

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**GIOVANA LOPES DA SILVA**

ATRIBUTOS DE HISTÓRIA DE VIDA DE *Poincianella pyramidalis*  
(Tul.) L.P. Queiroz E *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm

**FORTALEZA  
2014**

GIOVANA LOPES DA SILVA

ATRIBUTOS DE HISTÓRIA DE VIDA DE *Poincianella pyramidalis*  
(Tul.) L.P. Queiroz E *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm

Tese apresentada ao Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração em Ecologia Terrestre

Orientador: Prof. Sebastião Medeiros Filho

Coorientadora: Roberta Boscaini Zandavalli

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- S58a Silva, Giovana Lopes da.  
Atributos de história de vida de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm. / Giovana Lopes da Silva. – 2014.  
107 f. : il.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2014.  
Área de Concentração: Ecologia terrestre.  
Orientação: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.  
Coorientação: Profa. Dra. Roberta Boscaini Zandavalli.
1. Caatinga. 2. Sementes - Biometria. 3. Germinação. I. Título.

GIOVANA LOPES DA SILVA

ATRIBUTOS DE HISTÓRIA DE VIDA DE *Poincianella pyramidalis*  
(Tul.) L.P. Queiroz E *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm

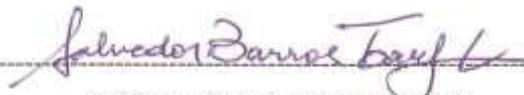
Tese apresentada ao Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração em Ecologia Terrestre

Aprovada em: 04 / 01 / 2014

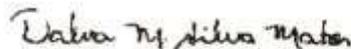
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Salvador Barros Torres  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA



Prof. Dr. Dalva Maria Silva Matos  
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar



Prof. Dr. Rogério Parentoni Martins  
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa  
Universidade Federal do Ceará – UFC

Para aqueles estudantes que, assim como eu, buscam o conhecimento com o objetivo de construir um mundo melhor para todos, e não somente para si.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará por esses 12 anos (Graduação ao Doutorado) de troca de experiências e aprendizado;

à CAPES pelo concessão da bolsa;

ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UFC;

ao meu orientador Sebastião Medeiros Filho pela confiança, atenção e paciência;

a minha coorientadora prof<sup>a</sup> Roberta Boscaini Zandavalli pela atenção e tempo dispensado ao meu trabalho;

ao Valmir Chagas Diretor da Fazenda Vale do Curu, Pentecoste, por ajudar na montagem do experimento de irradiância;

ao seu Itamar, mateiro da fazenda, que auxiliou nas idas ao campo, coleta de sementes, montagem e manutenção do experimento;

à professora Maria Regina Boeger, ela não sabe, mas me ajudou muito no projeto de qualificação, tirando minhas dúvidas e respondendo a todos os emails;

aos professores das disciplinas cursadas, em especial, à professora Sandra Tèdde Santaella e ao professor Custódio Luís Silva de Almeida;

aos amigos, que na infelicidade de esquecer algum, prefiro não citar nomes. Destaco aqui, aqueles que de fato, me ajudaram a melhorar meu trabalho com conversas e discussões: Wanessa Nepomuceno, Selma Freire Brito e Djane Ventura de Azevedo, vocês foram muito importantes na elaboração do projeto de qualificação e da tese, ouvindo minhas idéias e dispondo de tempo e paciência para ver minha apresentação;

ao meu esposo Geocleber Gomes de Sousa, por me ajudar muito em todos os experimentos de campo e laboratório, pela troca de ideias na elaboração da tese e nas análises estatísticas. Também agradeço o seu incentivo nos momentos difíceis, seu amor, por cuidar de mim, do nosso filho e ser um ótimo pai, pois isso me ajudou a ter equilíbrio e serenidade para escrever;

agradeço à minha maravilhosa mãe Maria Amazonita, por cuidar do meu filho, ainda recém-nascido quando precisei comparecer às aulas ou me ausentar por causa de algum experimento; também pela sua grandiosidade em me educar e investir em minha formação.

“Não é a espécie mais forte ou a mais inteligente que sobrevive, mas aquela que mais responde às mudanças.”

(DARWIN, 1859)

## RESUMO

Muitas áreas na Caatinga são resultantes da interação entre o homem e o seu ambiente. Em consequência disso, alguns trabalhos fitossociológicos comparam a composição florística de áreas com diferentes estágios de sucessão secundária. A partir desses levantamentos, questiona-se: a alta densidade de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz em áreas de vegetação secundária da Caatinga relaciona-se com as estratégias de regeneração de espécies iniciais e a ausência ou baixa densidade de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm relaciona-se com as estratégias de regeneração de espécies tardias? Para responder essa pergunta, tem-se como hipótese que as estratégias de regeneração de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz são de espécies iniciais e as de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm de espécies tardias. Para testar essa hipótese o trabalho tem como objetivo caracterizar as duas espécies de ocorrência em uma floresta tropical seca do Brasil (Caatinga) quanto às estratégias de regeneração natural na sucessão ecológica. O trabalho está dividido em três capítulos, nos quais das duas espécies estudou-se, no capítulo 1 a biometria de frutos e sementes, no capítulo 2 avaliou-se o processo de germinação em diferentes temperaturas e na presença e ausência de luz e no capítulo 3 avaliou-se a plasticidade alocaional das plantas jovens submetidas a um gradiente de sombreamento. Os resultados de biometria de sementes e plasticidade alocaional reforçam a hipótese de que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz é uma espécie inicial e que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm uma espécie tardia. Os resultados de temperatura e luz demonstram que a alternância de temperatura não oferece resposta que corrobore com a maior ocorrência de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz em áreas em estágio inicial e final da sucessão secundária e que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm germina mais na ausência de luz que na presença para as temperaturas de 15, 20 e 25 °C. A plasticidade alocaional foi maior em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm demonstrou ser mais tolerante à sombra, o que contribui para afirmam que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz é uma espécie inicial e que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm é uma espécie tardia.

**Palavras-chave:** Biometria de sementes. Germinação. Tempertatura. Plasticidade fenotípica. Plasticidade alocaional. Partição de biomassa.

## ABSTRACT

Many areas in the Caatinga result from the interaction between man and his environment. As a result, some phytosociological studies compared the floristic composition of areas with different stages of secondary succession. From these surveys, the question is: high density *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz areas of secondary vegetation of caatinga relates to the regeneration strategies of initial species and the absence or low density of *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm relates to the strategies of regeneration secondary species ? To answer this question , it has been hypothesized that the strategies of regeneration *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz are initial species and the *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm of late species. To test this hypothesis the study aims to characterize the occurrence of two species in a tropical dry forest of Brazil (Caatinga) about the strategies for natural regeneration in ecological succession. For this work is divided into three chapters, in which the two species was studied in chapter 1 biometrics of fruits and seeds, in Chapter 2 we evaluated the germination process at different temperatures and in the presence and absence of light and in Chapter 3 evaluated the allocational plasticity of young plants subjected to a gradient shading. The results of biometrics seeds and allocational plasticity reinforce the hypothesis that *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz is an early species and that *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm a late species. The results show that temperature and light alternating temperature does not reply to corroborate with the highest occurrence of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz in areas where initial and final stage of secondary succession and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm germinates more in the dark than in the presence for the temperatures 15 , 20 and 25 ° C. The allocational plasticity was higher in *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm demosntrou be more tolerant of shade, which helps to maintain that initial *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz is a species and that *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm is a late species.

**Keywords:** Biometrics seed. Germination. Tempertatura. Phenotypic plasticity. Allocational plasticity. Partition biomass.

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.1** - Frequência da dimensão de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (A) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (B)..... 39
- Gráfico 1.2** - Frequência da massa de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (A) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (B)..... 39
- Gráfico 1.3** - Massa e dimensão de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz ( ● ) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm ( Δ ), duas espécies de floresta tropical seca. (n = 100)..... 41
- Gráfico 2.1** - Porcentagem de germinação (TMG) de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz submetidas a diferentes condições de temperatura..... 59
- Gráfico 2.2** - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência de luz..... 64
- Gráfico 2.3** - Frequência relativa da germinação das sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz ( ● ) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm ( Δ ) na luz em diferentes temperaturas. PG = porcentagem média de sementes germinadas e TMG = tempo médio de germinação (dias)..... 68
- Gráfico 2.4** - Frequência relativa da germinação das sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz ( ● ) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm ( Δ ) no escuro em diferentes temperaturas. PG = porcentagem média de sementes germinadas e TMG = tempo médio da germinação (dias)..... 69
- Gráfico 3.1** - Médias da matéria seca da raiz (A), do caule (B), da folha (C) e total (D) aos 150 dias de plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz ( ● ) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
|                    | Sm ( $\Delta$ ) submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD) em Pentecoste, Ceará.....  | 88 |
| <b>Gráfico 3.2</b> | - Médias das razões de massa da raiz (A), do caule (B), da folha (C) e raiz/PA (D) aos 150 dias de plântulas de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz ( ● ) e <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm ( $\Delta$ ) submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD), em Pentecoste, Ceará..... | 91 |
| <b>Gráfico 3.3</b> | - Médias das razões de massa da raiz (A), do caule (B), da folha (C) e raiz/PA (D) aos 150 dias de plântulas de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz ( ● ) e <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm ( $\Delta$ ) submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD), em Pentecoste, Ceará..... | 93 |
| <b>Gráfico 3.4</b> | - Médias da taxa de crescimento relativo da matéria seca de plântulas de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz ( ● ) e <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm ( $\Delta$ ) submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD), em Pentecoste, Ceará.....  | 95 |
| <b>Gráfico 3.5</b> | - Médias da clorofila total ( $cl_{Total}$ ) de plântulas de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz e <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm aos 150 dias submetidas ao gradiente de sombreamento, em Pentecoste, Ceará.....   | 96 |
| <b>Gráfico 3.6</b> | - Médias da razão de clorofila a/b ( $cl_a/cl_b$ ) plântulas de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz ( ● ) e <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm ( $\Delta$ ) aos 150 dias submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD), em Pentecoste, Ceará.....                                    | 97 |

## LISTA DE TABELAS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Tabela 1</b>   | - Características de história de vida de espécies vegetais.....  | 17 |
| <b>Tabela 1.1</b> | - Intervalo de confiança da média [ $IC_{(\mu)}$ ], desvio padrão da média (DP), erro padrão (EP) e coeficiente de variação (CV) de variáveis de tamanho de frutos e sementes de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz, coletados de 10 árvores matrizes em floresta tropical seca em Pentecoste, Ceará, 2011.....                                    | 36 |
| <b>Tabela 1.2</b> | - Intervalo de confiança da média [ $IC_{(\mu)}$ ], desvio padrão da média (DP), erro padrão (EP) e coeficiente de variação (CV) de variáveis de tamanho de frutos e sementes de <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm, coletados a partir de 10 árvores matrizes coletados de 10 árvores matrizes em floresta tropical seca em Pentecoste, Ceará, 2010..... | 58 |
| <b>Tabela 2.1</b> | - Resumo da análise de variância de porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência de luz.....   | 60 |
| <b>Tabela 2.2</b> | - Índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) em dias de sementes de <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência luz.....   | 63 |
| <b>Tabela 2.3</b> | - Resumo da análise de variância de porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes de <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência de luz.....  | 63 |
| <b>Tabela 2.4</b> | - Porcentagem de Germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes de <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência luz.....   | 64 |
| <b>Tabela 3.1</b> | - Alguns atributos físicos e químicos do solo da área experimental,  |    |

na camada de 0 a 0,2 m, antes da aplicação dos tratamentos..... 84

**Tabela 3.2** - Resumo da análise de variância das variáveis analisadas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, em diferentes níveis de sombreamento aos cinco meses em Pentecoste, Ceará, 2011.... 87

## SUMÁRIO

|  |   |    |
|--|---|----|
| 1  | INTRODUÇÃO GERAL.....                                   | 14 |
| 2  | REFERENCIAL TEÓRICO.....                                | 18 |
| 2.1  | Sucessão ecológica.....                                 | 18 |
| 2.2  | Fitossociologia na caatinga.....                        | 19 |
| 2.3  | Respostas plásticas alocacionais.....                   | 21 |
|  | REFERÊNCIAS.....  | 24 |
| <b>CAPÍTULO 1. BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES DE <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz e <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.....</b>   |   |    |
| 1.1  | INTRODUÇÃO.....   | 32 |
| 1.2  | MATERIAL E MÉTODOS.....                                 | 34 |
| 1.2.1  | Preparo de exsicatas.....                               | 34 |
| 1.2.2  | Coleta de frutos.....                                   | 34 |
| 1.2.3  | Biometria de frutos e sementes.....                     | 34 |
| 1.2.4  | Análise de dados.....                                   | 35 |
| 1.3  | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                             | 36 |
| 1.3.1  | <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz..... | 36 |
| 1.3.2  | <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.....            | 37 |
| 1.4  | CONCLUSÕES.....   | 43 |
|  | REFERÊNCIAS.....  | 44 |
| <b>CAPÍTULO 2. GERMINAÇÃO DE <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz E <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA NA PRESENÇA E AUSÊNCIA LUZ.....</b> |   |    |
| 2.1  | INTRODUÇÃO.....   | 51 |
| 2.2  | MATERIAL E MÉTODOS.....                                 | 55 |
| 2.2.1  | Preparo de exsicatas.....                               | 55 |
| 2.2.2  | Coleta de frutos.....                                   | 55 |
| 2.2.3  | Experimento de temperatura e luz.....                   | 55 |
| 2.3  | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                             | 58 |
| 2.3.1  | <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz..... | 58 |
| 2.3.2  | <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.....        | 62 |
| 2.4  | CONCLUSÕES.....   | 70 |

|   |           |
|---|-----------|
| REFERÊNCIAS.....  | 71        |
| <b>CAPÍTULO 3. PLASTICIDADE ALOCACIONAL EM <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz e <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm EM DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO.....</b> | <b>76</b> |
| 3.1 INTRODUÇÃO.....   | 80        |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 84        |
| 3.2.1 Localização.....  | 84        |
| 3.2.2 Substrato.....  | 84        |
| 3.2.3 Gradiente de sombreamento e delineamento experimental.....  | 85        |
| 3.2.4 Semeadura e transplântio.....   | 85        |
| 3.2.5 Coleta de dados.....  | 86        |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 87        |
| 3.4 CONCLUSÕES.....   | 99        |
| CONCLUSÃO GERAL.....  | 100       |
| REFERÊNCIAS.....  | 102       |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas mudam e se estruturam ao longo do tempo, ou seja, ocorre o desenvolvimento do ecossistema no qual acontecem mudanças distintas na estrutura e função da comunidade (CLEMENTS, 1936). Essas mudanças são guiadas pela história de vida das espécies, na qual a estratégia de ocupação dos ambientes é uma característica importante.

