005) relata que a interferência da qualidade da luz sobre a planta começa antes mesmo dela fazer o crescimento e envolve mecanismos complexos.

No entanto, devido as alterações climáticas globais e com o aumento expressivo da temperatura do planeta, os níveis de radiação ultravioleta (UV) tem aumentado drasticamente nos últimos anos (ASSAD *et al.*, 2014), afetando as comunidades biológicas, causando danos às células dos organismos e fotoinibindo as taxas fotossintéticas (ASSAD *et al.*, 2014).

Sabe-se que a radiação ultravioleta é composta e dividida em três comprimentos de onda na região não ionizante do espectro eletromagnético, entre os raios X (100 nm) e a luz visível (400 nm). A fonte natural de geração de raios UV é o sol, ele incide raios UV-A e UV-B. Zepp *et al.*, (1998); Hãder *et al.*, (2007) relatam que os efeitos da radiação ultravioleta podem ser perceptíveis em moléculas, células, indivíduos, comunidades e, mesmo, em ecossistemas, afetando ainda os ciclos biogeoquímicos importantes. Dentre os efeitos biológicos e fisiológicos que os raios ultravioletas causam na germinação de plantas, por

exemplo, tem reduzido em cerca de 25% na produção primária bruta nos vegetais (ASSAD *et al.*, 2014). Por exemplo, Tevini (1999) observou o impacto de radiação UV-B no crescimento, desenvolvimento, acúmulo de biomassa em metabolismo de vegetais e verificou uma considerável variação na produção vegetal sob a radiação UV-B.

Outro fator primordial que interfere na germinação de cactáceas é a temperatura. A temperatura ótima para a germinação proporciona o melhor desenvolvimento da planta, enquanto as temperaturas máximas e mínimas não exercem melhor germinabilidade (ABUD *et al.*, 2010). Rojas-Aréchiga; Vásquez-Yanes (2000) mencionam que a maioria das espécies de cactos responde positivamente a um amplo intervalo de temperatura, e a temperatura para a germinação de sementes de cactáceas varia entre 17 e 34°C, de acordo com a fisiologia de cada espécie de cactácea. Desta forma, a luz e a temperatura são exemplos de fatores abióticos que mais influenciam a germinação de sementes em ambientes naturais, além da disponibilidade de água no solo. Essa influência é muito marcante em sementes das cactáceas, pois o recrutamento das plântulas depende de vários fatores, incluindo o requerimento por fatores abióticos para a germinação de sementes e estabelecimento de plântulas (MEIADO *et al.*, 2008). A salinidade é outro fator que pode influenciar na germinação de sementes das cactáceas. Em ambientes áridos e semiáridos, a evaporação da água no solo é muito intensa deixando o solo mais salino prejudicando o desenvolvimento de várias espécies. Macena *et al.* (2018), avaliando as respostas da germinação e vigor de *Cereus jamacaru* da caatinga brasileira submetida ao estresse salino, verificaram que a espécie não mostrou intolerância a salinidade e que interferisse na germinação, pois ao longo do experimento a planta foi demonstrando certa adaptação as diferentes concentrações salinas. Já Leitão *et al.* (2019) verificaram uma maior sensibilidade da planta *Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis* em concentrações salinas superiores a 25mMol.L⁻¹ de NaCl o que contribuiu para uma queda no processo germinativo. Desta forma, o papel dos fatores abióticos sobre o desenvolvimento de cactáceas é essencial na manutenção do estabelecimento de novas plântulas e entender como ocorrer esta interferência é de extrema importância.

3.4 Germinação de cactáceas *in vitro*

A germinação das cactáceas através do cultivo *in vitro* pode ocorrer a partir de estruturas germinativas dos vegetais, como por exemplo, via sementes, brotos ou fragmentos

dos vegetais que apresentem gemas axilares. Os métodos empregados no cultivo *in vitro* de sementes e corpos vegetativos apresentam grande importância no ponto de vista biológico, pois permitem a conservação e manutenção de espécies (ROJAS-ARÉCHIGA; VÁSQUEZ-YANES, 2000).

A micropropagação *in vitro* quando comparada à germinação sob condições naturais apresenta algumas vantagens que podem evitar problemas no desenvolvimento vegetativo das espécies. Dentre estas, pode-se destacar a possibilidade de multiplicação de espécies em curto espaço de tempo, espaço físico reduzido, obtenção de plantas saudáveis, independência quase completa das condições ambientais externas, cronograma de produção, homogeneidade e vigor das plantas (RIBEIRO *et al.*, 2011). O sucesso no estabelecimento da técnica depende, em geral, da seleção do explante, do meio de cultura e dos reguladores de crescimento utilizados, além da fonte de iluminação presente no ambiente de cultivo (GRUPA; JATOTHU, 2013).

Devido à importância das cactáceas para a sustentabilidade e conservação do bioma Caatinga, considerando os aspectos relacionados ao desenvolvimento germinativo fisiológico e o grau de utilização econômica destas espécies para diversos fins. O cultivo *in vitro* torna-se uma ferramenta adequada para otimizar a germinação de cactáceas adaptadas ao semiárido brasileiro, mantendo a diversidade de cactáceas seguras mediante técnicas ideais para a perpetuação das espécies (SILVA; FERREIRA, 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Coleta e Tratamento do Material Biológico

Para a realização dos testes de germinação e vigor de sementes da cactácea, experimentos *in vitro* foram conduzidos entre os meses de Agosto a Novembro de 2019, totalizando 77 dias. Inicialmente, antes das extrações das sementes, dez frutos de faxeiro *Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi, (Figura 1), foram coletados no município de Serra Branca (07°29'00"S e 36°39'54"W) localizado na Microrregião do Cariri Ocidental sob o Planalto da Borborema, de clima semiárido.

O Município de Serra Branca apresenta temperatura média anual de 27° C e índice pluviométrico variando de 220 a 430 mm anuais. O solo é do tipo pedregoso, raso, sendo encontrado a argila-silicosa. O relevo de planalto predominante com áreas moderadamente onduladas, apresentando topos redondos e alongados e pequenas declividades com pequenos vales secos e abertos. A vegetação local é composta basicamente por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia (SOUZA, 2014).

Os frutos foram encaminhados para o Laboratório de Cultura e Tecidos Vegetais (LaCTV), do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, campus em Sumé - PB. Os frutos, em laboratório, foram triados e as sementes foram processadas. Para a separação das sementes, a polpa dos frutos foi colocada em peneira e lavada em água corrente até a separação total das sementes. Após a triagem, as sementes foram colocadas sobre papel toalha por 24 horas em temperatura ambiente para secagem. Depois deste processo, elas passaram por um processo criterioso de seleção, identificadas e transferidas para um dessecador com sílica gel, evitando umidade e possível contaminantes.

Após o tratamento dos frutos e retirada das sementes, 2.250 sementes foram selecionadas, sendo que este total foi dividido em três lotes de 750 unidades. Cada lote devidamente separado passou por um beneficiamento asséptico tendo como base a metodologia de Silva; Ferreira (2016). As sementes foram lavadas em água corrente com adição de detergente neutro durante 5 minutos, para facilitar a retirada do arilo das sementes. Em seguida as sementes foram imersas em 50 mL de álcool 70% e deixadas por 1 minuto. Depois as sementes foram transferidas para um para um frasco de vidro com tampa rosqueada

e foi adicionado 20 ml de hipoclorito (NaClO) de sódio a 2,5%, juntamente com 1 gota de detergente Tween 20, mantendo-se sobre constante agitação por 20 minutos. Posteriormente, as sementes foram levadas para a câmara de fluxo laminar e foi realizado três enxágues nas sementes com água deionizada.

FIGURA 1 - Aspecto geral da planta adulta de *Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi, popularmente conhecida como ‘facheiro’, que tem ocorrência na região do Cariri do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.



FONTE: Própria da Autora (2019)

4.2 Assepsia de Vidrarias e Preparação dos Testes de Germinação

Na esterilização das vidrarias seguiu-se a metodologia proposta no comunicado técnico de Ribeiro; Teixeira (2008). O método utilizado propõe uma nova abordagem para ser aplicada na micropropagação, que é a adição de hipoclorito de sódio (NaClO) como esterilizante químico do meio nutritivo aliado com a esterilização física que deve ocorrer na autoclave. O procedimento realizado utilizou detergente neutro livre de sais, hipoclorito de

sódio a 0,5% e uma mistura de 1,5 mL de NaCl *p/v* (0,003%) com 500 mL de água deionizada. Todas as vidrarias passaram por este processo e em seguida foram direcionadas para câmara de fluxo laminar.

O meio de cultivo utilizado na pesquisa foi obtido a partir de papel de filtro de café umedecidas com 5 mL de água deionizada por frasco de vidro, esses foram cortados de acordo com o tamanho adequado da vidraria. Finalizado este procedimento, para cada frasco de vidro, foram distribuídas 10 sementes por frasco para serem posteriormente acondicionadas em câmaras de germinação com fotoperíodo de 12 em 12 horas.

4.3 Testes de Germinação

Para realizar os testes de germinação foram utilizadas duas folhas de papel de filtro de café umedecidas com 5 mL de água deionizada por frasco de vidro, servindo como substrato para as sementes (OLIVEIRA; FILHO, 2009). Contrastou-se a influência de três fatores sobre o processo germinativo e de desenvolvimento das sementes da cactácea estudada, são eles: (i) radiação ultravioleta do tipo A (UV-A); (ii) temperatura; e (iii) salinidade, utilizando cloreto de sódio (NaCl) *p/v*.

Nos testes de germinação foram estabelecidos gradientes de luz (com e sem luz UV-A), de temperatura (20, 25 e 30° C) e de salinidade (0,0; 16; 25; 33; 41 mMol.L⁻¹). Para testar a influência da luz UV-A, três baterias de experimentos foram delineados em períodos diferentes, avaliando o processo germinativo das sementes em 20 dias de análises, com tratamentos sem luz, um tipo de luz e dois tipos de luz UV-A (lâmpadas da marca Karva, tipo fluorescente, LT 15W, T8). Sabe-se que as lâmpadas de radiação ultravioleta do tipo UV-A emitem radiação entre os comprimentos de onda de 330 a 380 nm, próximo ao comprimento de onda da luz azul ($\lambda=380$ nm) o que pode influenciar no processo germinativo das plantas (BEUTLER, 2019). Os experimentos foram conduzidos em três gabinetes de germinação distintos, em tempos diferentes, cada um com temperaturas constantes pré-estabelecidas em 20, 25 e 30° C sobre fotoperíodo de 12 em 12h com quatro luzes de LED branca de 10W cada. Para testar o efeito da radiação UV-A, baterias de experimentos foram realizadas em intervalos de 20 dias, sendo a primeira bateria com luz de LED - Sem UV-A, a segunda LED + 1 luz UV-A e a terceira LED + 2 luzes UV-A, totalizando 60 dias de tratamento

experimental. Desta forma, avaliou-se a influencia da radiação UV-A associada com o gradiente de temperaturas constantes estabelecidos nos gabinetes de germinação.

Associado com os tratamentos de luz e temperatura, amostras com gradientes de concentrações salinas, utilizando NaCl *p/v*, foram definidas com base na metodologia de Meiado *et al.*, (2010). Estes autores utilizaram as respectivas concentrações de sal, pré-estabelecidas neste trabalho, para verificar respostas germinativas de *C. jamacaru* frente a estressores abióticos de maneira individualizada. Neste trabalho, testou-se o efeito da interação dos fatores selecionados no processo germinativo e de desenvolvimento das sementes de *P. catiingicola* subsp. *salvadorensis*. Assim, os frascos, com as respectivas concentrações salinas, foram mantidos nas câmaras de germinação sobre a influência apenas da luz LED, LED+ 1 UV-A e LED + 2 UV-A, com as respectivas temperaturas já citadas.

A protusão da radícula foi considerada como critério de sementes germinadas e avaliadas durante um período de 20 dias corridos para cada tratamento: luz, temperatura e salinidade.

4.4 Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado de maneira hierarquizada, uma vez que na análise fatorial proposta os níveis dos fatores luz e temperatura acabam se tornando similares porém, não idênticos o que sugere um grau de aninhamento com a salinidade. Desta forma, a relação de um fator A com o B torna-se um grau de dependência entre os fatores testados e não exclusivamente uma relação de interação (DUARTE, 1999). Assim, foram relacionados de maneira hierarquizada a luz (3 níveis), temperatura (3 níveis) e salinidade (5 níveis) resultando em 25 tratamentos com 5 repetições de 500 sementes cada. O monitoramento das sementes foi realizado diariamente num período de 20 dias corridos, sendo utilizado a protrusão da radícula (≥ 1 mm) como um critério para contagem das sementes germinadas.

Durante o período de avaliação das sementes considerou-se três critérios a serem avaliados: parâmetros de germinação das sementes, de biometria e de desenvolvimento. As avaliações foram as seguintes:

4.4.1 Parâmetros de Germinação

Para fim de estimativa dos parâmetros de germinação foram avaliados a Primeira Contagem de Germinação (PCG), Germinabilidade (G%), Tempo Médio de Germinação em dias (TMG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Índice de Sincronia de Germinação (*E*).

a) Primeira Contagem de Germinação (PCG): foi realizada juntamente com o teste de germinação e a primeira contagem foi realizada ao sexto dia após o implante das sementes (BRASIL, 2009).

b) Tempo Médio de Germinação (TMG): obtido através de monitoramentos diários até o décimo quinto dia após a semeadura e calculado através da fórmula, proposta por Labouriau (1983), com os resultados obtidos em dias.

$TMG = \sum (n_i t_i) / \sum n_i$, em que: TMG = tempo médio de germinação expresso em dias;

n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

t_i = tempo médio decorrido entre o início da germinação e a *i*-ésima contagem.

c) Germinabilidade (G%): realizado no vigésimo dia após a semeadura, pela finalização do experimento levando em consideração as sementes que emitiram raiz primária. Os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais (BRASIL, 1992).

d) Índice de velocidade de germinação (IVG): foi somado o número de sementes germinadas a cada dia e dividido pelo número de dias entre a semeadura e germinação conforme a fórmula de Maguire (1962).

$IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + (G_N/N_N)$, em que:

IVG = índice de velocidade de germinação,

$G_1, G_2, G_3, \dots, G_N$ = número de sementes germinadas na primeira, segunda, terceira e últimas contagem;

$N_1, N_2, N_3, \dots, N_N$ = número de dias da semeadura da primeira, segunda e terceira contagem.

e) Índice de Sincronia de Germinação (E):- é uma medida que avalia as sementes germinadas em um dado intervalo de tempo levando em consideração o grau de incerteza da germinação através de uma informação entrópica associada com a frequência de germinação (RANAL;SANTANA, 2006). Assim, temos:

$$E = -\sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i, \text{ onde:}$$

E = Índice de Sincronia de Germinação

onde, f_i = frequência de germinação, expressa em $f_i = n_i / \sum_{i=1}^K n_i$, n_i : número de sementes germinadas por dia i , e k : último dia de observação.

4.4.2 Parâmetros de Biometria

Nos parâmetros de biometria foram avaliados o comprimento total do cladódio da plântula (mm) e a biomassa fresca (mg).

a) Comprimento Total do Cladódio: considerou-se o comprimento total das sementes germinadas a partir da região apical da raiz até a parte apical do cladódio. A medição do comprimento se deu através de um paquímetro digital utilizando a escala em milímetros (mm).

b) Biomassa fresca: a biomassa fresca das plântulas foi determinada por meio de pesagem em balança eletrônica de semiprecisão com três dígitos antes da vírgula. Verificou-se a biomassa fresca total e individual de cada pote e plântula germinada em miligramas (mg).

4.4.3 Parâmetros de Desenvolvimento

Nos parâmetros de desenvolvimento da plântula frente aos fatores testados, foram verificados aspectos bioquímicos relacionados a produção dos pigmentos fotossintetizantes

que foram as concentrações de: clorofila-*a*, clorofila-*b*, clorofila total e carotenóides totais expressos em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em plântulas frescas, através do método colorímetro descrito por Lichtenthaler (1987).

No final da bateria de cada experimento, foram utilizadas três amostras de cada tratamento específico. As extrações das clorofilas e carotenóides, em acetona 100%, foram realizadas em graal e pistilo. Em seguida o extrato foi filtrado em papel de filtro, em balão volumétrico (25 mL), devidamente revestido em papel alumínio. Posteriormente, o volume do balão foi completado até 25 mL. Os teores de clorofilas e carotenóides foram lidos em espectrofotômetro, usando três alíquotas de cada amostra ($n=9$). Foi determinada a absorvância nos comprimentos de 470 nm para a leitura de carotenóides e 645 e 662 nm para leitura das clorofilas (CURY *et al.*, 2018).

Para o cálculo final dos teores das clorofilas e carotenóides, foi preciso as seguintes equações:

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= 11,24 A_{662} - 2,04 A_{645}; \\ \text{Cb} &= 20,13 A_{645} - 4,19 A_{662}; \\ \text{C total} &= 7,05 A_{662} + 18,09 A_{645}; \\ \text{Carotenóides} &= [(1000 A_{470} - 1,9 \text{ Ca} - 63,14 \text{ Cb})/214] \end{aligned}$$

4.5 Tratamento Estatístico

Durante o período de avaliação levou-se em consideração os parâmetros de germinação das sementes, de biometria e desenvolvimento para a espécie da cactácea estudada. Foram verificados a primeira contagem de germinação (PCG), germinabilidade (G%), o tempo médio de germinação (TMG), o índice de velocidade de germinação (IVG), o índice de sincronia de germinação (*E*), o comprimento total do cladódio, a biomassa fresca e os teores de concentração dos pigmentos fotossintetizantes. Os limites destas medidas, associadas, são necessários para facilitar a interpretação e a tomada de decisões durante as comparações nos informando a dinâmica dos processos germinativos e de desenvolvimento da espécie vegetal (RANAL; SANTANA, 2006). Desta forma, o desenho hierarquizado, montado no delineamento experimental, para testar a relação e influência dos fatores abióticos testados (luz, temperatura e salinidade) nos parâmetros de germinação, biometria e de desenvolvimento, foram desenvolvidos modelos lineares hierarquizados aplicando ANOVA Hierárquica (*nested design*) fatorial com nível de significância $\alpha \leq 0,05$. Através deste teste,

foram verificadas as diferenças interativas entre Luz x Temperatura x Salinidade, num esquema aninhado 3 x 3 x 5.

As variâncias dos modelos desenvolvidos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Khocran através de seus resíduos gerados, os quais mostraram não haver necessidade de transformar os dados, com exceção das concentrações de clorofila e carotenóides (BANZATTO;KRONKA, 2006). Os valores foram expressos em média e desvio padrão. As médias foram comparadas entre os fatores pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK), com $p < 0,05$. As análises foram conduzidas no software livre R versão 3.5.1 (R CORE TEAM, 2018) utilizando o pacote ‘*GAD*’ (SANDRINI-NETO; CAMARGO, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos modelos lineares apresentados pela ANOVA Hierárquica mostraram homogeneidade na distribuição dos resíduos médios pelo teste de Cochran (C) para os parâmetros germinativos e de biometria avaliados ($C < 0,09$ e $p > 0,05$), com exceção aos modelos realizados para os pigmentos fotossintetizantes (clorofila-*a*, clorofila-*b*, clorofila total e carotenóides totais), com valores de $C > 0,29$ e $p < 0,0001$. A ANOVA Hierárquica demonstrou relações entre os tratamentos utilizados no processo de desenvolvimento germinativo da espécie estudada. Contudo, dentre os fatores abióticos estudados (luz, temperatura e salinidade), os que apresentaram maior influência durante o processo germinativo e de desenvolvimento foi a Luz e a Temperatura (vide Tabelas 1, 2 e 3).

Com relação aos parâmetros germinativos, os fatores Luz e Temperatura apresentaram maiores interações significativas no tempo médio de germinação (TMG) e índice de sincronia de germinação (*E*). A salinidade sozinha não foi capaz de mostrar uma resposta significativa na germinação de *P. catiugicola* subsp. *salvadorensis*, uma vez que percebeu a necessidade da combinação dos fatores Luz e Temperatura para poder ter uma maior expressividade, como observado no padrão de aninhamento proposto pelo modelo da ANOVA Hierárquica para a PCG (Tabela 1).

Para os dados Biométricos (Biomassa Fresca e Comprimento Total do Cladódio) a influência dos diferentes tipos de luz e temperatura utilizados no delineamento experimental hierarquizado, demonstraram interferências individualizadas de forma mais forte. A interação dos dois fatores citados foi observada no comprimento total do cladódio. A salinidade mostrou uma combinação com os tipos de Luz e Temperatura para poder ter representatividade, observado na Biomassa Fresca (Anexo Tabela 2). As caracterizações dos parâmetros biométricos indicam a variabilidade dos índices obtidos a partir da Biomassa Fresca e Comprimento Total do Cladódio, estes podem estar relacionados, tanto com a influência dos fatores abióticos testados, quanto com as estratégias adaptativas das plântulas em utilizar os nutrientes e recursos disponíveis fundamentais para o seu desenvolvimento (BRAY et al. 2000).

Os pigmentos fotossintetizantes avaliados, apesar do modelo não ter atingido um grau de homogeneidade das variâncias observadas, foi observado uma influência muito forte da luz UV-A, seja com uma ou duas luzes, na produção destes pigmentos. Apesar das concentrações de clorofila-*a* e *b* terem apresentado diferenças significativas na combinação dos três fatores

testados (Tabela 3). A temperatura e a salinidade não apresentaram atuação significativa sobre os pigmentos fotossintéticos no modelo hierárquico proposto.