As espécies que chegam primeiro na sucessão ecológica, são espécies iniciais, boas colonizadoras e crescem rapidamente, enquanto que as que chegam por último, espécies tardias, podem tolerar níveis baixos de recursos e crescer até a maturidade na presença de espécies iniciais, excluindo estas últimas competitivamente (TILMAN, 1984).

Aspectos ecológicos em florestas tropicais secas ainda são poucos conhecidos (PENNINGTON; PRADO; PENDRY, 2000; SANTOS *et al.*, 2011), pois esses ecossistemas nas últimas cinco décadas receberam bem menos atenção em pesquisa que as florestas tropicais úmidas – menos de 20% dos artigos sobre florestas tropicais foram direcionados para as florestas tropicais secas (SANCHEZ-AZOFEIFA *et al.*, 2005)

As florestas tropicais secas representam 42% das florestas do mundo (MURPHY; LUGO, 1986) e é o ecossistema mais ameaçado devido à conversão de áreas para a agricultura (KHURANA; SINGH 2001; VIEIRA; SCARIOT, 2006). Grande parte dessas florestas foram queimadas e convertidas em pastagens, áreas cultivadas, florestas secundárias abertas ao longo de centenas de anos (KHURANA; SINGH 2001; MILES *et al.*, 2006; SWAINE, 1992). Florestas secundárias são paisagens cada vez mais comuns em países tropicais (JONG *et al.*, 2001).

Assim na restauração dessas áreas nem sempre é possível contar com a regeneração natural, sendo necessária a intervenção de especialistas. Muitas vezes as estratégias dos gestores ambientais tornam-se ineficientes, por não serem levados em consideração os processos sucessionais que relacionam-se com os atributos de história de vida.

A teoria da história de vida explica a variação no tamanho ao nascer, taxas de crescimento, tamanho e idade na maturidade, tamanho da ninhada e investimento reprodutivo e taxas de mortalidade e tempo de vida (STEARNS, 2000). Os atributos de história de vida são utilizados para compreender as respostas dos

vegetais à abundância e padrão de distribuição de espécies (KUNIN; SHMIDA, 1997; ERIKSSON; JAKOBSSON, 1998; KOLB; DIECKAMN, 2005).

A sucessão inicia-se após a vegetação de uma área ser parcial ou completamente removida, ou seja, o local já havia sido previamente ocupado por organismos vivos, porém foi perturbado por algum distúrbio natural como fogo, ventos, tombamento de árvores ou por atividades humanas, como pelo cultivo de plantas agrícolas ou pasto, entretanto vestígios de comunidades anteriores ainda estão presentes (PASCARELLA; AIDE; ZIMMERMAN, 2004; BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007; JOHNSON; MIYANISHI, 2008).

Na caatinga, um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas (LEAL *et al.*, 2005; PENNINGTON; LAVIN; OLIVEIRA-FILHO, 2009), vários fatores têm contribuído para a degradação e o desmatamento da vegetação, dentre eles, a agricultura itinerante de corte e queima, a retirada de madeira para fornecimento de lenha, a formação de pastagens e a ocupação de áreas para moradia e construção de estradas. Em consequência disso, não é surpresa para a comunidade científica a vasta quantidade de trabalhos (BARBOSA *et al.*, 2007; DANTAS *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2001, 2002, 2003; QUEIROZ *et al.*, 2006; SANTANA; SOUTO, 2006; SILVA *et al.*, 2012) que descrevem e caracterizam a composição florística de áreas remanescentes com vários níveis de perturbação. A partir desses estudos, observa-se que algumas das espécies que apresentam alta densidade em áreas perturbadas, têm baixa densidade em áreas conservadas, enquanto as espécies predominantes em áreas conservadas quase não se encontram em áreas antropizadas.

Nos levantamentos de Barbosa *et al.* (2007), Guedes *et al.* (2012) e Pereira *et al.* (2001, 2002) foi observado que algumas espécies, tais como: *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, *Anadenanthera colubrina* e *Myracrodruon urundeuva* são exclusivas de áreas com 20 anos ou mais de conservação, não sendo encontradas em áreas degradadas ou com alto nível de perturbação, como por exemplo: pastoreio e corte seletivo. Pereira *et al.* (2003) encontraram densidade de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz superiores na área com histórico anterior de cultivo agrícola e atual de corte seletivo e pastejo de gado, do que na área que apresentava somente corte seletivo e estava conservada a mais de 50 anos. Observa-se também que algumas espécies com potencial para colonizar áreas degradadas ocorrem com alta densidade em ambientes conservados Guedes

*et al.* (2012) e Galindo *et al.* (2008) observaram alta densidade absoluta de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz em áreas conservadas há mais de 20 anos, porém com ausência de outras espécies como *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm e *Anadenanthera colubrina*. Dantas *et al.* (2010) constataram uma maior densidade relativa de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm e *Anadenanthera colubrina*, em área anteriormente cultivada para com algodão e abandonada há 40 anos.

Estudos mais recentes de regeneração natural revelam resultados importantes sobre a restrita ocorrência da espécie *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. Soriano *et al.* (2012) observaram em áreas com exploração de madeira que os indivíduos regenerantes da espécie apresentaram baixa abundância relativa (0,04%) em relação às doze espécies estudadas. Guarino e Scariot (2012) afirmam que a ocorrência natural de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em fragmentos com ausência, pouca e alta exploração de madeira, é baixa.

A partir de levantamentos que relatam com que frequência, as diferentes espécies ocorrem em áreas preservadas ou não, questiona-se: a alta densidade de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz em áreas de vegetação secundária de uma floresta tropical seca relaciona-se com as estratégias de regeneração de espécies iniciais e a ausência ou baixa densidade de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm relaciona-se com as estratégias de regeneração de espécies tardias? Para responder essa pergunta, tem-se como hipótese que as estratégias de regeneração de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz são de espécies iniciais e as de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm de espécies tardias.

Sabe-se que plantas iniciais e tardias na sucessão divergem em algumas características. Vários autores (Tabela 1) relatam diferentes características para criar um critério de diferenciação entre os indivíduos dos dois grupos.

Este trabalho é composto de três capítulos. Cada capítulo relaciona-se com uma ou mais atributos de história de vida apresentados na Tabela 1. Assim, o objetivo deste estudo é caracterizar os atributos de história de vida de duas espécies de ocorrência em uma floresta tropical seca do Brasil (Caatinga) quanto às estratégias de regeneração natural.

**Tabela 1** – Características de história de vida de espécies vegetais

| <b>Características</b>                             | <b>Espécies<br/>iniciais</b> | <b>Espécies<br/>tardias</b> | <b>Autor</b>   |
|--|------------------------------|-----------------------------|--|
| Tamanho da semente                                 | Pequeno                      | Grande                      | Budowsky (1965);<br>Bazzaz (1979);<br>Coomes e Grubb (2003);<br>Husto e Smith (1987)<br>Navas <i>et al.</i> (2010)<br>Swaine e Whitmore (1988) |
| Dispersão no tempo                                 | Longa                        | Curta                       | Budowsky (1965);<br>Bazzaz (1979);<br>Swaine e Whitmore (1988)   |
| Germinação aumentada pela luz                      | Sim                          | Não                         | Bazzaz (1979);<br>Swaine e Whitmore (1988);<br>Valladares e Niinemets (2008)   |
| Germinação aumentada por flutuações de temperatura | Sim                          | Não                         | Budowsky (1965);<br>Bazzaz (1979);<br>Fonseca e Jacobi (2011)  |
| Eficiência em luz baixa                            | Baixa                        | Alta                        | Bazzaz (1979);<br>Douma <i>et al.</i> (2012);<br>Navas <i>et al.</i> (2010);<br>Swaine e Whitmore (1988);<br>Valladares e Niinemets (2008)     |
| Flexibilidade do material de alocação              | Alta                         | Baixa                       | Bazzaz (1979)<br>Douma <i>et al.</i> (2012)<br>Swaine e Whitmore (1988);<br>Valladares e Niinemets (2008)                                      |

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sucessão ecológica

Em algumas comunidades espécies iniciais são boas colonizadoras e crescem rapidamente, enquanto espécies tardias podem tolerar níveis baixos de recursos e crescer até a maturidade na presença de espécies iniciais, excluindo estas últimas competitivamente (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Essas situações são conhecidas pela expressão sucessão ecológica, a qual é o processo de desenvolvimento do ecossistema pelo qual acontecem mudanças distintas na estrutura e função da comunidade ao longo do tempo (GLIESSMAN, 2005).

Na ecologia há dois tipos básicos de sucessão (MACIEL *et al.*, 2003, GLIESSMAN, 2005; BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). A sucessão primária é o desenvolvimento de ecossistemas em uma área exposta, que não foi previamente influenciada por outra comunidade, são exemplos: escorrimento de lava vulcânica, abertura de crateras por impactos de meteoros, assoreamento de corpos d'água, retraimento de geleiras ou ainda, dunas recentemente formadas (COCKELL; LEE, 2002; BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007; JOHNSON; MIYANISHI, 2008). A sucessão secundária ocorre em áreas onde sua vegetação foi parcial ou completamente removida, ou seja, o local já havia sido previamente ocupado por organismos vivos, porém foram perturbados por algum acontecimento, como fogo, ventos, tombamento de árvores ou pelo cultivo de plantas agrícolas ou pasto, entretanto vestígios de comunidades anteriores ainda estão presentes (PASCARELLA; AIDE; ZIMMERMAN, 2004; BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007; JOHNSON; MYIANISHI, 2008).

A sucessão que se segue após o cultivo de plantas agrícolas ou pasto é conhecida como sucessão em campos abandonados (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007; JOHNSON; MIYANISHI, 2008). O desenvolvimento da vegetação seguinte ao abandono agrícola tem sido estudado principalmente comparando-se campos em vários estágios da sucessão (SHEIL, 2001; PASCARELLA; AIDE; ZIMMERMAN, 2004). Um dos métodos mais utilizados para o estudo de sucessão tem sido o de cronosequências (CHAZDON *et al.*, 2007; QUESADA *et al.*, 2009). Este método considera as mudanças temporais a partir de uma única observação no tempo, com o uso de uma série de parcelas com diferentes idades, ou seja em diferentes estágios sucessionais, desde o último distúrbio.

O recurso principal na determinação do comportamento das espécies, na dinâmica da sucessão, é a luz (MACIEL *et al.*, 2003). Baseado nisso tem surgido várias classificações de grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais (BAZZAZ, 1979; BUDOWSKI, 1965; SWAINE; WHITMORE, 1988), que se diferenciam quanto às denominações e variáveis utilizadas, porém se baseiam na divisão de espécies iniciais e tardias da sucessão.

Deve-se ressaltar que as classificações em grupos ecológicos estão voltadas para as florestas úmidas e não para florestas tropicais secas. Contudo acredita-se que neste ambiente existam características ecológicas distintas entre as espécies, pois em levantamentos fitossociológicos realizados na Caatinga constata-se que algumas espécies predominam em ambientes conservados e outras em ambientes perturbados (ANDRADE *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2001; QUEIROZ *et al.*, 2006; SANTANA; SOUTO, 2006; SILVA *et al.*, 2012).

Observa-se que os trabalhos voltados para a sucessão na caatinga referem-se apenas à estrutura e composição florística, deixando assim uma lacuna para o estudo de chuva de sementes e características ecofisiológicas e germinação de plântulas, relacionado aos estágios de sucessão. Segundo Vieira e Scariot (2006) a maior parte do conhecimento em sucessão de florestas tropicais foram obtidos a partir de comunidades de plantas de florestas úmidas.

De acordo com Sanchez-Azofeifa *et al.*, 2005; Miles *et al.*, 2006; Quesada *et al.*, 2009 as florestas tropicais secas são ecossistemas ameaçados pelas atividades humanas. A caatinga já foi muito degradada devido às interferências antrópicas, como a retirada de lenha, agricultura itinerante e pecuária. A maior parte de suas florestas são secundárias e os seus mecanismos de regeneração, desconhecidos.

Portanto, os principais mecanismos de sucessão e regeneração em florestas tropicais secas, ainda permanecem inexploradas e são necessários mais esforços para compreender os processos ecológicos destes ecossistemas importantes (QUESADA *et al.*, 2009).

## **2.2 Fitossociologia na caatinga**

A cobertura vegetal da caatinga é muito diversificada por razões climáticas, edáficas, topográficas e antrópicas. Com o início da colonização do

Brasil, iniciou-se o processos de alteração da caatinga, primeiramente com a pecuária bovina, associada à práticas de desmatamento e cultivo, portanto muitas áreas de Caatinga são resultantes da interação entre o homem e o seu ambiente (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009)

Em conseqüência disso, alguns trabalhos fitossociológicos comparam a composição florística de áreas remanescentes ou conservadas, com áreas que foram anteriormente perturbadas (PEREIRA *et al.*, 2001, 2002 e 2003; SANTANA; SOUTO, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2007). A partir desses trabalhos, observa-se que algumas das espécies que apresentam maior densidade em áreas perturbadas, têm baixa densidade em áreas conservadas, enquanto as espécies que dominam áreas conservadas quase não se encontram em áreas degradadas.

No levantamento de Andrade *et al.* (2005) verifica-se que as espécies *Croton Sonderianus*, *Poincianella pyramidalis* e *Aspidosperma pyriformium*, apresentaram maior densidade relativa no ambiente com melhor estado de conservação. Entretanto Santana e Souto (2006) e Barbosa *et al.* (2007), observaram que essas três espécies apresentaram alta densidade de indivíduos na área com maior nível de perturbação.

Galindo *et al.* (2008) observaram a ocorrência de *Caesalpineae pyramidalis* e *Aspidosperma pyriformium*, nos ambientes degradado e moderadamente degradado. Para ambientes mais perturbados, Queiroz *et al.* (2006) encontraram densidade e freqüência absolutas de *Piptadenia stipulacea* superiores as de *Anadenanthera colubrina*. Entretanto, Barbosa *et al.* (2007) observaram exclusividade desta última espécie no ambiente conservado. Nesses ambientes é comum a exclusividades de algumas espécies como *Myracrodruon urundeuva*, *Amburana cearensis*, *Pseudobombax* sp., e *Ceiba glaziovii* (PEREIRA *et al.*, 2001; BARBOSA *et al.*, 2007).

Pereira *et al* (2003) estudando o efeito do uso na estrutura e flora da caatinga verificaram que seis espécies contaram com mais da metade da densidade de espécies na área menos perturbada dentre elas *Thiloa glaucocarpa*, *Croton sonderianus*, *Acacia* sp., *Piptadenia stipuhcea*, *Caesalpinia pyramidalis* e *Aspidosperma pyriformium*. Contudo, em uma das áreas mais conservadas do estudo, a espécie *Poincianella pyramidalis* apresentou-se com maior densidade.

O que fica claro na literatura é que existem espécies exclusivas em algumas áreas conservadas da Caatinga como por exemplo *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (PEREIRA *et al.* 2001), contudo essas mesmas espécies podem ocorrer em áreas com menor estado de conservação, porém com densidade muito baixa. E ainda existem espécies como *Croton sonderianus* e *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz que não se mostram exclusivas de áreas perturbadas, pelo contrário são muito comuns nessas áreas, porém ocorrem em densidades bem elevadas em áreas mais conservadas.

### 2.3 Respostas plásticas alocacionais

A variação ambiental é uma das mais importantes forças seletivas da natureza (LORTIE; AARSSSEN, 1996) e genótipos idênticos podem apresentar grande potencial para diferentes tipos e quantidades de variação. A plasticidade fenotípica ocorre quando um genótipo exibe uma variação de fenótipos através de vários ambientes (LORTIE; AARSSSEN, 1996; SULTAN, 2004; MINER *et al.*, 2005). Contudo nem sempre a plasticidade é adaptativa (VIA *et al.*, 1995; SULTAN, 2004) e só o é, quando características plásticas melhoram a sobrevivência e reprodução da espécie (MATESANZ; GIANOLI; VALLADARES, 2010).

As plantas, assim como a maior parte dos organismos variam fenotipicamente. Os atributos fenotípicos incluem a aparência externa (altura, tamanho, forma da folha, cor da flor ou número de frutos, as características da história de vida (como uma espécie anual), morfologia e anatomia (de tecidos e organelas), a fisiologia, a bioquímica (como composição protéica). Assim, as respostas da plasticidade fenotípica podem ser morfológicas, fisiológicas, anatômicas, bioquímicas e de histórias de vida (GONZÁLEZ; GIANOLI, 2004; SULTAN, 2004; MINER *et al.*, 2005).

Define-se plasticidade alocaional como a capacidade das plantas ajustarem as proporções de biomassa da folha em relação à luz, versus a biomassa radicular à absorção de água e nutrientes (SULTAN, 2003), essas respostas permitem que as plantas tornem-se mais eficientes na captação de recursos, se ocorrerem mudanças no habitat. Os estudos de sucessão afirmam que as espécies iniciais e tardias, apresentam respectivamente, alta e baixa flexibilidade no material de alocação ou plasticidade alocaional (BAZZAZ, 1979; GONZALES; GIANOLI,

2004; MARKESTEIJN; POORTER; BONGERNS, 2007; POORTER *et al.*, 2004; POORTER *et al.*, 2009; REICH *et al.*, 2003; VALLADARES *et al.*, 2000).

Define-se a alocação de recursos como um ajuste entre a parte aérea e a subterrânea em resposta a algum estresse ambiental, para maximizar a eficiência na captura dos recursos mais limitantes (BLOOM; CHAPIN; MOONEY, 1985). Pelo ajuste das proporções de biomassa da folha em relação à luz versus a biomassa radicular à absorção de água e nutrientes, a plasticidade alocaional pode permitir que a planta melhore de maneira adaptativa o acesso a recursos quando houver escassez (SULTAN, 2003). Destacam-se razões como a área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e razão de massa foliar (RMF), como respostas alocaionais do fenótipo frente à variação de recursos (SULTAN; BAZZAZ, 1993abc; GODOY; VALLADARES; CASTRO-DÌEZ, 2012).

Sultan e Bazzaz (1993abc) estudaram respostas plásticas alocaionais de uma herbácea generalista anual *Polygonum persicaria* em função de tratamentos com níveis de luz, umidade e nutrientes no solo, tendo em vista que esta espécie tem distribuição em ambientes com alta variação desses recursos. Em geral, os resultados observados demonstram que as populações de *P. persicaria* que cresciam em ambientes mais heterogêneos apresentaram um maior padrão de plasticidade e uma menor magnitude de resposta.

Balaguer *et al.* (2001) encontraram um alto índice de plasticidade fenotípica para a razão raiz/parte aérea, onde os indivíduos da população de *Quercus coccifera* de uma floresta da Alemanha alocaram mais biomassa para a parte aérea, obtendo 13 e 27% menor razão raiz/parte aérea que as populações de bosque e clareira.

A capacidade em alterar o sistema radicular é fundamental para manter o funcionamento da planta em diferentes condições ambientais (SULTAN, 2003), a plasticidade para essa característica pode influenciar a tolerância ecológica de indivíduos e assim, sua distribuição no campo (BELL; SULTAN, 1999), levando-se em consideração que fatores abióticos, como a luz variam espacial e temporalmente.

Em geral espécies mais tolerantes à sombra apresentam maior AFE (LARCHER, 2006; GUVERITCH; SCHEINER; GORDON, 2009). Segundo Sultan (1993a) isso acontece devido a aumentos compensatórios na área fotossinteticamente ativa da planta. Valladares *et al.* (2000) compararam caracteres

de plantas, tais como AFE e taxa de crescimento relativo e revelaram que a magnitude da variação do caractere causada pela resposta plástica fenotípica à luz foi tão grande quanto a variação no padrão de plasticidade. BALAGUER *et al.* (2001) encontraram resultados similares aos de Sultan (1993a) em plântulas de *Quercus coccifera* que expressaram diferentes fenótipos em respostas as diferentes intensidades de luz. A população encontrada em uma floresta da Alemanha teve 30% área foliar e maior RAF que populações de baixo e médio dossel.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, M.A.; NASCIMENTO, S.S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caminhos de Geografia**, v.9, p.143-155, 2009.
- ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V.. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de usos, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **Cerne**, v.11, p.253-262, 2005.
- BALAGUER, L.; MARTINEZ-FERRI, E.; VALLADARES, F.; PÉREZ-CORONA, M.E.; BAQUEDANO, F.J.; CASTILLO, F.J.; MANRIQUE, E. Population divergence in the plasticity of the response of *Quercus coccifera* to the light environment. **Functional Ecology**, v.15, p.124-135, 2001.
- BARBOSA, M.R.V.; LIMA, I.B.; LIMA, J.R.; CUNHA, J.P.; AGRA, M.F.; THOMAS, W.W. Vegetação e flora no Cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.313-322, 2007.
- BAZZAZ, F.A.; Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.11, p.287-310, 1979.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BELL, D.L.; SULTAN, S. Dynamic phenotypic plasticity for root growth *Polygonum*: a comparative study. **American Journal of Botany**, v.86, p. 807–819, 1999.
- BLOOM, F.S.; CHAPIN, III.; MOONEY, H.A. Resource Limitation in Plants-An Economic Analogy. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.16, p.363-392.
- BUDOWSKY, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v.15, p. 40-42, 1965.
- CAPLAT, P.; ANAND, M. Effects of disturbance frequency, species traits and resprouting on directional succession in an individual-based model of forest dynamics. **Journal of Ecology**, v.97, p.1028–1036, 2009.
- CHAZDON, R.L.; LETCHER, S.G.; VAN BREUGEL, M.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F. FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions**, v.362, p.273-289, 2007.
- CLEMENTS, F.E. Nature and structure of the climax. **The Journal of Ecology**, v.24, p.252-284, 1936.
- COCKELL, C.S.; LEE, P. The biology of impacts craters – a review. **Biological Reviews**, v.77, p.279-310, 2002.

COOMES, D.A.; GRUBB, P. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. **Trends in Ecology and Evolution**, v.18, p. 283-291, 2003.

DANTAS, J.G; HOLANDA, A.C.; SOUTO,L.S.; JAPIASSU, A.;HOLANDA, E.M. Estrutura do componente arbustivo/arbóreo de uma área de caatinga situada no município de Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5,p.134-142, 2010.

DANTAS, J.G; HOLANDA, A.C.; SOUTO, L.S.; JAPIASSU, A.; HOLANDA, E.M. Estrutura do componente arbustivo/arbóreo de uma área de caatinga situada no município de Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.134-142, 2010.

DOUMA, J.C.; HAAN, M.W.A; AERTS, R. WITTE, J.P.M; VAN BODEGON, P.M. Succession-induced trait shifts across a wide range of NW European ecosystems are driven by light and modulated by initial abiotic conditions. **Journal of Ecology**, v.100, p.366–380, 2012.

ERIKSSON, O.; JAKOBSSON, A. Abundance, distribution and life histories of grassland plants: a comparative study of 81 species. **Journal of Ecology**, v. 86, p. 922–933, 1998.

FONSECA, N.G.; JACOBI, C.M. Desempenho germinativo da invasora *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. e comparação com *Caesalpinia férrea* Mart. ex Tul. e *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (Fabaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, p. 191-197, 2011.

GALINDO, I.C.L.; RIBEIRO, M.R.; SANTOS, M.F.A.V.; LIMA, J.F.W.F. FERREIRA; R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.1283-1296, 2008.

GLIESSMAN, S.T. **Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

GONZÁLEZ, A.V.; GIANOLI, E. Morphological plasticity in response to shading in three *Convolvulus* species of different ecological breadth. **Acta Oecologica**, v. 26, p. 185–190, 2004.

GUARINO, E.S.G.; SCARIOT, A.O. Tree seedling survival and growth in logged and undisturbed seasonal deciduous forest fragments in central Brazil. **Journal Forest Research**, v. 17, p. 193-201, 2012.

GUEDES, R.S.; ZANELLA, F.C.V.; COSTA JÚNIOR, J.E.V.; SANTANA, G.M.; SILVA, J.A. Caracterização florístico-fitosociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoro, v. 25, p. 99-108, 2012.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; GORDON, A. **Ecologia vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 592 p.

HUSTON, M.; SMITH, T. Plant succession – life-history and competition. **The American Naturalist**, v.130, p.68 –198, 1987.

JOHNSON, E.; MIYANISHI, K. Testing the assumptions of chronosequences in succession. **Ecology Letters**, v.11, p.419–431, 2008.

JONG, W.; CHOKKALINGAM, U; SMITH, J.; ABOGAL, C.S. **Tropical secondary forests in Asia: Introduction and synthesis**. *Journal of Tropical Forest Science*, v.13, p.13: 563–576 ,2001.

JUSTIN, K.N.; GUILLAUME, D. Successional patterns of plant species and community diversity in a semi-deciduous tropical forest under shifting cultivation. **Journal of Vegetation Science**, v. 19. p. 809-820, 2008.

KHURANA, E.; SINGH, J.S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, v.28, p. 39–52, 2001.

KOLB, A; DIECKMANN, M. Effects of Life-History Traits on Responses of Plant Species to Forest Fragmentation. **Conservation Biology**, v.19, p. 929–938, 2005.

KUNIN, W.E.; SHMIDA, A. Plant reproductive traits as a function of local, regional, and global abundance. *Conservation Biology*, v. 11, p. 183–192, 1997.

LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; LACHER JR, T.E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.139-146, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 4.ed. São Carlos: RiMa, 2006. 531p.

LORTIE, C.J.; AARSSSEN, L.W. The specialization hypothesis for phenotypic plasticity in plants. **International Journal of Plant Science**, v.157, p.484-487, 1996.

MACIEL, M.N.M.; WATZLAWICK, L.F.; SCHOENINGER, E.R.; YAMAJI, F.M. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.1, p.69-78 2003

MATESANZ, S.; GIANOLI, E.; VALLADARES, F. Global change and the evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.1206, p.35-55, 2010.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L.; BONGERS, F. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. **American Journal of Botany**, v.94, p.515-525, 2007.

MILES, L.; NEWTON, A.C.; DEFRIES, R.S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S. KAPOV, V.; GORDON, J.E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v.33, p.491–505, 2006.

MINER, B.G.; SULTAN, S.E.; MORGAN, S.G.; PADILHA, D.K.; RELYEA, R.A. Ecological consequences of phenotypic plasticity. **Trends in Ecology and Evolution**, v.20, p. 685-692, 2005.

MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p.67–88, 1986.

NAVAS, M.L.; ROUMET, C.; BELLMMAN, A.; LAURENT, G.; GARNIER, E. Suites of plant traits in species from different stages of a Mediterranean secondary succession. **Plant Biology**, v.12, p.183-196, 2010.

PASCARELLA, J.B., AIDE, T.M. e ZIMMERMAN, J K. Short-term response of secondary forests to hurricane disturbance in Puerto Rico, USA. **Forest Ecology and Management**, v.199, p.379–393, 2004.

PENNINGTON, R.T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A.; Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.40, p437–457, 2009.

PENNINGTON, R.T; PRADO, D.E.; PENDRY, C.A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v.27, p.261-273, 2000.

PEREIRA, I.M. ANDRADE, L.A.; BARBOSA, M.R.V.; EVERARDO. V.S.B. SAMPAIO, E. V. S. B. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no agreste paraibano, **Acta Botanica Brasília**, v.16, p. 357-369, 2002.

PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; COSTA, J.R.M.; DIAS, J.M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasília**, v.14, n.3, p.413-426, 2001.

PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.; BARBOSA, M.R.V et al 2003 Use-history Effects on Structure and Flora of Caatinga. **Biotropica**, v.35, p. 154-165, 2003.

POORTER, H.; NIINEMETS, U.; POORTER, L.; WRIGHT, I.J.; VILLAR, R. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. **New Phytologist**, v.182, p.565–588, 2009.

POORTER, L.; VAN DE PLASSCHE, M.; WILLEMS, S.; BOOT, R. G. A. Leaf traits and herbivory rates of tropical tree species differing in successional status. **Plant Biology**, v.6, p.746–754, 2004.

QUEIROZ, J.A.; TROVÃO, D.M.B.M.; OLIVEIRA, A.B.; OLIVEIRA, E.C.S. Análise da Estrutura Fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, n.2, 2006.