Tabela 1 - Análise Variância Hierárquica (ANOVA *nested design*) mostrando diferenças entre os principais fatores testados para os parâmetros de germinação: Luz, Temperatura e Salinidade. PCG - Primeira Contagem de Germinação; G% - germinabilidade; IVG - índice de velocidade de germinação; TMG - tempo médio de germinação; E - Índice de Sincronia de Germinação. GL = Graus de Liberdade; F = valor de Fisher; p =

Fatores	GL	Quadrados Médios (F) p				
		PCG(%)	G(%)	IVG	TMG	E
Luz	2	21733(44,09) ***	13529(87,72) ***	270,74(68,91) ***	3,34(18,85) ***	0,06(23,46) ***
Temperatura	2	9403(19,07) ***	1449(9,39) ***	28,46 (7,24) **	5,35 (30,21) ***	0,07(24,20) ***
Luz x Temperatura	4	1244(2,52) Ns	86,7(0,56) ns	1,51 (0,38) ns	0,51 (2,90) *	0,011(4,04) **
Salinidade (Temperatura (Luz))	36	492(1,65) *	154,2(0,78) ns	3,92(1,27) ns	0,17 (1,30) ns	0,00(1,23) Ns
Resíduos	180	297,6	196	3,08	0,13	0,00

significância do modelo. *** < 0,001; ** < 0,01, * < 0,05; ns = não significativo.

Tabela 2 - Análise Variância Hierárquica (ANOVA *nested design*) mostrando diferenças entre os principais fatores testados para os parâmetros de biometria (Biomassa Fresca e Comprimento Total do Cladódio): Luz, Temperatura e Salinidade. GL = Graus de Liberdade; F = valor de Fisher; *p* = significância do modelo. *** < 0,001; ns = não significativo.

Fatores	GL	Quadrados Médios (F) <i>p</i>	
		Biomassa Fresca	Comprimento Total do Cladódio
Luz	2	11997(19,19) ***	2,02(10,59) ***
Temperatura	2	5421(8,68) ***	7,34(38,47) ***
Luz x Temperatura	4	494(0,79) ns	1,14(6,01) ***
Salinidade(Temperatura (Luz))	36	624(2,57) ***	0,19(1,28) Ns
Resíduos	180	242,7	0,14

5.1 Efeito do tipo de luz e temperatura na germinação e crescimento *in vitro*

Como observado nos testes da ANOVA Hierárquica, o efeito da luz foi bastante significativo em todos os parâmetros de desenvolvimento da plântula para a espécie *P. catingicola* subsp. *salvadorensis*. No Gráfico 1 (A - D) pode-se observar que o efeito da intensidade radioativa com uma e duas luzes UV-A provocou um “boom” germinativo nas sementes avaliadas, com exceção ao índice de sincronia de germinação (*E*) (Gráfico 1E). Para a espécie estudada as médias observadas nos parâmetros germinativos foram nos tratamentos com a maior incidência de luz UV-A (duas luzes no tratamento), com exceção do TMG. Porém, quando observamos a sincronia de germinação, os melhores valores foram para o índice no tratamento sem a incidência de luz UV-A. De acordo com Ranal; Santana (2006), o

índice de sincronia de germinação mede a frequência germinativa das sementes observadas do primeiro dia até o último dia de contagem. Esta expressão mede a informação de entropia germinativa, ou seja, quanto menores os valores médios proposto pelo índice melhor será o desenvolvimento da plântula (RANAL; SANTANA, 2006).

Tabela 3 - Análise Variância Hierárquica (ANOVA *nested design*) mostrando diferenças entre os principais fatores testados para os parâmetros de desenvolvimento (fotossintéticos): Luz, Temperatura e Salinidade. Clo-*a* = Clorofila-*a*; Clo-*b* = Clorofila-*b*; Clo-Totoal = Clorofila Total; e Carotenóides Totais. GL = Graus de Liberdade; F = valor de Fisher; *p* = significância do modelo. *** < 0,001; ns = não significativo.

Fatores	GL	Quadrados Médios (F) <i>p</i>			
		Clo- <i>a</i>	Clo- <i>b</i>	Clo-Total	Carotenóides Totais
Luz	2	23592(148,3) ***	3366(18,93) ***	44762(267,8) ***	3203(88,44) ***
Temperatura	2	240,1(1,50) ns	374,3(2,10) Ns	26(0,15) ns	37,9 (1,04) ns
Luz x Temperatura	4	219,8(1,38) ns	321,3(1,80) Ns	127 (0,76) ns	18,5(0,51) ns
Salinidade (Temperatura(Luz))	36	159(2,33) ***	177,8(2,59) ***	167(0,90) ns	36,2 (1,09) ns
Resíduos	90	68,2	68,5	185	33

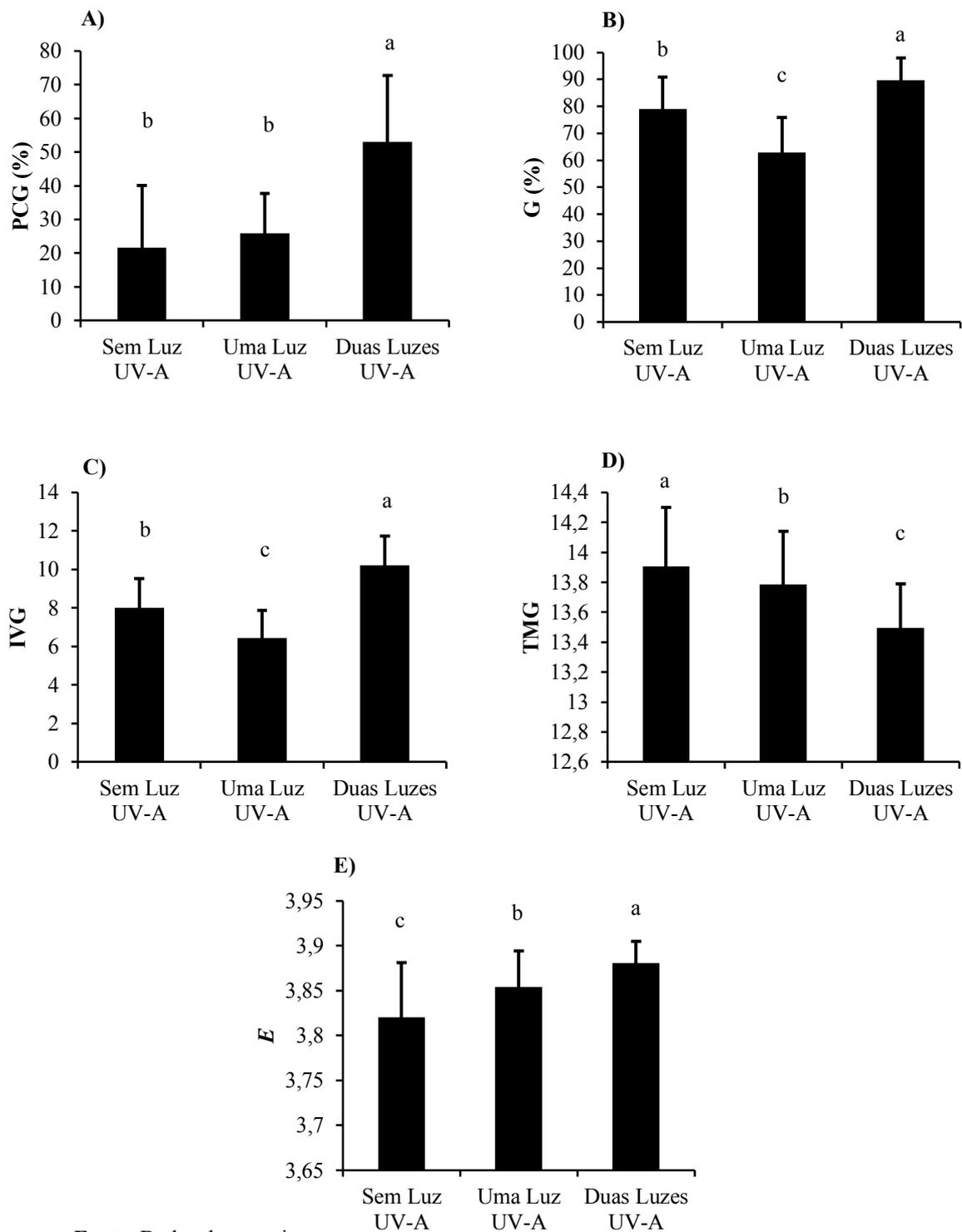
Meiado (2012) menciona que as cactáceas apresentam um amplo poder germinativo por serem fotoblásticas positivas. No entanto, espécies fotoblásticas positivas podem diferir no nível de sensibilidade a luz (Vásquez-Yanes; Orozco-Segovia, 1993). O fotoblastimo positivo observado nas sementes de *P. catingicola*, como exposto, corrobora com o estudo de Martins (2007) em que menciona que a espécie *Pilosocereus arrabidae* desenvolve vantagens para as pequenas sementes se desenvolverem meio a condições adversas. Com o alto “boom” de germinação observado em *P. catingicola* subsp. *salvadorensis*, pode-se constatar que a incidência de radiação UV-A pode ter desencadeado uma maior eficiência metabólica a curto

prazo do desenvolvimento das plântulas, mas também é possível que mecanismos fisiológicos importantes para a manutenção da viabilidade ambiental da espécie tenham desencadeado sensibilidade ou deficiências metabólicas em sua fisiologia. De acordo com Vieira (1996) o estresse provocado pela luz se torna alterável a planta, a partir da influência frequente das condições tropicais e sobre a suscetibilidade da planta a intensidade da luz. Engel; Poggiani (1991) mencionam que o ambiente de luz em que a planta cresce é de fundamental importância, pois a adaptação das plantas a este ambiente depende do ajuste de seu sistema fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental seja utilizada de maneira mais eficiente possível.

É constatado que a qualidade da luz não está relacionada à forma de vida das cactáceas. Rojas-Aréchiga *et al.*, (1997) mencionam que a resposta a qualidade de luz parece estar mais relacionada ao fotoblastismo do que a forma de vida ou táxon, já que espécies fotoblásticas positivas são mais influenciadas pela qualidade de luz do que espécies fotoblásticas neutras. Martins (2007) demonstra que as respostas sobre a baixa incidência de luz em sementes de *Pilosocereus arrabidae* mostram sensibilidade nos parâmetros germinativos, mas que a espécie foi capaz de perceber a presença de luz.

O Gráfico 2 (A - E) demonstra a influência da temperatura nos parâmetros germinativos. Os melhores valores de desenvolvimento estão relacionados nas temperaturas de 25° ou 30° para PCG, G(%), IVG e TMG (Gráfico 2A - D). No entanto, percebe-se que o índice de sincronia de germinação (Gráfico 2E) foi melhor nas sementes que desenvolveram em 20° C, podendo então sugerir que elas conseguiram estabelecer-se melhor durante o desenvolvimento germinativo na menor temperatura. Segundo o comportamento germinativo exposto na pesquisa, à espécie *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* mostrou que a temperatura ótima para a germinação estava na faixa de temperatura de 20° C, pertencendo assim à faixa de temperatura favorável a germinação de cactos, entre 17° a 34° C (ROJAS-ARÉCHIGA E VÁSQUEZ-YANES, 2000).

Gráfico 1 - Parâmetros de Germinação para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de estresse radioativo (sem e com luz UV-A). A) Primeira Contagem de Germinação; B) Germinabilidade; C) Índice de Velocidade de Germinação; D) Tempo Médio de Germinação; e E) Índice de Sincronia de Germinação. Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de luminosidade avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada intensidade de luz foi de 20 dias.

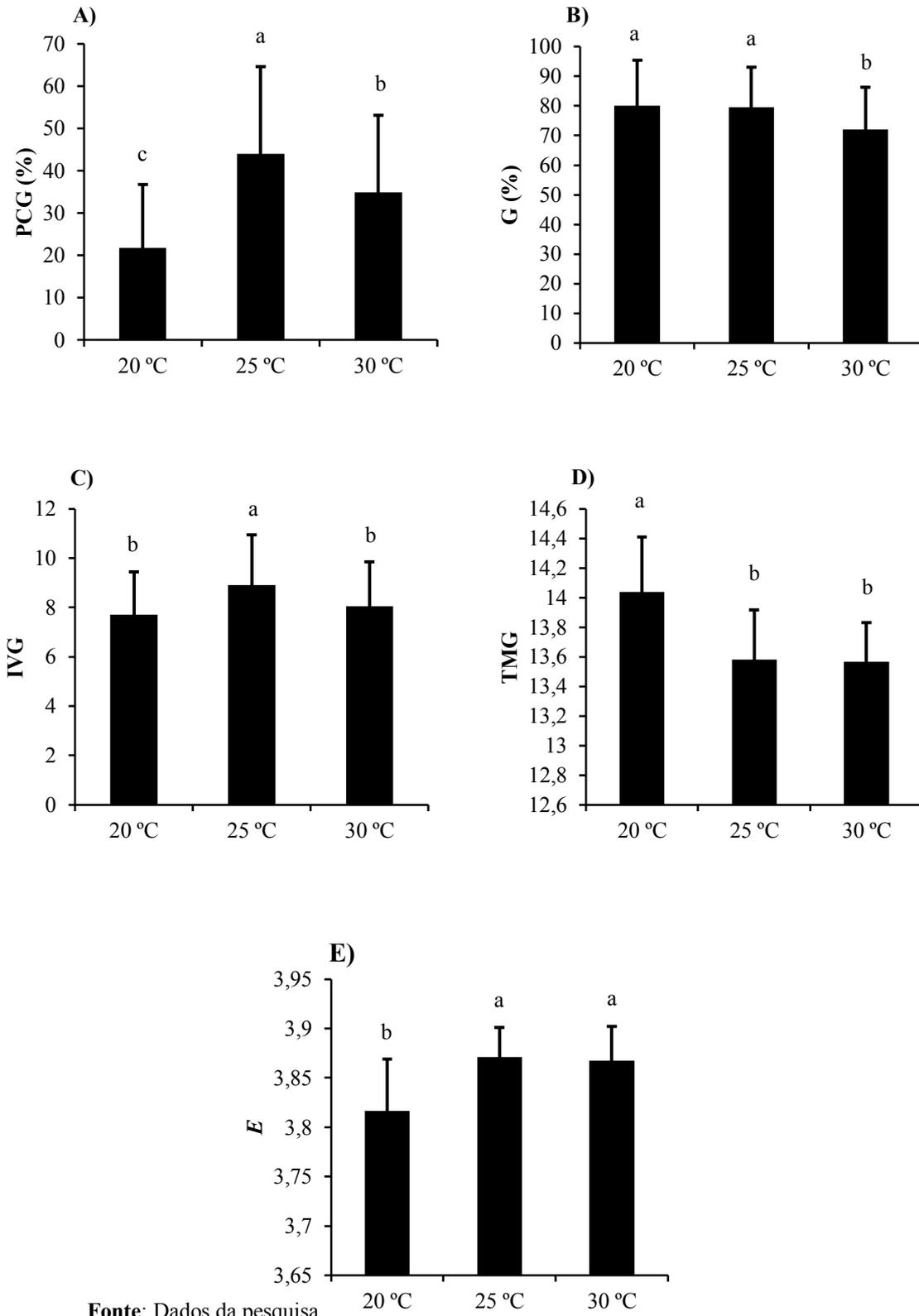


Fonte: Dados da pesquisa.

Baskin; Baskin (2001) mencionaram que temperaturas abaixo ou acima da faixa ideal tendem a reduzir a velocidade de germinação, causando nas sementes uma redução na germinação total. A relação entre germinação e limites de temperaturas é característico de cada espécie. Martins (2007) mostrou que a germinação de sementes de *Pilosocereus arrabidae*, obteve maiores valores de velocidade e percentagem de germinação na temperatura de 20°C e que o início da germinação aconteceu de forma rápida, com inibição da germinação nas temperaturas de 10, 35 e 40 °C. Leitão *et al.* (2019) mostraram que *Cereus jamacaru* e *Pilosocereus catingicola* subsp. *salvadorensis* apresentaram comportamentos germinativos distintos. *P. catingicola* apresentou mais sensibilidade à temperatura e salinidade, com melhor desenvolvimento em temperatura de 20 °C, enquanto que *C. jamacaru* mostrou melhor desenvolvimento em temperaturas entre 25 e 30 °C. Uma questão de destaque é o estudo elaborado por Silva de Medeiros *et al.* (2017), em que investigaram a influência da temperatura no processo germinativo de sementes de *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* de três microrregiões do estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil. Eles identificaram que os espécimes de locais com maior flutuação da temperatura (e.g. Microrregião do Cariri e Brejo da Paraíba), com médias anuais entre 18 a 26 °C, e consequentemente com temperaturas mais amenas, *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* mostrou melhor poder germinativo.

Como observado por Silva de Medeiros *et al.* (2017), sobre a germinação observada em *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* sobre a influência das temperaturas, no nosso presente estudo, apesar da espécie estudada ter apresentado melhores valores germinativos entre 25 e 30 °C, ela mostrou melhor sincronia germinativa em 20 °C o que pode corroborar com os dados de Silva de Medeiros *et al.* (2017), já que os médios apresentados para os outros parâmetros germinativos não foram tão distantes quando comparados aos de 25 e 30 °C onde as sementes mostraram maior entropia germinativa.

Gráfico 2 - Parâmetros de Germinação para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de temperatura (20, 25 e 30 °C). A) Primeira Contagem de Germinação; B) Germinabilidade; C) Índice de Velocidade de Germinação; D) Tempo Médio de Germinação; e E) Índice de Sincronia de Germinação. Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de temperaturas avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada temperatura foi de 20 dias.



5.2 Efeito da luz e da temperatura nos parâmetros biométricos

No Gráfico 3 (A - B) pode-se observar que o efeito da intensidade radioativa com uma e duas luzes UV-A provocou um menor desenvolvimento das plântulas avaliadas. Os tratamentos sem a incidência de luz UV-A apresentou valores médios de biomassa fresca de $78,92 \pm 16,00$ (mg) e comprimento do cladódio de $5,48 \pm 0,47$ (mm), enquanto com a presença de uma luz foram de $54,72 \pm 14,54$ e $5,25 \pm 0,40$; e duas luzes de $73,13 \pm 15,20$ e $5,16 \pm 0,16$, respectivamente.

Maldaner *et al.*, (2009) mencionam que as interações entre plantas e ambiente condicionam a produção de biomassa e está diretamente relacionada ao aproveitamento da energia solar transformada pelas folhas em energia química durante o processo fotossintético. Neste sentido, diversos fatores são desencadeados por processos relacionados com a intensidade de luz que atua no desenvolvimento da planta. Além disso, o crescimento ou obtenção de massa fresca da planta é influenciado pela disponibilidade de nutrientes, como concentrações de sais e açúcares (MORAES *et al.*, 2012). Nobel; Hartsock (1983) tratando clones de palma forrageira, evidenciaram que o excesso de radiação solar promove inibição do crescimento de espécies do gênero *Opuntia* sp. Neste estudo, para *P.catingicola* subsp. *salvadorensis*, também foi observado que a presença da luz UV-A mostrou certas interações e diferenças no desenvolvimento das plântulas desencadeando maior sensibilidade adaptativa.

No Gráfico 4 (A - B) os valores médios significativos da avaliação de biomassa e comprimento total do cladódio sob o efeito da temperatura mostrou que os tratamentos em temperaturas de 25°- 30°C conteve maiores médias de biomassa ($74,44 \pm 18,02$ e $73,2 \pm 15,70$ mg, respectivamente) e para o comprimento total do cladódio ($5,44 \pm 0,34$ e $5,50 \pm 0,42$ mm, respectivamente). Enquanto, na temperatura de 20 °C foi observado os menores valores médios para biomassa fresca ($59,13 \pm 16,02$ mg) e comprimento total do cladódio ($4,93 \pm 0,43$). Hodgson (1990) considera que, para a planta se desenvolver, o aumento da temperatura pode proporcionar mudanças bioquímicas nas células com elevação na taxa de crescimento foliar e gerar aumento da produção de biomassa fresca. Desta forma, a biomassa fresca e comprimento do cladódio observado nas temperaturas de 25 e 30°C podem ter contribuído no melhor desenvolvimento da cactácea estudada associada aos tratamentos sem a presença de luz UV-A.

Gráfico 3 - Parâmetros de Biometria para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de estresse radioativo (sem e com luz UV-A). A) Biomassa Fresca (mg); e B) Comprimento Total do Cladódio (mm). Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de luminosidade avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada intensidade de luz foi de 20 dias.