QUESADA, M.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; ALVAREZ-ANÔRVE, M.; STONER, K. E.; AVILA-CABADILLA, L.; CALVO-ALVARADO, J.; CATILLO, A.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; FAGUNDES, M.; FERNANDES, G.W.; GAMON, J.; LOPEZARAIZA-MIKEL, M.; LAWRENCE, D.; MORELLATO, L.P.C.; POWERS, J.S.; NEVES, F. S.; ROSAS-GERRERO, V.; SAYAGO, R.; SANCHEZ-MONTOYA, G. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. **Forest Ecology and Management**, v.258, p.1014-1024, 2009.

REICH, P.B.; WRIGHT, I.J.; CAVANDER-BARES, J.M. CRAINE, J. OLESKSYN, M.; WESTOBY, M.; WALTERS, M.B. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, v.164, p.143–164, 2003.

SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; QUESADA, M.; RODRÍGUEZ, J.P.; NASSAR, J.M.; CASTILLO, A.; GARVIN, T. ZENT, E.L.; CALVO-ALVARADO, J.C.; KALACSKA, M.E.R.; FAJARDO, L.; GAMON, J.A.; CUEVAS-REYES, P. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. **Biotropica**, v.37, p. 477–485, 2005.

SANTANA, J.A.S.; SOUTO, J.S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.232-242, 2006.

SANTOS, J.C.; LEAL, I.R.; CORTEZ, J.S.A.; FERNANDES, G.W.; TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical Forest. **Tropical Conservation Science**, v.4, p.276-286, 2011.

SHEIL, D. Long-term observations of rain forest succession, tree diversity and responses to disturbance. **Plant Ecology**, v.155, p.183–199, 2001.

SILVA, S.O.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; LIRA, M.A. JÚNIOR, F.T.A.; CANO, M.O.O.; TORRES, J.E.L. Regeneração natural em um remanescente de caatinga com diferentes históricos de uso no agreste pernambucano. **Revista Árvore**, v.36, p.441-450, 2012.

SORIANO, M.; KAINER, K.A.; STAUDHAMMER, C.L.; SORIANO, E. Implementing multiple forest management in Brazil nut-rich community forests: Effects of logging on natural regeneration and forest disturbance. **Forest Ecology and Management**, v. 268, p. 92-102, 2012.

STEARNS, S. C. Life history evolution: successes, limitations, and prospects. **Naturwissenschaften**, v. 87, p. 476–486, 2000.

SULTAN, S.E. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. **Evolution and Development**, v.5, p.25-33, 2003.

SULTAN, S.E. Promising directions in plant phenotypic plasticity. **Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics**, v.6, p.227-233, 2004.

SULTAN, S.E.; BAZZAZ, F.A. Phenotypic plasticity in *Polygonum persicaria*.II. Norms of reaction to soil moisture, ecological breadth, and the maintenance of genetic diversity. **Evolution**, v. 47, p.1032–1049, 1993a.

SULTAN, S.E.; BAZZAZ, F.A. Phenotypic plasticity in *Polygonum persicaria*.I. Diversity and uniformity in genotypic norms of reaction to light. **Evolution**, v.47, p.1009–1031, 1993b

SULTAN, S.E.; BAZZAZ, F.A. Phenotypic plasticity in *Polygonum persicaria*.III. The evolution of ecological breadth for nutrient environment. **Evolution**, v. 47, p.1050–1071, 1993c.

SWAINE, M.D. Characteristics of dry forest in West Africa and the influence of fire. **Journal of Vegetation Science**, v.3, p. 365–74, 1992.

SWAINE, M.D.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v.75, p.81-86, 1988.

TILMAN, D. **Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities. Monographs in Population Biology 26**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 360 p.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U. Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.39, p.237–257, 2008.

VALLADARES, F.; WRIGHT, S.J.; LASSO, E.; KITAJIMA, K.; PEARCY, R.W. Plastic phenotypic response to light of 16 congenetic shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology**, v.81, p.1925-1936, 2000.

VIA, S.; GOMULKIEWICZ, DE JONG, G.; SCHEINER, S.M.; SCHILICHTING, C.D.; VAN TIENDEREN, P.H. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. **Trends in Ecology and Evolution**, v.10, p. 212-217, 1995.

VIEIRA, D.L.M.; SCARIOT, A. Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. **Restoration Ecology**, v.14, p.11-20, 2006.

## **CAPÍTULO 1. BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES DE *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm**

### **RESUMO**

O Tamanho e a massa da semente tem grande influência no processo de sucessão ecológica. Sementes pequenas e leves são predominantes em espécies iniciais e sementes grandes e pesadas, em espécies tardias. Se *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz possui características de uma espécie inicial, então suas sementes apresentam tamanho e massa menores em relação às sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. Portanto o objetivo deste capítulo é avaliar a biometria de frutos e sementes de ambas as espécies. Coletaram-se frutos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em plantas matrizes localizadas em área de caatinga na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará em Pentecoste - CE. Utilizou-se uma amostra de 100 frutos e 100 sementes para o dimensionamento do comprimento, da largura e espessura e pesagem. Realizou-se uma análise descritiva em planilha no Excel e foi determinada a frequência de distribuição da dimensão e massa de sementes das duas espécies. As sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz são menores e mais leves, características de espécies iniciais e as de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm são maiores e mais pesadas, característica de espécies tardias. Portanto, os resultados contribuem para confirmar a hipótese testada.

**Palavras-chave:** Sucessão ecológica. Tamanho da semente. Caatinga. Sementes pequenas. Sementes grandes.

**CHAPTER 1. BIOMETRY OF FRUITS AND SEEDS OF *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm**

**ABSTRACT**

Size and mass seed have great influence on the ecological succession process. Small and light seeds are prevalent in initial species and large and heavy seeds in late species. If *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz has characteristics of an initial species, then the seeds are smaller size and mass for seeds of *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. Therefore the aim of this chapter is to evaluate the biometrics of fruits and seeds of both species. We collected fruits of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm in plants located in an area of caatinga at the Experimental Farm Curu Valley (FEVC) belonging to the Federal University of Ceará in Pentecoste. We used a sample of 100 100 seeds and fruits for measuring length, width, thickness and weigh. We conducted a descriptive analysis spreadsheet in Excel and the frequency distribution of the size and mass of seeds of both species was determined. Seeds *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz are smaller and lighter, the initial characteristics of the species and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm are larger and heavier, characteristic of secondary species. Therefore, the results contribute to confirm the hypothesis tested.

**Keywords:** Ecological succession. Seed size. Caatinga. Small seeds. Big seeds.

## 1.1 INTRODUÇÃO

O termo biometria vem da junção de duas palavras gregas, *Bios* e *Metron*, que significam, respectivamente, “vida” e “medida”. No Brasil, os trabalhos de biometria de sementes e frutos (LIMA *et al.*, 2012; MACEDO *et al.*, 2009; NOGUEIRA *et al.*, 2010;) em geral, referem-se ao tamanho (comprimento, largura, espessura), massa e formato da semente ou do fruto.

Sabe-se que tamanho e massa da semente tem grande influência no papel das espécies no processo de sucessão ecológica. Sementes pequenas e leves são predominantes em espécies iniciais e sementes grandes e pesadas, em espécies tardias (BUDOWISKY, 1965; BAZZAZ, 1979; NAVAS *et al.*, 2010).

Em ecossistemas onde ocorre escassez de água são encontradas sementes menores e mais leves (KHURANA; SINGH, 2001). Nessas condições é ideal a presença de sementes pequenas, pois estas penetram mais facilmente no solo que as grandes e assim, torna-se fácil a construção de um banco de sementes, o que é crucial para a regeneração das espécies após o distúrbio. Além do que em condições de estresse hídrico, essas sementes apresentam maior emergência e sobrevivência de plântulas (LEISHMAN; WESTOBY, 1994) porque suas raízes produzem menos matéria seca.

Na caatinga vários estudos descrevem a ocorrência de espécies que apresentam alta densidade em áreas perturbadas e baixa densidade em áreas conservadas, enquanto as espécies predominantes em áreas conservadas quase não se encontram em áreas antropizadas (BARBOSA *et al.*, 2007, GUEDES *et al.*, 2012 e PEREIRA *et al.*, 2001, 2002), levantando a suspeita de que existe condições que favorecem a colonização de espécies e consequente exclusão de outras, caracterizando o processo de sucessão ecológica.

Entre as espécies *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm constatou-se esta diferença, em que, a primeira ocorre com mais frequência em áreas em processo inicial de sucessão secundária e a segunda além de não ser encontrada nessas áreas, as vezes é exclusiva de áreas conservadas há bastante tempo (SANTANA; SOUTO, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2007 e outros).

Assim, acredita-se que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, apresente tamanho e massa de sementes menores em relação às sementes de

*Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. Portanto o objetivo deste Capítulo é avaliar a biometria de frutos e sementes de ambas as espécies.

*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz é uma espécie da família Fabaceae, é uma árvore endêmica da Caatinga (MONTEIRO *et al.*, 2005), popularmente conhecida como catingueira e atinge até 12 m de altura (MAIA, 2012). Segundo Barbosa, Barbosa e Lima (2003) esta espécie apresenta fruto de consistência seca, a semente é a unidade de dispersão, caracterizando-se como autocórica, apresentam formato achatado e dimensão (YU *et al.*, 2007) de 21,5 mm. A floração e a frutificação ocorrem do período chuvoso para o seco (GRIZ; MACHADO, 2001; AMORIM *et al.*, 2009; LEITE; MACHADO, 2010). A espécie apresenta grande potencial para colonização de áreas degradadas (QUEIROZ, 2009; FIGUEIREDO *et al.*, 2012)

A espécie *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm também pertence à família Fabaceae, é uma árvore endêmica da Caatinga, popularmente conhecida como cumaru, atinge até 12 m de altura (MAIA, 2012). Segundo Barbosa, Barbosa e Lima (2003) esta espécie apresenta fruto de consistência seca, a semente é a unidade de dispersão, caracterizando-se como anemocórica, apresentam formatos elíptico – seção transversal e ovalado – seção longitudinal (CUNHA; FERREIRA, 2003) e dimensão (YU *et al.*, 2007) de 31,4 mm. A floração ocorre no período chuvoso e a frutificação no período seco (BARBOSA; BARBOSA; LIMA, 2003; AMORIM *et al.*, 2009).

## **1.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.2.1 Preparo de exsicatas**

Amostras de ramos com flores e frutos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm foram coletadas de plantas matrizes localizadas em área de caatinga na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará em Pentecoste - CE. A cidade fica entre os paralelos 3°45' e 3°50' de latitude Sul e os meridianos 39°15' e 39°30' de longitude Oeste, com altitude média de 47 m e clima classificado, pelo sistema internacional de Köppen, como BSw'h', semiárido com chuvas irregulares. O solo, classificado como Neossolo Flúvico, apresenta textura franco-arenosa na camada de 0 a 0,70 m (EMBRAPA, 2006). A precipitação média anual é de 801 mm, a evaporação de 1.475 mm, a temperatura média anual em torno de 27,1°C e a umidade relativa do ar de 73,7% (EMBRAPA, 2001). Após a coleta, o material botânico foi herborizado e as espécies foram depositadas como exsicatas, respectivamente, sob números 53083 e 53082 no Herbário Prisco Bezerra – EAC, pertencente ao Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza – CE.

### **1.2.2 Coleta de frutos**

A coleta de frutos das duas espécies ocorreu no período de dispersão de cada uma delas, no ano de 2010 para a *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm e 2011 para a *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz. Seleccionou-se 10 árvores matrizes adultas distantes no mínimo 200 m, para cada espécie, visando aumentar a variabilidade genética da amostra (ARAÚJO *et al.*, 2007), foram escolhidas árvores vigorosas e sadias com no mínimo 100 m de distância de uma para outra e com altura média de 8 m. Após a colheita, as amostras de frutos e sementes foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para o Laboratório de Análises de Sementes da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza – CE, em caixas térmicas, para evitar que ocorressem alterações no teor de água.

### **1.2.3 Biometria de frutos e sementes**

Utilizou-se uma amostra de 100 frutos e 100 sementes (BRASIL, 2009) para o dimensionamento do comprimento, da largura e da espessura, com auxílio de

um paquímetro digital. Em seguida para obtenção da massa seca, as sementes foram colocadas em estufa a 80 °C por 48 h ou até atingir o peso constante (CORNELISSEN *et al.*, 2003). Posteriormente, pesadas em balança de precisão. A dimensão das sementes foi obtida pela soma do comprimento, largura e espessura (YU *et al.*, 2007).

#### 1.2.4 Análise de dados

Com os dados obtidos, procedeu-se a análise descritiva em planilha no Excel. Foi determinada a freqüência de distribuição da dimensão e massa de sementes das duas espécies.

Para avaliar a assimetria da curva de distribuição de frequência utilizou-se o 2º coeficiente de Pearson ( $As$ ), calculado pela fórmula:

$$As = \frac{x - Md}{S}$$

onde,  $x$  = média;  $Md$  = mediana e  $S$  = desvio padrão.

Para avaliar o grau de assimetria considerou-se:  $0,15 < |As| < 1$  = assimetria moderada e  $|As| > 1$  = assimetria forte.

### 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 1.3.1 *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz

Os valores médios referentes ao comprimento, largura e espessura para os frutos e sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, encontram-se na Tabela 1.1. Os frutos não apresentaram uniformidade quanto ao tamanho, bem como as sementes, como denotam os coeficientes de variação. O comprimento dos frutos variou de 80,18 a 136,82 mm, a largura de 18,88 a 28,43 mm e espessura de 3,00 a 6,63 mm. Resultados encontrados na literatura mostram que o comprimento do fruto foi de 60 a 100 mm (SILVA; MATOS, 1998) e 77 mm (LIMA *et al.*, 2012), a largura foi de 17 a 23 mm (SILVA; MATOS, 1998) e 18 mm (LIMA *et al.*, 2012) e a espessura foi de 4,3 mm (LIMA *et al.*, 2012).