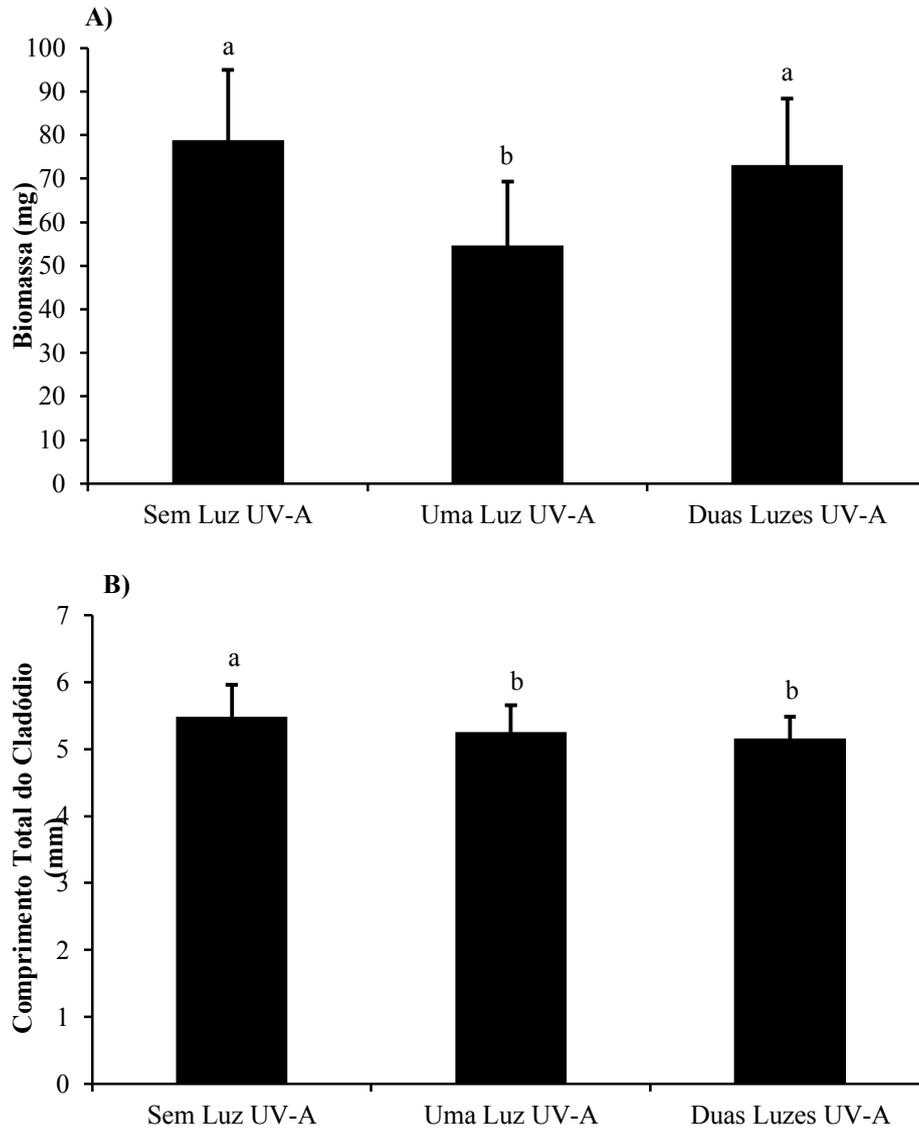
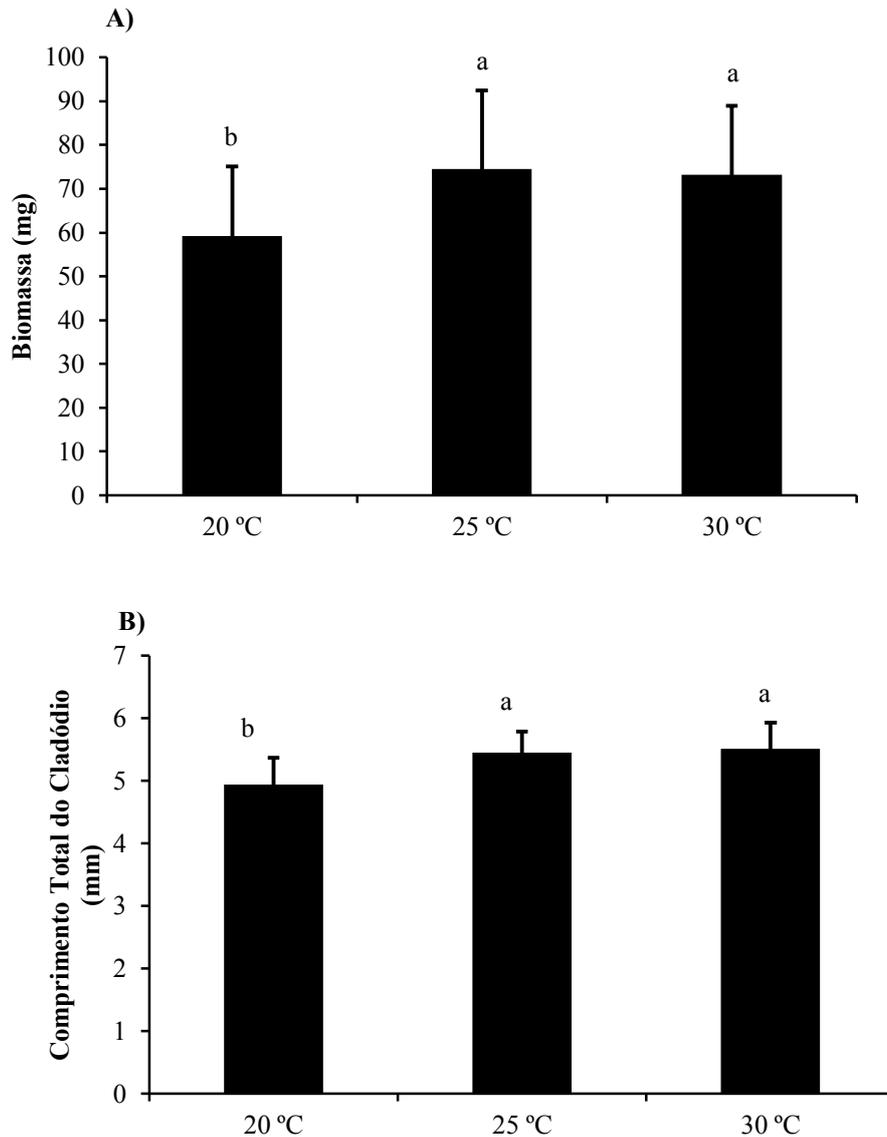


Gráfico 4 - Parâmetros de Biometria para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de temperatura (20, 25 e 30 °C). A) Biomassa Fresca (mg); e B) Comprimento Total do Cladódio (mm). Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de temperaturas avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada temperatura foi de 20 dias.



Fonte: Dados da pesquisa.

5.3 O efeito da qualidade da luz na concentração dos pigmentos fotossintéticos

A quantificação dos pigmentos fotossintetizantes nas plântulas mostrou uma maior concentração de Clorofila-*a*, Clorofila-*b*, Clorofila Total e Carotenóides Totais, nos tratamentos sem luz UV-A (Gráfico 5A - B e 6A - B). Durante o processo de desenvolvimento germinativo, a exposição das plântulas a luz de radiação UV-A pode ter apresentado diferenças significativas na fisiologia e metabolismo das sementes da espécie de cactácea estudada. Nos tratamentos que utilizaram a presença da luz radiação UV-A observou-se uma queda significativa da concentração de massa das clorofilas e carotenóides. Uma das hipóteses que pode ser associada a esse comportamento do metabolismo fotossintético, segundo Souza *et al.*, (2011) e Foyer (2012), é a de que as alterações das condições ambientais, em particular mudanças na intensidade e qualidade de luz pode induzir respostas de curto ou longo prazo no conteúdo de pigmentos e no processo fotossintético alterando todo comportamento fisiológico da planta. Taiz; Zeiger (2004) mencionam que as plantas que crescem em ambientes com muita luz têm frequentemente características estruturais e químicas que reduzem a quantidade de luz que alcança o cloroplasto. Streit *et al.*, (2005) também mostra que o excesso de luz poderá ativar um mecanismo que diminuirá a absorção de luz com o objetivo de proteger a planta e assim ocorre a diminuição ou inibição dos teores de pigmentos fotossintéticos e as plantas conseguem se manter.

Sarghein *et al.*, (2008) desenvolvendo estudos com plantas de *Capsicum longum* (L.), pimenta vermelha, mostrou que a radiação UV-A e UV-C sobre os pigmentos fotossintéticos e compostos que absorvem estas radiações afetou drasticamente na concentração de clorofila *a* e *b*, mas não significativamente o teor de clorofilas totais e concentrações de carotenóides. Kakani *et al.*, (2003) observaram que as concentrações de clorofilas *a*, *b* e total foram menores nas folhas tratadas com radiação UV-B, para várias espécies estudadas, em função da ruptura dos tilacóides e a desintegração de suas membranas. Segundo Noyma (2009), grupos de cianobactérias da espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* foram afetadas negativamente pela radiação UV, tendo suas atividades fisiológicas afetadas como, por exemplo, no crescimento, na sobrevivência e a quantidade de enzimas do metabolismo de nitrogênio e fixação de CO₂.

Para a espécie *P. catiingicola* subsp. *salvadorensis*, apesar de ter demonstrado um *boom* germinativo sobre a radiação UV-A, parece ter sofrido modificações em suas vias metabólicas, o que foi perceptível na aferição da biomassa fresca e no comprimento total do

cladódio. Corroborando esta informação, a concentração da clorofila-*a*, clorofila-*b*, clorofila total e carotenóides totais tem uma queda drástica na produção destes pigmentos fotossintetizantes sobre a incidência de luz UV-A o que vem a afetar no metabolismo primário e secundário da planta. De Sousa (2010) e Santos (2001) mencionam que o metabolismo primário no vegetal é responsável por sintetiza compostos essenciais para a sobrevivência das plantas, e que aliado a ele estão os processos que originam a formação de ácidos carboxílicos do ciclo de Krebs, α -aminoácidos, hidratos de carbono, ácidos graxos, proteínas e ácidos nucleicos (SCHAAF *et al.*, 1995). O metabolismo secundário é responsável na produção de compostos orgânicos variáveis que auxiliam no crescimento da planta e possuem papel importante na interação com o meio ambiente, havendo um beneficiamento em diversos aspectos: contra herbívora, ataque de patógenos, dispersores de semente e microrganismos simbiotes, além de possuírem ação protetora em relação a estresses abióticos, como aqueles associados com mudanças de temperatura, conteúdo de água e deficiência de nutrientes minerais (GARCÍA *et al.*, 2009).

Dentre as referentes colocações, pode-se demonstrar a relação da influência dos fatores abióticos e a interferência direta dos mesmos, no processo desenvolvimento germinativo da espécie estudada, já que se torna perceptível às diferenças significativas entre os tratamentos que sofreram com a influência da luz UV-A e os tratamentos que não apresentavam a luz, principalmente quanto à produção dos pigmentos fotossintetizantes. Teixeira (2014) diz que as espécies de cactáceas são extremamente sensíveis e o mínimo de perturbação pode dificultar ou impossibilitar o estabelecimento das espécies nos locais. As plântulas de *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* mostraram um “boom” germinativo sob luz UV-A, porém mostrou deficiências no desenvolvimento e insuficiência de teores dos pigmentos fotossintetizantes, ideais para a manutenção e sobrevivência da planta.

Gráfico 5 - Parâmetros de Desenvolvimento, concentração dos pigmentos fotossintetizantes expressos em microgramas por grama de massa fresca ($\mu\text{g/g}$ MF), para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de estresse radioativo (sem e com luz UV-A). A) Clo-*a* = Clorofila-*a*; e B) Clo-*b* = Clorofila-*b*. Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de luminosidade avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada intensidade de luz foi de 20 dias.

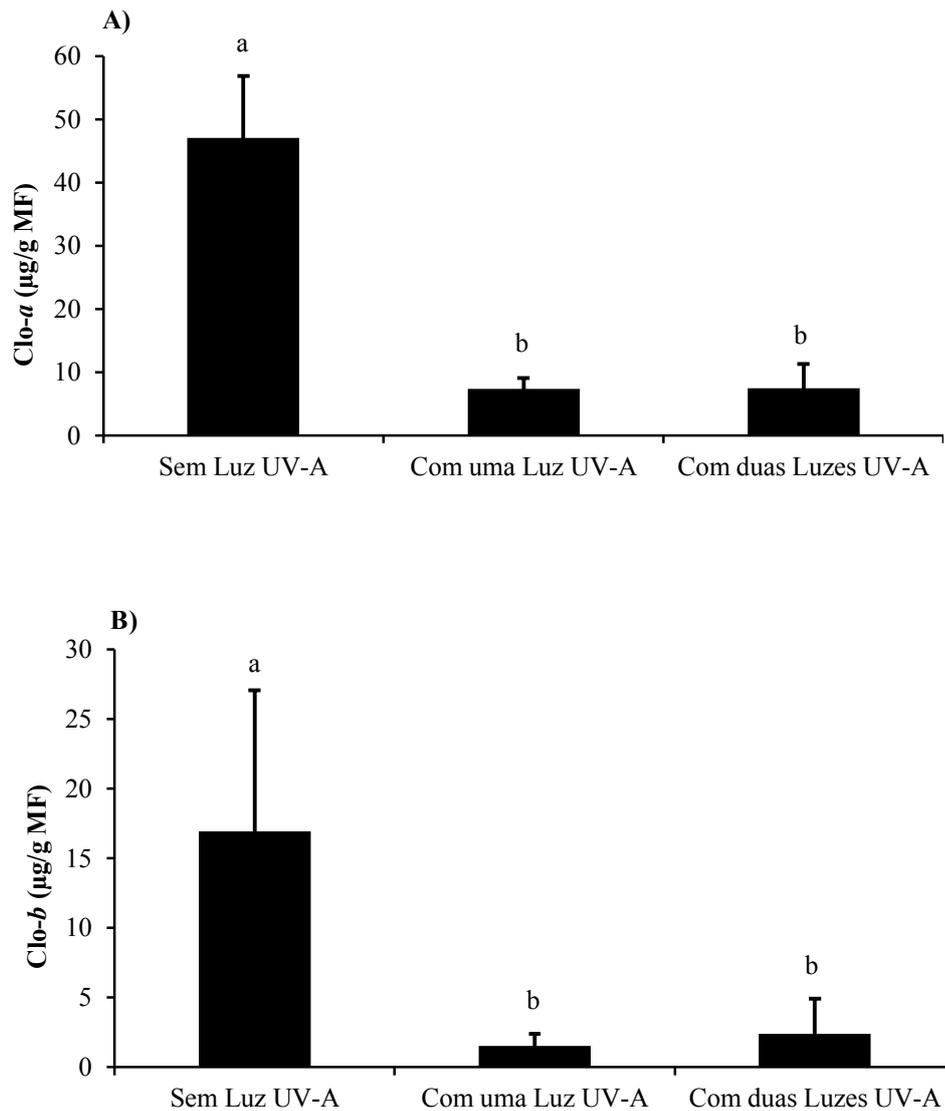
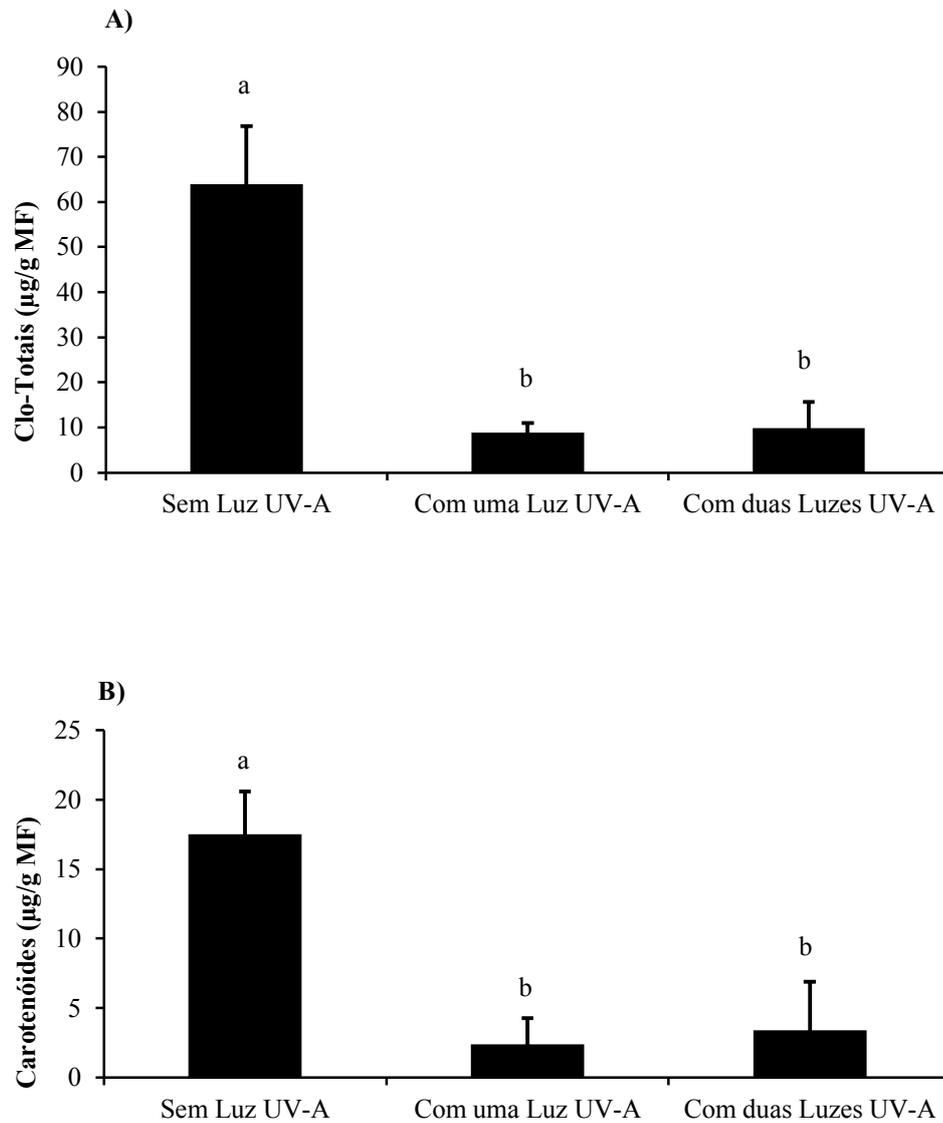


Gráfico 6 - Parâmetros de Desenvolvimento, concentração dos pigmentos fotossintetizantes expressos em microgramas por grama de massa fresca ($\mu\text{g/g}$ MF), para a espécie de cactácea estudada (*Pilosocereus catigincola* subsp. *salvadorensis*) sobre diferentes níveis de estresse radioativo (sem e com luz UV-A). A) Clo-Totais = Clorofila Total; e B) Carotenóides Totais. Valores expressos em média \pm desvio padrão (barras de erro) para os tipos de luminosidade avaliados. Letras representam teste a posteriori de Student-Newman-Keul's. Letras diferentes indicam resultados $p \leq 0,05$ de significância. Experimento de cada intensidade de luz foi de 20 dias.



Fonte: Dados da pesquisa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As respostas germinativas e de desenvolvimento de *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* submetidas sob a influência dos três fatores abióticos (luz, temperatura e salinidade), que atuaram como condicionantes ambientais neste estudo, demonstraram comportamentos distintos.

P. catingicola subsp. *salvadorensis* apresentou maior sensibilidade às variações dos fatores abióticos testados relacionados aos tratamentos que utilizaram a presença de luz e temperatura, a salinidade não mostrou interferência significativa em relação aos outros fatores. As sementes de cactáceas demonstraram possuir fotoblastismo positivo o que foi observado na espécie do presente estudo, onde foi observado um *boom* germinativo com incidência de radiação UV-A, porém de maneira dessincronizada o que pode ser evidenciado nas medidas de biomassa fresca e comprimento total do cladódio. Assim como, nas temperaturas de 25 e 30 °C a cactácea parece ter germinado melhor, mas os melhores valores de sincronia foi em 20 °C. Contrapondo estas informações de germinação e de desenvolvimento (biomassa fresca e comprimento total do cladódio), as respostas fotossintéticas, obtidas pelos dados de clorofilas e carotenóides, mostraram que a incidência da radiação UV-A atuou de maneira inversa no padrão de desenvolvimento da cactácea, onde foi observado os pouca produção destes pigmentos fotossintetizantes. Desta forma, apesar do *boom* germinativo observado no presente estudo, a radiação UV-A provocou alterações na produção dos pigmentos fotossintetizantes o que, possivelmente, não haveria uma continuação no desenvolvimento das plântulas passando para fase adulta.

Desta forma, o estudo revelou a importância de testar a influência dos fatores abióticos em cactáceas. Os variados aspectos de germinação e desenvolvimento observados indicam que *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* demonstra sensibilidade frente as alterações ambientais provocadas no meio ambiente, seja climática ou antrópica, podendo alterar os padrões de composição e distribuição da espécie, principalmente por ser endêmica da região da Caatinga Brasileira. Por ser uma espécie com fortes potencialidades econômicas (e.g. seu uso na indústria farmacêutica e utilizada como espécie forrageira), além das ecológicas, o presente trabalho salienta a importância de se entender os processos germinativos e de desenvolvimento de espécies nativas e endêmicas da Caatinga para fins de conservação e preservação da flora brasileira.

REFERÊNCIAS

ABUD, H. F.; GONÇALVES, N. R.; REIS, R. de. G. E.; PEREIRA, D. S.; BEZERRA, A. M. E. Germinação e expressão morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pilosocereus pachycladus* Ritter. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p.468-474, jul-sert, 2010.