**Tabela 1.1** – Intervalo de confiança da média [IC<sub>(μ)</sub>], desvio padrão da média (DP), erro padrão (EP) e coeficiente de variação (CV) de variáveis de tamanho de frutos e sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, coletados de 10 árvores matrizes em floresta tropical seca em Pentecoste, Ceará, 2011

|         | Variáveis        | IC <sub>(μ)</sub> <sup>1</sup> | DP    | EP    | CV (%) |
|---------|------------------|--------------------------------|-------|-------|--------|
| Fruto   | Comprimento (mm) | 108,91 ± 2,63                  | 13,37 | 1,65  | 12,27  |
|         | Largura (mm)     | 22,55 ± 0,33                   | 1,66  | 0,17  | 7,35   |
|         | Espessura (mm)   | 4,6 ± 0,16                     | 0,83  | 0,08  | 18,10  |
| Semente | Comprimento (mm) | 14,17 ± 0,25                   | 1,28  | 0,13  | 9,06   |
|         | Largura (mm)     | 10,95 ± 0,14                   | 0,72  | 0,07  | 6,59   |
|         | Espessura (mm)   | 2,03 ± 0,04                    | 0,18  | 0,02  | 8,89   |
|         | Massa (g)        | 0,15 ± 0,005                   | 0,03  | 0,003 | 18,48  |

<sup>1</sup>Intervalo de confiança da média (95%), calculado pela expressão:  $\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$ ;  $n=100$

O comprimento das sementes variou de 11,5 a 16,5 mm, largura de 9 a 13,5 mm e espessura de 1,5 a 2,2 mm. Na literatura foi encontrado para o comprimento valores de 10 a 13 mm (SILVA; MATOS, 1998) e 10,5 mm (LIMA *et al.*, 2012), para a largura foram de 7 a 12 mm (SILVA; MATOS, 1998) e 7 mm (LIMA *et al.*, 2012) e para espessura foram de 2 mm (LIMA *et al.*, 2012). Pela classificação relatada por Barbosa (2003), para espécies lenhosas da caatinga, a semente da espécie classifica-se como sendo de tamanho médio, onde a semente deve

apresentar largura de 6 a 15 mm. Esses valores corroboram com os resultados de largura encontrados por Silva e Matos (1998), Lima *et al.* (2012) e os deste estudo.

Quanto à massa seca da semente os valores variaram de 0,09 a 0,22 g, sendo valor médio de 0,15 g, valores bem abaixo do encontrado por Lima *et al.* (2012) de 1,93 g.

### 1.3.2 *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm

Os valores médios referentes ao comprimento, largura e espessura para os frutos e sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, encontram-se na Tabela 1.2 Os frutos não apresentaram uniformidade quanto ao tamanho, bem como as sementes, como denotam os coeficientes de variação. O comprimento dos frutos variou de 46,53 a 63,17 mm, a largura de 10,73 a 13,67 mm e espessura de 9,32 a 12,02 mm.

**TABELA 1.2** – Intervalo de confiança da média [ $IC_{(\mu)}$ ], desvio padrão da média (DP), erro padrão (EP) e coeficiente de variação (CV) de variáveis de tamanho de frutos e sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, coletados a partir de 10 árvores matrizes coletados de 10 árvores matrizes em floresta tropical seca em Pentecoste, Ceará, 2010

| Variáveis |                  | $IC_{(\mu)}$ <sup>1</sup> | DP   | EP    | CV (%) |
|-----------|------------------|---------------------------|------|-------|--------|
| Fruto     | Comprimento (mm) | 53,64 ± 1,12              | 4,06 | 0,57  | 7,56   |
|           | Largura (mm)     | 12,41 ± 0,16              | 0,57 | 0,08  | 4,59   |
|           | Espessura (mm)   | 10,41 ± 0,16              | 0,59 | 0,08  | 5,62   |
| Semente   | Comprimento (mm) | 13,68 ± 0,24              | 0,85 | 0,12  | 6,21   |
|           | Largura (mm)     | 9,24 ± 0,12               | 0,43 | 0,06  | 4,7    |
|           | Espessura (mm)   | 5,25 ± 0,18               | 0,65 | 0,09  | 12,42  |
|           | Massa (g)        | 0,35 ± 0,01               | 0,05 | 0,007 | 14,12  |

<sup>1</sup>Intervalo de confiança da média (95%), calculado pela expressão:  $\bar{x} \mp t \frac{S}{\sqrt{n}}$ ;  $n=100$

O comprimento das sementes variou de 11,5 a 15,6 mm, largura de 8 a 9 mm e espessura de 3 a 6,3 mm. Na literatura foi encontrado para o comprimento valores de 12,6 a 17,6 mm (CUNHA; FERREIRA, 2003) e 16 mm (VIEIRA *et al.*, 2008), para a largura foram 8,6 a 11,5 mm (CUNHA; FERREIRA, 2003) e 11 mm

(VIEIRA *et al.*, 2008) para espessura não foram encontrados resultados. Pela classificação relatada por Barbosa (2003), para espécies lenhosas da Caatinga, a semente da espécie classifica-se como sendo de tamanho médio. Esses valores corroboram com os resultados de Cunha e Ferreira (2003), Vieira *et al.* (2008) e os deste estudo.

Com relação à massa das sementes, encontrou-se um valor médio de 0,35 g, com variação de 0,17 a 0,48 g, não sendo encontrados valores desta variável na literatura.

Quanto às divergências biométricas encontradas em frutos e sementes deste trabalho em relação a outros, é natural que isso tenha acontecido, tendo em vista que os locais de coleta de diásporos são diversos, tanto para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (SILVA; MATOS, 1998; LIMA, *et al.*, 2012), como para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (CUNHA; FERREIRA, 2003; VIEIRA *et al.*, 2008).

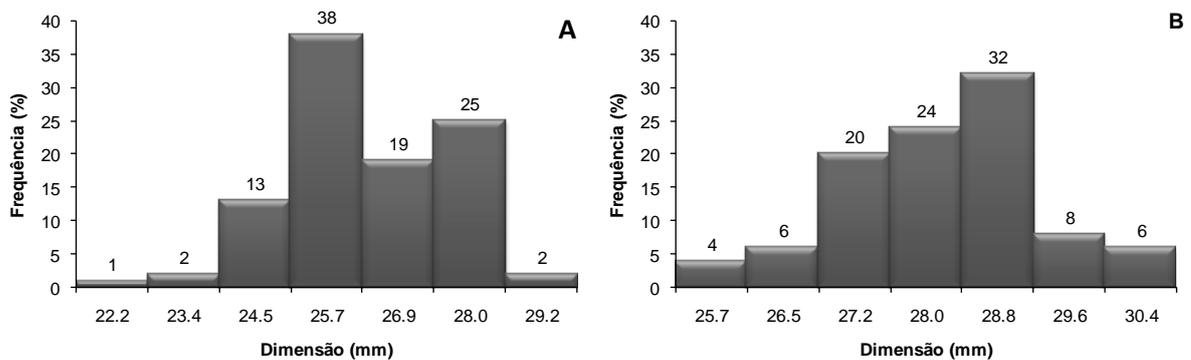
Já as diferenças dentro de uma população podem relacionar-se à diversidade genética nela encontrada, como reportado por Macedo *et al.* (2009) em *Magonia pubescens*, por Nogueira *et al.* (2010) em *Dalbergia cearensis* Ducke, por Reis *et al.* (2010) em *Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore e por Pereira *et al.* (2011) em *Hymenea estigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. Ex Hayne, bem como pode constituir uma resposta adaptativa ao ambiente (VALLADARES; GIANOLI; GÓMEZ, 2007).

O Gráfico 1 (A e B) apresenta a frequência de distribuição para a dimensão das sementes das espécies estudadas. As classes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz variaram de 22,2 a 29,2 mm e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm 25,7 a 30,4 mm. A amplitude de variação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, foi maior que a de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. Espécies iniciais enfrentarão condições de distúrbio para poder colonizar um habitat anteriormente perturbado e uma variabilidade no tamanho da semente pode ser uma estratégia vantajosa para enfrentar condições adversas. Na caatinga a disponibilidade de água é restrita por três ou quatro meses (BARBOSA, 2003), ter uma quantidade de sementes de menor dimensão, pode significar grande vantagem para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, colonizar com mais eficiência áreas perturbadas. Westoby, Jurado e Leishman (1992) questionaram que sementes

menores embebem água com mais eficiência que sementes maiores, o que pode ser explicado devido à maior razão superfície/volume.

Já as sementes maiores podem aumentar a capacidade em se manter em viáveis no solo por possuírem reservas metabólicas que a façam suportar a ausência de recursos ou as variações das condições ambientais (COOMES; GRUBB, 2003; KHURANA; SINGH, 2001). Espécies tardias são ‘competidoras superiores’ (GRIME, 1977, TILMAN, 1994), ou seja, elas passam a dominar o habitat quando as taxas de perturbação são baixas e afetam todas as espécies igualmente, mas uma perturbação constante promove a persistência dos colonizadores superiores.

**Gráfico 1.1** – Frequência da dimensão de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (A) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (B)



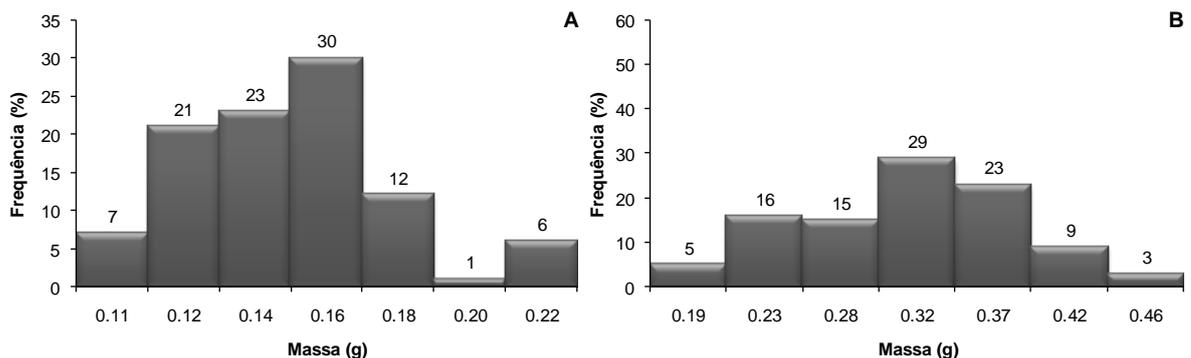
Foi possível dividir a dimensão e massa das sementes das duas espécies estudadas em sete classes. Houve uma distribuição assimétrica negativa moderada para dimensão de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz ( $0,15 < |As| < 1$ ), ou seja, dentro de cada população, sementes maiores de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz ocorrem com mais frequência e uma distribuição nula para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. Mesmo havendo a assimetria negativa, para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz observa-se que as semente dessa espécie apresentam dimensões menores que as de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm.

O valor médio de dimensão encontrado na literatura para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz foi de 21,5 mm (LIMA *et al.*, 2012; SILVA; MATOS, 1998), valor que está abaixo das classes encontradas neste estudo. Para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, o valor médio encontrado na literatura foi de 31,4 mm (CUNHA; FERREIRA, 2003; VIEIRA *et al.*, 2008), acima do valor da última classe

revelada neste estudo. Esses resultados reforçam a hipótese de que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm quanto ao tamanho da semente têm características de espécies inicial e tardia, respectivamente, e ainda colaboram para explicar o fato de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz aparecer com maior frequência e a não ocorrência de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em várias áreas de sucessão secundária.

No Gráfico 2 encontra-se com que frequência cada classe de massa de sementes ocorre. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz apresentou-se com assimetria negativa e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, uma assimetria nula ( $0,15 < |As| < 1$ ), ou seja, sementes pesadas ocorrem com mais frequência nesta espécie.

**Gráfico 1.2** – Frequência da massa de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (A) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (B)



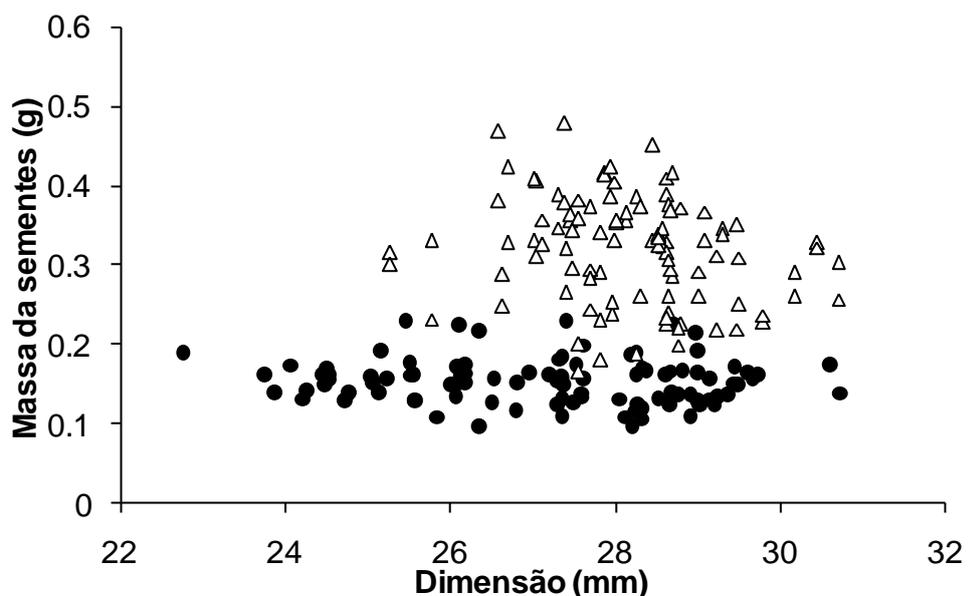
Sobre tamanho e massa, nem sempre, possuir sementes grandes significa mais reservas ou, que sejam mais pesadas. Os resultados de biometria encontrados por Lima *et al.* (2012) para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, revelam que as sementes coletadas por eles eram menores e mais pesadas que as deste estudo. No nível mais básico, a massa das sementes é fundamental para o sucesso de uma planta por causa de sua influência nas características chave da história de vida (FENNER; THOMPSON, 2005). De acordo com Coomes e Grubb (2003) plantas com sementes com menor massa produzem-nas em maior número e portanto, são consideradas colonizadoras superiores.

O Gráfico 1.3 mostra a relação entre dimensão e massa das sementes das espécies estudadas. Observa-se que as sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm apresentaram-se maiores e mais pesadas, o que é característico de espécies tardias.

Vários autores já comprovaram a relação entre tamanho de semente e o estágio sucessional (BUDOWISKY, 1965; BAZZAZ, 1979; WITHIMORE, 1990) para florestas tropicais úmidas, já que o processo de sucessão é comandado pela luz (DOUMA *et al.*, 2012; VALLADARES; NIINEMETS, 2008) e nesses ecossistemas a abertura de uma clareira é uma oportunidade para espécies colonizadoras (BAZZAZ, 1979; TANG *et al.*, 2010).

Em florestas tropicais secas é comum a existência de trabalhos que fazem relação de biometria com a escassez de água (KHURANA; SINGH, 2001; LEISHMAN; WESTOBY, 1994), pois nesses ecossistemas a disponibilidade de água é que comandaria o processo sucessional (LOHBECK *et al.*, 2013; MARKESTEIJN; POORTER, 2009). Porém Kennard (2002) estudando uma cronosequência de uma floresta tropical seca na Bolívia, observou que em áreas com maior cobertura do dossel, as quais estavam em estágios de sucessão avançados e permitiam, portanto, pouca entrada de luz, continham espécies com sementes maiores.

**Gráfico 1.3** – Massa e dimensão de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (●) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (△), duas espécies de floresta tropical seca. ( $n = 100$ )



Em habitats como o da caatinga que experimentam imprevisíveis períodos de déficit hídrico no solo, podendo, segundo Prado (2003) a ausência de chuvas variar de 7 a 11 meses, uma semente menor pode levar sérias vantagens,

visto que sementes maiores alocam mais biomassa para as raízes e isso pode ser uma desvantagem em condições de estresse hídrico (LEISHMAN; WESTOBY, 1994).

Na caatinga a maioria das espécies é decídua, estratégia desenvolvida pelos vegetais para resistir aos períodos secos. Ao cair as primeiras chuvas, ocorre a cobertura da copa, surgimento do estrato herbáceo (BARBOSA, 2003) e em áreas com estágio de sucessão avançada o dossel, em pouco tempo, impede a passagem de luz, além de melhorar as condições de umidade do ar. Nesse momento, onde as taxas de perturbação são baixas e afetam todas as espécies igualmente, aquelas com sementes maiores podem obter vantagem, em relação às menores, por possuir reservas e manterem-se viáveis no solo (COOMES; GRUBB, 2003; KHURANA; SINGH, 2001), além do que, produzem plântulas maiores (MOLES *et al.*, 2005) capazes de resistir à inconsistência das primeiras chuvas, seguidos de períodos secos (VIEIRA *et al.*, 2008).

#### 1.4 CONCLUSÕES

As sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz são menores e mais leves, característica de espécies iniciais e as de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm são maiores e mais pesadas, característica de espécies tardias.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, I.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L.; Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do seridó, RN. **Revista Árvore**, v.33, p.491-499, 2009.
- ARAÚJO, G.M.; ARAÚJO, E.L.; SILVA, K.A.; RAMOS, E.M.N.F.; LEITE, F.V.A.; PIMENTEL, R.M.M. Resposta germinativa de plantas leguminosas da caatinga. **Revista de Geografia**, v.24, p.139-153, 2007.
- BARBOSA, D.C.A.; Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da Caatinga com germinação rápida. *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga**, Recife: Editora Universitária (UFPE), 2003 p.657-693.
- BARBOSA, D.C.A.; BARBOSA, M.C.A.; LIMA, L.C.M. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga**, Recife: Editora Universitária (UFPE), 2003. p.657-693.
- BARBOSA, M.R.V.; LIMA, I.B.; LIMA, J.R.; CUNHA, J.P.; AGRA, M.F.; THOMAS, W.W. Vegetação e flora no Cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.313-322, 2007.
- BAZZAZ, F.A.; Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.287-310, 1979.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009.
- BUDOWSKY, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v.15, p. 40-42, 1965.
- COOMES, D.A.; GRUBB, P. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. **Trends in Ecology and Evolution**, v.18, p. 283-291, 2003.
- CORNELISSEN, J.H.C.; LAVOREL, S.; GARNIER, S.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D.E.; REICH, P.B.; TER STEEGE, H.; MORGAN, H.D.; VAN DE HEIDJEN, M.G.A.; PAUSAS, J.G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v.51, p. 335-380, 2003.
- CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (Arr. Cam) A. C. Smith – Cumaru – Leguminosae Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p. 89-96, 2003.
- DOUMA, J.C.; HAAN, M.W.A; AERTS, R. WITTE, J.P.M; VAN BODEGON, P.M. Succession-induced trait shifts across a wide range of NW European ecosystems are

driven by light and modulated by initial abiotic conditions. **Journal of Ecology**, v.100, p.366–380, 2012.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

EMBRAPA. **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. (Boletim Agrometeorológico, n. 26)

FENNER, M., THOMPSON, K. **The ecology of seeds**, New York: Cambridge University, 2005. 176p.

FIGUEIREDO, J.M.; ARAÚJO, J.M.; PREIRA, O.N.; BAKKE, I.A.; BAKKE, O.A. Revegetation of degraded caatinga sites. **Journal of Tropical Forest Science**, v.24, p.332-342, 2012.

GRIME, J.P. Evidence for the Existence of Three Primary Strategies in Plants and Its Relevance to Ecological and Evolutionary Theory. **The American Naturalist**, v.111, p. 1169-1194, 1977.

GRIZ, L.M.S.; MACHADO, S.C.S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.17, p.303-321, 2001.

GUEDES, R.S.; ZANELLA, F.C.V.; COSTA JÚNIOR, J.E.V.; SANTANA, G.M.; SILVA, J.A. Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 25, p. 99-108, 2012

KENNARD, D.K. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p. 53–66, 2002.

KHURANA, E.; SINGH, J.S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, v.28, p. 39–52, 2001.

LEISHMAN, M.R.; WESTOBY, M. 1994. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions - experimental evidence from semi-arid species. **Journal of Ecology**, v.82, p.249-258, 1994.

LEITE, A.V.; MACHADO, I.C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1374-1380, 2010.

LIMA, C. R.; PACHECO, M. V.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; PACHECO, M. V.; ALVES, E. U.; ALBERICIO PEREIRA DE ANDRADE, A. P. Physiological maturity of fruits and seeds of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Tul.) L.P. Queiroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, p.231-240, 2012.

LOHBECK, M.; POORTER, L.; LEBRIJA-TREJOS, E.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MEAVE, J.A.; PAZ, H.; PÉREZ-GARCÍA, E.A.; ROMERO-PÉREZ, I.E.; TAURO, A.; BONGERS, F. Successional changes in functional composition contrast for dry and wet tropical Forest. **Ecology**, v.94, p.1211-1216, 2013.

MACEDO, M.C.; SCALON, I.P.Q.; SARI, A.P.; SCALON FILHO, H.; ROSA, Y.B.C.J.; ROBAINA, A.D. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST. Hill (Sapindadaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, p.202-211, 2009.

MAIA, N.G. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2 ed. São Paulo: Editora Livro e Arte, 2012. 413p.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought- and shade-tolerance. **Journal of Ecology**, v.97, p.311–325, 2009.

MOLES, T.A; ACKERLY, D.D.; WEBB, C.O.; DICKIE, J.B.; WESTOBY, M. A brief history of seed size. **Science**, v.307, p.576-580, 2005.

MONTEIRO, J.M.; LINS NETO, E.M.F.; AMORIM, E.L.C.; STRATTMANN, R.R.; ARAUJO, E.L.; ALBUQUERQUE, V.P. Teor de taninos em três espécies medicinais arbóreas simpátricas da caatinga. **Revista Árvore**, v.29, p.999-1005, 2005.

NAVAS, M.L.; ROUMET, C.; BELLMMAN, A.; LAURENT, G.; GARNIER, E. Suites of plant traits in species from different stages of a Mediterranean secondary succession. **Plant Biology**, v.12, p.183-196, 2010.

NOGUEIRA, F.C.B.; FILHO, S.M.; GALLÃO, M.I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botânica Brasílica**, v.24, p.978-975, 2010.

PEREIRA, I.M. ANDRADE, L.A.; BARBOSA, M.R.V.; EVERARDO. V.S.B. SAMPAIO, E. V. S. B. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no agreste paraibano, **Acta Botanica Brasílica**, v.16, p. 357-369, 2002.

PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; COSTA, J.R.M.; DIAS, J.M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasílica**, v.14, p.413-426, 2001.

PEREIRA, S.R.; GIRADELLI, G.R.; LAURA, V.A.; SOUZA, A.L.T. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. Ex. Hayne, leguminosae – caesalpinoideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.141-148, 2011.

PRADO, D.E. As caatingas da América do Sul. *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga**, Recife: Editora Universitária (UFPE), 2003. p.657-693.

QUEIROZ, J.A.; TROVÃO, D.M.B.M.; OLIVEIRA, A.B.; OLIVEIRA, E.C.S. Análise da Estrutura Fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, 2006.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009. 913p.

REIS, R. G. E.; BEZERRA, A.M.E.; GONÇALVES, N.R.G; PEREIRA, M.S.; FREITAS, J.B.S. Biometria e efeito da temperatura e tamanho das sementes na protusão do pecíolo cotiledonar de carnaúba. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p. 81-86, 2010.

SANTANA, J.A.S.; SOUTO, J.S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, p.232-242, 2006.

SILVA, L.M.M.; MATOS, V.P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul. – Caesalpinaceae) e de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart. – Rhamanaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, p.25-31, 1998.

TANG, C.Q.; ZHAO, M.H.; LI, X.S.; OHSAWA, M.; OU, X.K. Secondary succession of plant communities in a subtropical mountainous region of SW China. **Ecological Research**, v.25, p.149–161, 2010.

TILMAN, D. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. **Ecology**, v.75, p.2–16, 1994.

VALLADARES, F.; GIANOLI, E.; GÓMEZ, J.M. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. **New Phytologist**, v.176, p.749-763, 2007.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U.I. Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. **Annual Review Ecology and Evolutionary Systems**, v.39, p.237-257, 2008.

VIEIRA, D.L.M.; LIMA, V.V.; SEVILHA, A.C.; SCARIOT, A. Consequences of dry-season seed dispersal on seedling establishment of dry forest trees: Should we store seeds until the rains? **Forest Ecology and Management**, v.256, p.471–481, 2008.

WESTOBY, M.; JURADO, E.; LEISHMAN, M. Comparative evolutionary ecology of seed size. **Trends in Ecology and Evolution**, v.7, p.368-372, 1992.

WHITMORE, T. C. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. *In*: GOMES-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. **Rain forest regeneration and management**. Paris: UNESCO e The Part Eeon Publishing Group, 1990. p.67-89

YU, S.; STERNBERG, M.; KUTIEL, P.; CHEN, H. Seed mass, shape, and persistence in the soil seed bank of Israeli coastal sand dune flora. **Evolutionary Ecology Research**, v.9, p.325–340, 2007.

## **CAPÍTULO 2. GERMINAÇÃO DE *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz E *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE LUZ**

### **RESUMO**

Fatores como temperatura e disponibilidade luz influenciam fortemente o processo de germinação de uma semente. Assim, se *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz for uma espécie inicial, apresentará germinação mais eficiente em temperatura alternada que constante e se *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm for uma espécie tardia, suas sementes de germinarão mais na ausência de luz que na presença. Portanto pretende-se com este capítulo, avaliar a germinação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em diferentes condições de temperaturas e na ausência e presença de luz. Os frutos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm foram coletados manualmente, após o beneficiamento das sementes foram submetidas aos testes de germinação nas temperaturas de: 15, 20, 25, 30 e 15 - 30 °C e as sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 15 - 35 °C. Foram determinados porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e frequência relativa de germinação. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado e as análises de variância feitas sob esquema fatorial (5 x 2) para cada espécie, sendo cinco temperaturas e dois regimes de luz. Para cada tratamento utilizou-se quatro repetições de 25 sementes. Os resultados permitem concluir que ambas as espécies apresentam uma germinação ótima em temperaturas constantes, sendo 25 °C para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e 35 °C para e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm e que a alternância de temperatura não oferece resposta que corrobore com a maior ocorrência de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz em áreas em estágio inicial e final da sucessão secundária. Quanto á presença de luz, ambas as espécies foram capazes de germinar na luz e no escuro, sendo que a previsão de que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm germine mais na ausência de luz que na presença foi corroborada para as temperaturas de 15, 20 e 25 °C, o que pode contribuir para o sucesso da germinação e conseqüentemente favorecer a sua exclusividade em áreas conservadas.

**Palavras-chave:** Velocidade de germinação. Sucessão ecológica. Germinação no escuro. Caatinga.

## ABSTRACT

Factors such as temperature and light availability strongly influence the process of germination of a seed. So if *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz is an initial species present more efficient germination in alternating temperature constant and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm for a late species, their seeds germinate more in the dark than in the presence. Therefore it is intended with this chapter, to evaluate the germination *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm under different temperatures and in the absence and presence of light. The fruits of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm were manually collected after processing the seeds were subjected to germination tests at temperatures of 15, 20, 25, 30 and 15 - 30 ° C and the seeds of *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm at 15, 20, 25, 30, 35 e 15 - 35 ° C. Were determined germination percentage (PG), germination speed index (IVG) , mean germination time (TMG) and relative frequency of germination. The experimental design was randomized and analyzes of variance custom factorial (5 x 2) for each species, five temperatures and two light regimes. For each treatment we used four replicates of 25 seeds. The results indicate that both species have a great germination at constant temperatures, 25 ° C for *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and 35 ° C for and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm and alternating temperature does not reply to corroborate with the highest occurrence of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz in areas initial and final stage of secondary succession. As to the presence of light , both species were able to germinate in light and dark , with the prediction that *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm germinate more in the dark than in the presence was confirmed at temperatures of 15 , 20 and 25 ° C , the that can contribute to the success of germination and consequently promote their uniqueness in conserved areas.

**Keywords:** Speed of germination. Ecological succession. Germination in the dark. Caatinga

## 2.1 INTRODUÇÃO

A germinação pode ser definida pela reidratação dos tecidos da semente, seguida da reativação do metabolismo e conseqüente aparecimento da raiz primária, ou outra estrutura embrionária da superfície do diásporo (SERT; BONATO; SOUZA, 2009). O padrão de germinação reflete o habitat, história de vida, relações filogenéticas e distribuição geográfica para algumas espécies (ELLISON, 2001; SCHÜTZ; RAVE, 1999). Dentre os fatores que influenciam fortemente esse processo encontra-se a temperatura, luz e disponibilidade de oxigênio (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Para avaliar o processo de germinação de sementes submetidas a diferentes fatores abióticos é comum o uso de parâmetros como a porcentagem, o índice de velocidade, o tempo médio, a frequência relativa de germinação e outros (RANAL; SANTANA, 2006). As diferenças entre estes parâmetros caracterizam o comportamento germinativo das espécies. No processo de sucessão ecológica, onde ocorre colonização e extinção contínuas de populações de espécies em um determinado lugar (BAZZAZ, 1979), as diferenças nas exigências de temperatura e luz para a germinação caracterizam as estratégias utilizadas por espécie iniciais e tardias.