ALVES, C. M.; LUCENA, C. M.; SANTOS, S. S.; LUCENA, R. F. P.; TROVÃO, D. M. B. M. 2014. Ethnobotanical study of useful vegetal species in two rural communities in the semi-arid region of Paraíba state (Northeastern Brazil). **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, n.34, p. 75-96, 2014.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O afilhamento em comunidades de cereais de estação fria é afetado pela qualidade da luz? **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, p. 511-519, 1998.

ANDRADE, C. T. S.; MARQUES, J. G. W.; ZAPPI, D. C. Utilização de cactáceas por sertanejos baianos. *Sitientibus*. **Série Ciências Biológicas**, v.6, p. 3-12, 2006.

ANDRADE, C. T. S.; MARQUES, J. G. W.; ZAPPI, D. C. Utilização medicinal de cactáceas por sertanejos baianos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai, Botucatu**, v. 8, n. 3, p. 36-42, 2006 a.

ANDERSON, E. F. The cactus Family. **Timbre Press**. Portland, Oregon, p. 777. 2001.

AONA, L. Y. S.; M, M.; PANSARIN, E. R.; CASTRO, C. C. de; ZAPPI, D.; AMARAL, M. do. C. E. do. Pollination biology of three Brazilian species of *Micranthocereus Backeb.* (Cereae, Cactoideae) endemic to the “campos rupestres.” **Bradleya**, n.24, p.39-52, 2006.

ASSAD, E. D.; MAGALHÃES, A. R. Impactos, vulnerabilidades e adaptações às mudanças climáticas.(eds), p. 414. **COPPE**. Universidade Federal do Rio de Janeiro-RJ, 2014. ISBN: 978-85-285-0207-7

BRAY, E.A., BAILEY-SERRES, J., WERWITILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.B., GRUISSEM, W. JONES, R. L. (eds). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville. American Society of Plant Physiologists, cap. 22, p 1158-1203. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF, 1992. 365.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA/DAS/ACS, 2009.

BANZATTO, D. A. & KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP. 2006. 237p.

BARBOSA, A. S. **Estruturas da vegetação e distribuição espacial de Cactaceae em áreas de caatinga do semiárido paraibano**. p. 166. (Dissertação de Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia- PB, 2011.

BARBOSA, D. C. A. Estratégias de geminação e crescimento de espécies lenhosas da Caatinga com germinação rápida. p. 625-656. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M. & SILVA, J.M.C. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife, Editora Universitária da UFPE. 2003.

BÁRBARA, E. P. S.; SILVA, A. A.; SOUZA, M. M. O. R.; GURGEL, Z. R. R.; MARCHI, M. N. G.; BELLINTANI, M. C. Germinação e criopreservação de sementes de cactos nativos da Bahia. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 91-96, 2015

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: **Academic Press**, p. 666. 2001.

BASHAN, Y.; HOLGUÍN, R. G.; FERRERA-CERRATO. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. II. Bacterias asociativas de la rizosfera. **Terra**, v.14, p. 195-210. 2000.

BEUTLER, D. R. Tratamento de sementes com radiação ultravioleta. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo – RS. 2019.

CAVALCANTI, N. B; RESENDE, G. M. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento de mandacaru (*Cereus jamacuru* P. DC.), facheiro (*Pilosocereus pachycladus* Ritter), xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Webw ex K. Schum.)Bly. Ex Rowl.) e coroa-de-frade (*Melocactus bahiensis* Britton & Rose). **Embrapa Semiárido**. 2007.

CORREIA, D. NASCIMENTO, E. H. S. do.; ARAÚJO, J. D. M.; ANSELMO, G. C.; COELHO, P. J. de. A. **Germinação de sementes de cactáceas *in vitro*** (Comunicado Técnico 181). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 6p.

CURY, R. K.; RANDI, A. M.; SANTOS, M. Germinação, desenvolvimento inicial e morfologia de cactáceas epifíticas. **Rodriguésia**, v. 69, n. 4, p. 2119-2135, 2018. DOI: 10.1590/2175-7860201869441

DAMASCENO, M. M.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. **Etnoconhecimento de espécies forrageiras no semi-árido da Paraíba, Brasil**. Engenharia Ambiental, v.7, n.3, p. 219-228, 2010.

DE SOUZA, M. A. A. **Essencial e avaliação do metabolismo de *Mentha arvensis* L. sob diferentes condições de cultivo**. (Tese – Doutorado em Química): Instituto de Ciências Exatas. Seropédica –RJ, 2010.

DUARTE, J.B. Interação Genótipos x Ambientes: Uma Interação à análise AMMI. **Sociedade Brasileira de Genética**. Ed. Série Monografias n. 9, 1999.

DREZNER, T.; LAZARUS, B. The Population Dynamics of Columnar and Other Cacti: A Review. **Geography Compass**, v.2, p. 1-29. 2008. DOI: 10.1111/j.1749-8198.2007.00083.x

ENGEL, V. L.; POGGIANI, E. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.3, p. 39-45, 1991.

FONSECA, R. B. S. **Fenologia reprodutiva e dispersão de *Melocactus glaucescens* Buining & Brederoo e *M. paucispinus* G. Heimen & R. Paul (Cactaceae) no Município de Morro do Chapéu Chapada Diamantina – Bahia – Brasil**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual De Feira de Santana, Feira de Santana. 2004.

FOYER, C. H.; NEUKERMANS, J.; QUEVAL, G.; NOCTOR, G.; HARBINSON, J. Photosynthetic control of electron transport and the regulation of gene expression. **Journal of Experimental Botany**, v.63, n. 4, p. 1637-1661, 2012.

GARCÍA, A. A.; CARRIL, E. P. U. Metabolismo secundário de plantas. **Reduca (Biologia). Serie Fisiologia Vegetal**, v.2, n.3, p. 119-145, 2009.

GODÍNES-ALVAREZ, H.; RÍOS-CASANOVA, L.; PÉREZ, F. Characteristics of seedling establishment of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Mexico. **The Southwestern Naturalist**, v.50, n. 3, p. 357-407. 2005.

GUIMARÃES, D. T.; MARTÍNEZ, M. H. P.; FERREIRA, L. T.; ARAÚJO SILVA, M. M. **Uso de LED Branco no Cultivo in vitro de Mandacaru**. Artigo In: Congresso Interacional da Diversidade do Semiárido. Campina Grande, 2018.

GRUPTA, S. D.; JATOTHU, B. Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in vitro plant growth and morphogenesis. **Plant Biotechnology Reports**, v.7, n.3, p. 211-220, 2013.

HADER, D. P.; KUMAR, H. D.; SMITH, R. C. and WORREST, R. C. Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate changes. **Photochemical and Photobiological Sciences**, v.6, p. 267-285. 2007.

HARPER, J. L. Population biology of plants. London, **Academic Press**. 1977.

HERNANDEZ, H. M.; GODINEZ, H. 1994. Contribucion al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. **Acta Botánica Mexicana**, n.26, abril, p.33-52, 1994.

HODGSON, J.; BIRCHAM, J. S.; GRANT, S. A; KING, J. The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In: **Occasional Symposium**, 13. p. 51-62. British Grassland Society, 1981.

KAKANI, V.G.; REDDY, K. R.; ZHAO, D.; SAILAJA, K. Field crop responses to ultraviolet-B radiation: a review. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.120, p. 191-218, 2003.

KIGEL, J. Seed germination in arid and semiarid regions. p. 645-699. In: Kigel, J. & Galili, G. (Eds). **Seed development and germination**. New York, Marcel Dekker, Inc. 1995.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Washington: OEA 1983. 174 p.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Washington: Secretária Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LANDRUM, J. V. Four Succulent Families and 40 Million Year of Evolution and Adaptation to Xeric Environments: What Can Stem and Leaf Anatomical Characters Tell Us About Their Phylogeny? **Taxon**, v. 51, n. 3, p. 463-473, 2002.

LEAL, I. R.; VICENTE, A.; TABARELLI, M. Herbivoria por caprinos na Caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Orgs.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: UFPE, p.695-716, 2003.

LEITÃO, Y. M.; MACENA, R. A.; DE FARIAS NÓBREGA, F. F.; DO NASCIMENTO, A. V. S.; RODRIGUES, R. M.; DE LUCENA, L. A. F. Efeito da Temperatura e Salinidade na Germinação de Sementes de Cactáceas Arbóreas da Caatinga Brasileira. **Anais do 70º Congresso Nacional de Botânica e 36ª Reunião Nordestina de Botânica**, 2019.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and caeotenoids: pigments of photosynthetic biomembrane. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 350-382. 1987.

LIMA, A. C. **Estudo taxonômico de Cactaceae Juss. no estado da Paraíba**, Nordeste do Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba. 2012. 65p.

LIMA, A. T.; MEIADO, M. V. Variação interpopulacional de caracteres morfoanatômicos em cladódios de *Pilosocereus cattingicola* (Gurke) Byles & Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Cactaceae) coletado em três ecossistemas do Estado de Sergipe. **Gaia Scientia. Ed. Especial de Cactaceae**, v. 9, n. 2, p. 202-206. 2015. ISSN: 1981-1268.

LUTTGE, U.; Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). Institute Botany, Technical of Darmstadt. **Annals of botany**, v.93, n.6, p.629-652. Darmstadt, Germany, 2004.

MACENA, R. A.; LUCENA, L. A. F. de; NOBREGA, F. F. de. F.; NASCIMENTO, A- V. S. do. **Respostas da germinação e vigor de duas espécies de cactáceas da caatinga brasileira sob estresse salino**. Trabalho Apresentado no Fórum Internacional do Meio Ambiente a Conferência da Terra. Artigo *in press*. 2018.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aim in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p. 176-177. 1962.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BORTOLUZZI, M. P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, n. 5, p. 1356-1361, 2009.

MARTINS, L.S.T. **Germinação de sementes de *Pilosocereus arrabidae* (Lem.) Byl. & Row (Cactaceae) de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro**. (Dissertação Mestrado em Botânica) Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro /Escola Nacional em Botânica. Rio de Janeiro – RJ, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MAUSETH, J. Blossfeldia lacks cortical bundles and persistent epidermis: is it basal within Cactoideae? **Bradleya**, v. 24, p.73-82, 2006.

MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardeais. **Informativo Abrantes**, v. 22, n.3, 2012.

MEIADO, M. V., ALBUQUERQUE, L. S. C., ROCHA, E. A., ROJAS-ARÉCHIGA, M., & LEAL, I. R. Seed germination responses of *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) to environmental factors. **Plant Species Biology**. v.25 p.120-128, 2010.

MEIADO, M. V.; ALBUQUERQUE, L. S. C.; ROCHA, E. A. & Leal, I. R. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Pilosocereus cattingicola* subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Cactaceae). **Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas**, v.5, n.2, p. 9-12, 2008.

MENEZES, M.O.T., LOIOLA, M.I.B. Padrões de espinescência de *Pilosocereus cattingicola* (Gürke) Byles & Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Cactaceae) *in natura* e sob cultivo. **Gaia Scientia**. Ed. Especial Cactaceae, v. 9(2): 34-39. 2015.