Em geral espécies iniciais apresentam dormência e formam um banco de sementes no solo, apresentando uma germinação desuniforme, enquanto as tardias quase nunca apresentam essa característica, é comum a formação de um banco de plântulas apresentando um pico de germinação (JELLER; PEREZ, 1999; MACIEL *et al.*, 2003). Assim, pode-se considerar que para as espécies iniciais a germinação ótima é aquela onde maior porcentagem coincide com o maior tempo médio de germinação. Já para as tardias, o nível em que ocorre maior porcentagem de germinação não é aquele onde há a maior velocidade para que esta ocorra.

Em espécies iniciais flutuações na temperatura são favoráveis à germinação, pelo fato das suas sementes experimentarem uma maior variabilidade ambiental, ao contrário das tardias (BAZZAZ, 1979; BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUES, 2010; VALLADARES; NIINEMETS, 2008). A temperatura pode alterar acentuadamente a germinação (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004) por influenciar a absorção de água pela semente e as reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido neste processo, principalmente a entrada de oxigênio até o

embrião, afetando a porcentagem, velocidade de germinação, viabilidade, e quebra ou indução de dormência (BRÄNDEL; SCHÜTZ, 2005).

De maneira geral, espécies tropicais germinam em temperaturas mais elevadas que espécies de ambientes temperados (FENNER; THOMPSON, 2005). Levando em consideração que a germinação eficiente é aquela onde ocorre a maior porcentagem e maior velocidade de germinação, destaca-se a temperatura ótima de algumas espécies arbóreas da caatinga: *Tabebuia aurea* é de 35 °C (CABRAL, BARBOSA, SIMABUKURO, 2003), *Mimosa caesalpiniaefolia* é de 25 °C (ALVES *et al.*, 2002), *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm é de 30 e 35 °C (GUEDES *et al.*, 2010), *Senna spectabilis* é entre 24 e 27 °C (JELLER; PEREZ, 1999) e *Myracrodruon urundeuva* que apresentou maior porcentagem de germinação a 15, 20, 25 e 30 °C e maior velocidade a 35 °C (SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002).

Espécies podem requerer alternância de temperaturas para obter sua germinação ótima (GODOI; TAKAKI, 2004), isso foi detectado por Brancalion, Novembre e Rodrigues (2010), nos ecossistemas da Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. Para espécies nativas da caatinga, isso aconteceu com *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz que apresentou germinação mais eficiente em temperaturas alternadas (20-30 e 20-35 °C), que constantes (LIMA *et al.*, 2011), mas não aconteceu com as sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm e *Myracrodruon urundeuva* (ALVES *et al.*, 2002; GUEDES *et al.*, 2010; SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002).

A luz afeta os aspectos relacionados à germinação, regulando-a através de fotoreceptores, particularmente, aqueles da família do fitocromo (ALLEN *et al.*, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2004). De acordo com Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes (1989), as sementes podem ser classificadas em fotoblásticas positivas quando a germinação é beneficiada pela luz, fotoblásticas negativas quando a germinação é inibida pela luz e fotoblásticas neutras quando são indiferentes à luz. Estas últimas são frequentemente encontradas em florestas decíduas onde a perda de folhas é uma característica peculiar, como estratégia de resistir à ausência de chuvas (HAYDEN; GREENE; QUESADA, 2010). Com a chegada do período chuvoso as folhas voltam a rebrotar ocorrendo o fechamento da copa (HUANTE; RINCÓN, 1998; MURPHY; LUGO, 1986), como acontece na caatinga por dois a quatro meses (BARBOSA, 2003).

Assim, é possível encontrar neste ecossistema sementes com fotoblastismo neutro, ou seja, com grandes porcentagens de germinação na luz e no escuro, como acontece com as espécies de *Tabebuia aurea*, *Licania rigida* e *Myracrodruon urundeuva* (CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2003; DINIZ *et al.*, 2008; SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002) sendo que esta última apresentou maior porcentagem de sementes germina na ausência de luz.

Na caatinga ao observar a ocorrência mais freqüente de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz em áreas em processo inicial de sucessão secundária e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm quase não ser encontrada nessas áreas, e por vezes ser exclusiva de áreas conservadas (FIGUEIREDO *et al.*, 2012; SANTANA; SOUTO, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2007 e outros), percebe-se que pode haver uma diferença de estratégias de regeneração entre as espécies. A temperatura ótima de germinação, bem como, sua interação com a luz podem ser determinantes para identificar seu estágio sucessional.

Assim, acredita-se que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, apresente germinação mais eficiente em temperatura alternada que constante e que as sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm germinem mais na ausência de luz que na presença. Portanto pretende-se com este Capítulo, avaliar a germinação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em diferentes condições de temperaturas e na ausência e presença de luz.

*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz é uma espécie da família Fabaceae, é uma árvore endêmica da Caatinga (MONTEIRO *et al.*, 2005), popularmente conhecida como catingueira e atinge até 12 m de altura (MAIA, 2012). Segundo Barbosa, Barbosa e Lima (2003) esta espécie apresenta fruto de consistência seca, a semente é a unidade de dispersão, caracterizando-se como autocórica. A floração e a frutificação ocorrem do período chuvoso para o seco (GRIZ; MACHADO, 2001; AMORIM *et al.*, 2009; LEITE; MACHADO, 2010). A espécie apresenta grande potencial para colonização de áreas degradadas (QUEIROZ, 2009; FIGUEIREDO *et al.*, 2012)

A espécie *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm também é da família Fabaceae, é uma árvore endêmica da Caatinga, popularmente conhecida como cumaru, atinge até 12 m de altura (MAIA, 2012). Segundo Barbosa, Barbosa e Lima (2003) esta espécie apresenta fruto de consistência seca, a semente é a unidade de

dispersão, caracterizando-se como anemocórica. A floração ocorre no período chuvoso e a frutificação no período seco (BARBOSA; BARBOSA; LIMA, 2003; AMORIM *et al.*, 2009).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Preparo de exsicatas

Amostras de ramos com flores e frutos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm foram coletadas de plantas matrizes, em 2010, localizadas em área de caatinga na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC) em Pentecoste, Ceará. O município fica entre os paralelos os 3°45' e 3°50' de latitude Sul e os meridianos 39°15' e 39°30' de longitude Oeste, com altitude média de 47 m e clima classificado, pelo sistema internacional de Köppen, como BSw'h', semiárido com chuvas irregulares. O solo, classificado como Neossolo Flúvico, apresenta textura franco-arenosa na camada de 0 a 0,70 m (EMBRAPA, 2006). A precipitação média anual é de 801 mm, a evaporação de 1.475 mm, a temperatura média anual em torno de 27,1°C e a umidade relativa do ar de 73,7% (EMBRAPA, 2001). Após a coleta, o material botânico foi herborizado e as espécies foram depositadas como exsicatas, respectivamente, sob números 53083 e 53082 no Herbário Prisco Bezerra – EAC, pertencente ao Departamento de Biologia da UFC.

### 2.2.2 Coleta de frutos

Os frutos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm foram coletados manualmente, colocados em sacos de estopa e levados para o Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias, da UFC, Fortaleza, Ceará, onde foi realizado o beneficiamento. Foram excluídas do experimento as sementes danificadas e deformadas. A coleta aconteceu no período de frutificação de cada espécie que para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz foi em julho de 2011 e para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm foi em setembro 2012.

### 2.2.3 Experimento de temperatura e luz

As sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz foram submetidas aos testes de germinação nas temperaturas de: 15, 20, 25, 30 e 15 - 30 °C e as sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 15 - 35 °C. Os testes de germinação foram realizados em germinadores tipo B.O.D, em escuro contínuo e com fotoperíodo de 12 horas, no caso das temperaturas contínuas, a luz foi fornecida por lâmpadas fluorescentes de

20 w (luz branca) localizadas no interior dos germinadores e no caso das temperaturas alternadas (15 – 30 °C e 15 – 35 °C) o período luminoso correspondeu à temperatura mais elevada.

As sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz precisaram ser escarificadas em lixa nº 80, por apresentarem dormência física (ALVES *et al.*, 2007). Antes de serem levadas aos germinadores as sementes das duas espécies foram tratadas com hipoclorito de sódio 2% por 15 minutos, lavadas abundantemente com água da torneira e três lavagens com água destilada. Em seguida foram colocadas em rolo de papel germitest, com duas folhas para a base e outra para a cobertura, umedecido com água destilada até 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos transparente, de 0,04 mm de espessura com a finalidade de evitar a perda de água por evaporação. Para a obtenção do escuro contínuo os rolos foram enrolados em papel alumínio e colocados dentro de sacos pretos. Foram determinados:

- Porcentagem de germinação (PG) pela equação (1):

$$PG = \frac{N}{t} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$N$  = número de sementes germinadas;

$t$  = número de sementes semeadas.

- Índice de velocidade de germinação (IVG) pela equação (2):

$$IVG = \frac{\sum_{i=1}^k ni}{\sum_{i=1}^k ti} \quad (2)$$

Onde:

$ni$  = número de sementes germinadas na  $i$ -ésima contagem;

$ti$  = tempo entre o início do experimento e a  $i$ -ésima contagem.

- Tempo médio de germinação (TMG) pela equação (3):

$$TMG = \frac{\sum_{i=1}^k niti}{\sum_{i=1}^k ni} \quad (3)$$

Onde:

$ni$  = número de sementes germinadas na  $i$ -ésima contagem;

$ti$  = tempo entre o início do experimento e a  $i$ -ésima contagem.

- Frequência relativa de germinação ( $fi$ )

$$f_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (4)$$

Onde:

$n_i$  = número de sementes germinadas na  $i$ -ésima contagem

O período de duração dos testes de germinação foi de até oito dias para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz e de até 30 dias para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. As contagens de sementes germinadas foram efetuadas diariamente e foi adotado como critério a emissão da raiz primária com comprimento igual ou maior que 0,5 cm. Para os tratamentos referentes à ausência de luz, as contagens foram feitas sob luz verde de segurança.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado e as análises de variância feitas sob esquema fatorial (5 x 2) para cada espécie, sendo cinco temperaturas e dois regimes de luz. Para cada tratamento utilizou-se quatro repetições de 25 sementes.

Antes da análise estatística os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, quando não apresentaram-se normais foram transformados por log X. A comparação entre as médias foi feita com a aplicação do teste de Tukey, a 5% e 1% de probabilidade.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz

As sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz germinaram entre 15 e 30 °C, sendo as temperaturas cardiais, a mínima de 15 °C e a máxima de 30 °C determinadas pela ausência de germinação a 10 e 35 °C, tanto na luz quanto no escuro. Esses resultados estão dentro dos valores de temperatura encontrados para outras espécies da caatinga (ALVES *et al.*, 2002; CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2003; DINIZ *et al.*, 2008), entretanto temperatura máxima foi menor que a encontrada por Lima *et al.* (2011) para esta espécie, que verificou apenas 21% de germinação a 35 °C .

Os resultados da análise de variância de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz apresentados na Tabela 2.1 revelaram que houve interação entre os fatores luz e temperatura para o IVG e o TMG. Quanto à PG a presença ou ausência de luz nas cinco temperaturas, não influenciou a germinação, porém houve diferenças significativas entre as temperaturas.

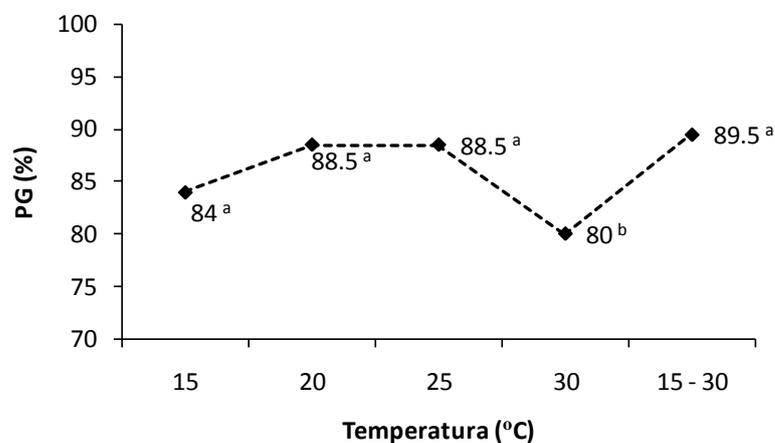
**Tabela 2.1** – Resumo da análise de variância de porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência de luz

| Fontes de variação | GL | Quadrado médio      |                     |                     |
|--------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|
|                    |    | PG                  | IVG                 | TMG                 |
| Temperatura (T)    | 4  | 125,6*              | 27,805**            | 3,945**             |
| Luz (L)            | 1  | 1,6 <sup>ns</sup>   | 0,147 <sup>ns</sup> | 0,176 <sup>ns</sup> |
| Interação T x L    | 4  | 101,6 <sup>ns</sup> | 1,903*              | 0,211**             |
| Resíduo            | 30 |                     |                     |                     |
| CV (%)             | -  | 7,9                 | 8,8                 | 5,1                 |

\*, \*\* valor significativo a 5 e 1%, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo; GL=graus de liberdade; CV=coeficiente de variação.

No gráfico 2.1 têm-se as médias de PG de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz. A melhor PG ocorreu nas temperaturas de 15, 20, 25 °C e a alternada (15 – 30 °C), porém pela comparação das médias da interação dos fatores temperatura e luz (Tabela 2.2), somente a 25 °C foram observados os maiores valores de IVG, assim esta temperatura proporcionou alta germinabilidade e menor tempo de germinação. Essa característica não é típica de sementes que formam banco no solo e apresentam dormência, neste caso, a germinação ocorreria ao longo do tempo (BORGES *et al.*, 1982; FOWLER; BIANCHETTI, 2000; JELLER; PEREZ, 1999), porém ressalta-se que a dormência das sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz foi quebrada, o que se justifica pela presença de dormência secundária e pela importância do banco de sementes em florestas tropicais secas.