MEDEIROS, R. L. S.; SOUZA, V. C.; AZEREDO, G. A.; PEREIRA, E. M.; NETO, M. A. B.; MEDEIROS, V. S.; BARBOSA, A. S. Germinação e vigor de sementes de *Pilosocereus cattingicola* (Gürke) Byles & Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (cactáceae) da Caatinga brasileira. **Gaia Scientia**, v.9, n.2, p 61-66, 2015.

MORAES, E. M.; PEREZ, M.F.; TÊO, M. F.;ZAPPI, D. C.; TAYLOR, N. P.;MACHADO, M. C. Cross-Species Amplification of Microsatellites Reveals Incongruence in the Molecular Variation and Taxonomic Limits of the *Pilosocereus Aurisentus* Group (Cactacea). **Genetica** , v. 140, n. 7-9, p. 277-285, 2012.

NOBEL, P. S.; HARTSOCK, T. L. Relationships between Photosynthetically Active Radiation, Nocturnal Acid Accumulation, and CO₂ Uptake for a Crassulacean Acid Metabolism Plant, *Opuntia ficus-indica*. **Plant Physiology**, Rockville, v.71, n. 1, p. 71-75, 1983.

NOYMA, N. P. **Avaliação da ultraestrutura e morte celular em *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria sob efeito da radiação ultravioleta).**(Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Juiz de Fora – Pós Graduação em Ecologia. Juiz de Fora, 2009.

OLDFIELD, S. C. Cactus and succulent plants - IUCN/SSC Cactus and Succulent Specialist Group. **Switzerland and Cambridge**, UK, 2012 p, 1997.

OLIVEIRA, A. B. & GOMES-FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de Sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**. v.31, n.3: p. 48-56, 2009.

ORTEGA-BAES, P.; SÜHRING.; SAJAMA, J.; PEDANO-ALONSO, M.; BRAVO, S.; GODÍNEZ- ALVAREZ, H. Diversity and Conservation in the Cactus Family. **Desert Plants**, p. 157-173, 2010.

PEREIRA, F. C.; LIMA, V. L. A.; MOREIRA, A. A. D.; ROCHA, C. S.; LIMA, A. K. V. O. Fenologia do xiquexique (*Pilosocereus gounellei*, A. Weber ex K. Schum.) cultivados em áreas degradadas no seridó Paraibano. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 28, n. 2, p. 85-91, 2013.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 16/12/2018.

RANAL, M. A., SANTANA, D. G. de. How and what to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**. v.29, n.1, p.1-11, jan.-mar. 2006.

REBOUÇAS, R. B. **Cactodera cacti (Nematoda: Heteroderidae): ocorrência natural em mandacaru (Cereus jamacaru DC.) no Ceará e investigação de hospedeiras em cactáceas e hortaliças**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)- Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 69 p, 2017.

RIBEIRO, J. M.; TEXEIRA, S. L.; BASTOS, D. C. Cultivo in vitro de *Sequoia sempervirens* L. em meio de nutritivo esterilizado com hipoclorito de sódio. **Ciência Florestal**, v.21, n.1, p. 77-82, 2011.

RIBEIRO, J. M.; TEIXEIRA, S. L. Esterilização química de meios nutritivos para cultivo *in vitro* de plantas. **Embrapa Comunicado Técnico**. Petrolina: dezembro, 2008.

ROCHA, E. A.; AGRA, M. F. Flora do pico do Jabre, Paraíba, Brasil: *Cactáceae Juss.* **Acta Botânica Brasilica**, v.16, n. 1, p. 15-21, 2002.

ROJAS-ARÉCHIGA, M.; VÁZQUEZ-YANES, C. Cactus seed germination: a review. **Journal of Arid Environments**, London, v. 44, n. 1, p. 85-104, 2000.

ROJAS-ARÉCHIGA, M.; OROZCO-SEGOVIA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Effect of light on germination of seven species of cactifrom Zapotitlán Valley in Puebla, México. **Journal of Arid Environments**, v. 36, p. 571-578, 1997.

ROJAS-ARÉCHIGA, M.; MANJUJANO, M. C. Avances em los estudios sobre la germinación de cactáceas mexicanas. In: LOIOLA, M. I. B.; BASEIS, I. G.; LICHSTON, J. E. (Orgs.). **Anais do 59º Congresso Nacional de Botânica. Atualidades, desafios e perspectivas da Botânica no Brasil**. Natal, Imagem Gráfica. p.460-462.

RUBLUO, A.; REYES J.; GARAY B.; BARRIOS E.; BRUNNER I. Métodos de propagación biotecnológicos y convencionales en cactáceas para zonas áridas. In: IZQUIERDO, J.; PALOMINO, G. (Ed.). **Técnicas convencionales y biotecnológicas para la propagación de plantas de zonas áridas**. Santiago: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 1996. p. 4.

SBRISSA, F. C.; MELO, A. G. C. de. Caracterização morfológica e conservação de *Arthrocereus odoratus* F. Ritter. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal** Re.C.E.F, v.20, n.1, p. 19-28 ago, 2012.

SALES, M. S. L. de; MARTINS, L. do. V.; SOUZA, I. de; DEUS, M. do. S. M. de; PERON, A. N. *Cereus jamacaru* de candolle (cactáceae), o mandacaru do Nordeste Brasileiro. **Revista Publication Uepg: Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa, v.20, n.2, p. 135-142, jul./dez. 2014.

SANDRINI-NETO, L.; CAMARGO, M. G. GAD: Analysis of variance from general principles. **Maintainer** <leonardosandrini@gmail.com> 2015.

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólicos secundários. In: **Simões, C. M. O et al. Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3.ed. Porto Alegre/ Florianópolis: Ed. Universidade/ UFRGS/Ed.UFSC. 2001.

SARGHEIN, S. H.; CARAPETIAN, J.; KHARA, J. Effects of UV- Radiation on Photosynthetic Pigments and UV Absorbing Compounds in *Capsicum longum* (L.). **International Journal of Botany**, v. 4, n. 4, p.486-490. 2008.

SCHAAF, J.; WALTER, M. H.; HESS, D. Primary Metabolism in Plant Defense. Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenphysiologie. Stuttgart – Germany. **Plant Physiol**, v. 108, p. 949-960. 1995.

SILVA, J. G. M. Utilização de cactáceas nativas (*Cereus jamacaru* DC. e *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl.) associadas à silagem de sorgo na

alimentação de bovinos no Seridó Norte-Rio-Grandense. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998. 88 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998.

SILVA, V. A. Diversidade de uso das cactáceas no Nordeste do Brasil: uma revisão. **Gaia Scientia**, v.9, n.2, p. 137-154, 2015.

SILVA, G.; COSTA, G. **Caracterização da vegetação existente na área de servidão da duplicação da BR-104 entre os municípios de Campina Grande e Alcantil, PB.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ. Seropédica. 2015.

SILVA DE MEDEIROS, R. L.; CAMELO DE SOUZA, V.; ALVES DE AZERÊDO, G.; BARBOSA NETO, M. A.; DA SILVA OLIVEIRA, I. S. Seed vigor and germination of facheiro plants (*Pilosocereus cattingicola* (Gurke) Byles & Rowley Subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Cactaceae) at different temperatures. **Semina: Ciências Agrária**, v.38, n.5, p. 2873-2885. 2017. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Brasil.

SILVA, M. M. A.; FERREIRA, L. T. **Cultivo in vitro de plantas e suas aplicações em cactáceas.** Campina Grande: INSA, 2016. 32 p.

SOUZA, R. M. **A serra do jatobá como atrativo e potencial turístico do município de Serra Branca- PB.** Trabalho de conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba. 2014. 20p.

SOUZA, G.S.; DOS SANTOS, A. R.; DOS SANTOS SILVA, J.; DOS REIS FERREIRA, D. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania Laevigata* Schultz Bip. ex Baker (Guaco) cultivadas sob malhas coloridas. **Semina**, v.32, p. 1843-1854. 2011.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n.3, p. 748-755. Santa Maria, 2005. ISSN: 0103-8478

TAYLOR, N. P & ZAPPI, D.C. Cacti of Eastern Brazil. London, **Royal Botanic Gardens**, Kew. 2004.

TAYLOR, N.; ZAPPI, D.; SANTOS, M. R.; LOROCCA, J. **Cactaceae. In Lista de Espécies da flora do Brasil.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015.

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. Distribuição de espécies de cactaceae na caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B. *et al.* (Ed) Vegetação e flora da caatinga. Recife: **Associação de Plantas do Nordeste - APNE**, 2002. p.123-125.

TEVINI, M. UV-effects on plants, in: SINGHAL, G.S.; RENGER, G.; SOPORY, S. K.; Irrgang Govindjee (Eds.), **Concepts in Photobiology: Photosynthesis and Protomorphogenesis**, Kluwer Academic Publishers, p. 558-613, 1999.

TEXEIRA, V. D. **Distribuição espacial e biologia floral e reprodutiva de *Uebelmannia buiningii* Donal (Cactoidae, Cactaceae): espécie endêmica dos campos rupestres, Minas Gerais – Brasil**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. (Dissertação de Mestrado). Cruz das Almas – Bahia, 2014.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. (1990). Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. *Oecologia*, v.83, p.171-175. -- (1993). Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology And Systematics**, v. 24, p. 69-87.

VALIENTE-BANUET, A.; GODÍNES-ALVAREZ, H. Population and community ecology. NOBEL, S. P. (org). **Cacti: Biology and uses**. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, California, p. 281, 2002.

VIEIRA, G. **Gap dynamics in managed Amazonian forest: Structural and ecophysiological aspects**. (Tese - Doutorado em Ecologia Tropical) – University of Oxford, Grã-Bretanha. p. 162, 1996.

ZAMITH, L. R.; SACRANO, F. R. Produção de mudas de espécies das restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica**

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; SILVA, S.R.; MACHADO, M.; MORAES, E. M.; CALVENTE, A.; CRUZ, A.; CAROCCA, J.; ASSIS, J. G.; AONA, L.; MENEZES, M. O. T.; MEIADO, M.; MARCHI, M. N.; SANTOS, M. R.; BELLINTANI, M.; COELHO, P.; NAHOUM, P. I.; RESENDE, S. **Plano de ação para a conservação das cactáceas**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, 112 p Série Espécies Ameaçadas, n. 24, 112 p., 2011.

ZEEP, R. G.; ERICKSON, D.J. 3RD.; PAUL, N. D.; SULZBERGER, B. Interactive effects of solar UV radiation and climate change on biogeochemical cycling. **U.S. Environmental Protection Agency, National Exposure Laboratory**. College Station Road, Athens, Georgia, 1998.

WHITFORD, W. G. **Ecology of Desert Systems**. New Mexico, State University, 2002.