**Gráfico 2.1** - Porcentagem de Germinação (PG) de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz submetidas a diferentes condições de temperatura e luz.



A 10 e 35 °C as sementes não germinaram

Alves *et al.* (2007) afirmam que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz é uma espécie que apresenta sementes dormentes e Barbosa (2003) relatou em seu trabalho, que a germinação do tratamento sem dormência, foi superior aos tratamentos com quebra da dormência, justificando a não aplicação de tratamento para ativar a germinação. Entretanto, em ambos os trabalhos não foi descrito o tempo decorrido entre a colheita da semente e o início dos testes, bem como o teor

de água inicial da semente. Isso sugere que a semente de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz pode não germinar ao desprender-se da planta mãe, não por apresentar dormência, mas por ser quiescente, ou seja, a ausência de requisitos mínimos impede a germinação (CARDOSO, 2004; FENNER; THOMPSON, 2005), e a inibição prolongada da germinação resulta na dormência secundária, a qual impede que a semente germine quando as condições ambientais já estão favoráveis (HILHORST, 2007).

**Tabela 2.2** - Índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) em dias de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência luz.

| Temperatura<br>(°C) | IVG                |                    | TMG               |                   |
|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|                     | Luz                | Escuro             | Luz               | Escuro            |
| 15                  | 4,7 <sup>cB</sup>  | 5,9 <sup>cA</sup>  | 4,4 <sup>aA</sup> | 3,8 <sup>aB</sup> |
| 20                  | 7,6 <sup>bA</sup>  | 6,8 <sup>cA</sup>  | 3,1 <sup>bA</sup> | 3,2 <sup>bA</sup> |
| 25                  | 10,9 <sup>aA</sup> | 10,0 <sup>aA</sup> | 2,2 <sup>cA</sup> | 2,3 <sup>dA</sup> |
| 30                  | 7,5 <sup>bA</sup>  | 8,4 <sup>bA</sup>  | 3,0 <sup>bA</sup> | 2,7 <sup>cB</sup> |
| 15 – 30             | 8,2 <sup>bA</sup>  | 8,6 <sup>bA</sup>  | 2,9 <sup>bA</sup> | 2,8 <sup>cA</sup> |

A 10 e 35 °C as sementes não germinaram. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre temperaturas e pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre luz e escuro, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Em uma floresta tropical seca clímax de Moçambique, Campbell *et al.* (1990) registraram que a chuva de sementes foi mais importante para o processo de sucessão que o banco. Em ambientes com períodos de escassez de água a dormência pode ser vantajosa, desde que a semente não seja predada e não perca sua viabilidade (ALVAREZ-BUYLLA; MARTINEZ-RAMOS, 1990; CECCON; HUANTE; RINCÓN, 2006). Na Caatinga tudo indica que as sementes de várias espécies perdem a sua viabilidade rapidamente por possuírem tegumentos ou endocarpos menos resistentes e pela época de dispersão das mesmas (BARBOSA, 2003).

No tegumento da semente de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz há a presença do pleurograma, a partir do qual o tegumento se rompe quando submetido à temperatura alta (MELLO-PINA; NEIVA; BARBOSA, 1999), essa característica pode agir a favor do recrutamento da espécie, pois esta frutifica do período chuvoso para o seco (GRIZ; MACHADO, 2001; AMORIM *et al.*, 2009; LEITE; MACHADO, 2010), e suas sementes podem formar banco no solo entrando em processo de dormência. Khurana e Singh (2001) afirmam que a dormência pode suprir o efeito demográfico negativo da falha reprodutiva e permitir que a espécie evite condições ambientais desfavoráveis para o potencial estabelecimento das plântulas, porém Alvarez-Buylla e Martinez-Ramos (1990) questionam o longo período de persistência da espécie no banco de semente do solo, tendo em vista o ataque de patógenos e predadores que mediam os efeitos da dispersão de espécies iniciais.

Os resultados deste estudo referem-se à capacidade de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz germinar após a quebra da dormência ou ao fato de que, logo que as sementes se desprendem da planta mãe encontram condições favoráveis para germinar. Sendo assim, a temperatura de 25 °C caracteriza-se como ótima para germinação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz por proporcionar um alto IVG e alta germinabilidade.

Lima *et al.* (2011) observaram em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz que a PG obtidas da temperatura de 25 °C e da alternada de 20 – 35 °C foram iguais (média = 68%), porém o IVG na alternada (9,12) foi maior que a constante de 25 °C (6,1). No presente estudo, a temperatura ótima foi a constante de 25 °C com 80% de germinação e IVG igual a 10. A divergência dos resultados, tanto quanto à PG e IVG, como para a diferença entre constante e alternada pode ter explicação no tipo de substrato utilizado por Lima *et al.* (2011), que foi areia, bem como na escolha da temperatura alternada, ambos são diferentes dos deste estudo. O substrato afeta o processo germinativo (CARVALHO; NAKAWA, 2000) por apresentar diferentes características de potencial hídrico e capacidade de condução térmica (WAGNER-JÚNIOR *et al.*, 2006).

Observa-se que as sementes não apresentaram necessidade da presença ou ausência de luz para que ocorresse a germinação, caracterizando suas sementes como fotoblásticas neutras. Isto indica que esta espécie pode germinar tanto em clareiras, como sob dossel denso. O mesmo aconteceu para *Tabebuia*

*aurea* e *Licania rigida*, que germinaram tanto na luz quanto no escuro (CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2003; DINIZ *et al.*, 2008). Ambas as espécies possuem crescimento rápido e são típicas de matas ciliares em regiões de baixa pluviosidade (DINIZ *et al.*, 2008; QUEIROZ, 2009). A exposição à luz muda as condições internas da semente, de modo que ela seja capaz de germinar no escuro (FENNER; THOMPSON, 2005). Na temperatura de 15 °C o escuro acelerou a germinação que durou 3,8 dias, em relação às da luz, 4,4 dias.

A luz não afetou a quantidade de sementes germinadas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, mas influenciou na sua velocidade. O escuro proporcionou às sementes menos tempo de germinação na temperatura de 15 e 30, indicando que a ausência de luz pode acelerar o processo de germinação da espécie, dependendo da temperatura.

### **2.3.2 *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm**

As sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm germinaram entre 15 e 35 °C, sendo as temperaturas cardeais, a mínima de 15 °C e a máxima de 35 °C determinadas pela ausência de germinação a 10 e 40 °C, tanto na luz como no escuro. Esses resultados estão dentro dos valores de temperatura encontrados para outras espécies da caatinga (ALVES *et al.*, 2002; CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2003; SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002). Guedes *et al.* (2010) também observaram uma temperatura máxima de 35 °C para a germinação de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, verificando as melhores porcentagens de germinação a 30 e 35 °C.

Os resultados da análise de variância de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm apresentados na Tabela 2.3 revelaram que houve interação entre os fatores luz e temperatura para a PG e o TMG. Quanto ao IVG a presença ou ausência de luz nas cinco temperaturas, não influenciou a germinação, porém houve diferenças significativas entre as temperaturas.

Pela comparação das médias da interação dos fatores temperatura e luz (Tabela 2.4) observa-se que os maiores valores de TMG foram a 35 °C, nesta temperatura também houve a maior PG, bem como um menor tempo de germinação, constatando-se que 35 °C é a temperatura ótima para a germinação da espécie. Concordando com o trabalho de Guedes *et al.* (2010), que avaliaram diferentes temperaturas e substratos para germinação de *Amburana cearensis*

(Allemão) A.C. Sm, verificando que sementes submetidas às temperaturas constantes (30 e 35 °C) e alternada (20 – 30 °C) em substrato areia, não apresentaram diferenças significativas na germinação, com PG = 75% e IVG = 1,9, neste trabalho a 35 °C a PG e IVG foram em torno de 87% e 3,7, respectivamente. O que também pode ser justificado pelas diferenças no uso de um substrato e de temperaturas alternadas.

**Tabela 2.3** – Resumo da análise de variância de porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência de luz

| Fontes de variação | GL | Quadrado médio |                     |                     |
|--------------------|----|----------------|---------------------|---------------------|
|                    |    | PG             | IVG                 | TMG                 |
| Temperatura (T)    | 5  | 674,161**      | 7,65**              | 104,820**           |
| Luz (L)            | 1  | 230,563**      | 0,010 <sup>ns</sup> | 0,174 <sup>ns</sup> |
| Interação T x L    | 5  | 136,21**       | 0,180 <sup>ns</sup> | 4,509**             |
| Resíduo            | 36 |                |                     |                     |
| CV (%)             | -  | 6,0            | 11,2                | 5,8                 |

\*, \*\* valor significativo a 5 e 1%, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo; GL=graus de liberdade; CV=coeficiente de variação.

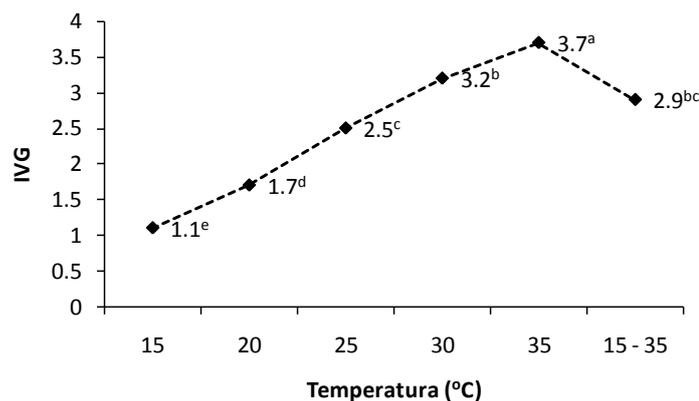
**Tabela 2.4** – Porcentagem de Germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência luz.

| Temperatura (°C) | PG               |                  | TMG                |                     |
|------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------|
|                  | Luz              | Escuro           | Luz                | Escuro              |
| 15               | 62 <sup>bB</sup> | 69 <sup>cA</sup> | 18,7 <sup>aA</sup> | 16 <sup>aB</sup>    |
| 20               | 64 <sup>bB</sup> | 80 <sup>bA</sup> | 12,6 <sup>bA</sup> | 12,1 <sup>bA</sup>  |
| 25               | 80 <sup>aB</sup> | 90 <sup>aA</sup> | 9,9 <sup>cB</sup>  | 11,1 <sup>bcA</sup> |
| 30               | 85 <sup>aA</sup> | 85 <sup>aA</sup> | 8,5 <sup>cA</sup>  | 8,2 <sup>dA</sup>   |
| 35               | 87 <sup>aA</sup> | 81 <sup>aA</sup> | 6,9 <sup>dA</sup>  | 7,3 <sup>dA</sup>   |
| 15 - 35          | 90 <sup>aA</sup> | 88 <sup>aA</sup> | 9,3 <sup>cB</sup>  | 10,7 <sup>cA</sup>  |

A 10 e 40 °C as sementes não germinaram. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre temperatura e pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre luz e escuro, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A temperatura alternada não apresentou diferenças quanto à PG, mas a presença de luz proporcionou nesta temperatura uma diminuição do TMG, diminuindo-o de 10,7 dias no escuro, para 9,3 dias na luz e este valor foi melhor que os das temperaturas constantes mais baixas de 15 e 20 °C (18,7 e 12,6 dias, respectivamente), mas não que o TMG da temperatura de 35 °C (6,9 dias). No Gráfico 2.2 observa-se que a velocidade de germinação aumenta com o aumento da temperatura e na alternada este índice é similar às temperaturas de 25 e 30 °C. Em temperatura mais baixa, o metabolismo é reduzido e a germinação ocorre em um período mais longo (AMARAL; PAULILO, 1992). Por outro lado, em temperatura mais elevada a velocidade de absorção de água e das reações químicas é maior, e as sementes germinam mais rapidamente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

**Gráfico 2.2** – Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm submetidas a diferentes condições de temperatura e presença e ausência de luz



A 10 e 40 °C as sementes não germinaram. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Não houve necessidade da presença ou ausência de luz para que ocorresse a germinação, entretanto nas temperaturas de 15, 20 e 25 °C, a maioria

das sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (69, 80 e 90%, respectivamente) germinou no escuro. Este comportamento também foi observado por Silva, Rodrigues e Aguiar (2002) em *Myracrodruon urundeuva* em todas as temperaturas testadas que variaram de 15 a 35 °C com amplitude de 5 °C, sendo que a 35 °C, onde houve o maior IVG, as sementes não apresentaram uma maior germinabilidade. Um estudo em floresta tropical seca da Jamaica mostrou que a proporção de sementes que germinaram em parcelas muito sombreadas (6 e 37% de luz) foi o dobro daquelas com 86% de luz (McLAREN; McDONALD, 2003).

Na temperatura mais baixa (15 °C) verifica-se que o escuro acelerou a germinação das sementes que durou 16 dias em relação às da luz, 18,7 dias, assim como ocorreu para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz. Em sementes de *Tabebuia aurea* e *Licania rigida* o escuro não proporcionou aumento na germinação (CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2003; DINIZ *et al.*, 2008).

Dentre as previsões relatadas neste estudo para explicar a maior ocorrência de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz em áreas em estágio inicial e final da sucessão secundária e o favorecimento de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em áreas conservadas, as temperaturas alternadas selecionadas para a germinação de ambas as espécies não ofereceram respostas que confirmem esta previsão. Algumas espécies podem requerer alternância de temperaturas para obter sua germinação ótima (GODOI; TAKAKI, 2004), isso foi detectado por Brancalion, Novembre e Rodrigues (2010), nos ecossistemas da Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. Na caatinga o que observa-se, é que alternância de temperatura não aumenta ou acelera a germinação, mas não é possível afirmar isso com precisão, visto que não foi observado diferenças significativas entre temperaturas constantes e alternadas para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, *Mimosa caesalpinifolia* e *Myracrodruon urundeuva* (GUEDES *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2002; SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002), mas para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz no trabalho de Lima *et al.* (2011) a temperatura alternada foi melhor e no presente estudo as temperaturas alternadas não apresentaram germinação ótima, para ambas as espécies.

Os resultados deste trabalho somado aos resultados dos trabalhos citados demonstram que existe uma necessidade de mais testes de germinação em temperaturas alternadas com diferentes amplitudes térmicas, tanto para as espécies citadas neste estudo como para muitas outras da caatinga que ainda não se

conhece o comportamento de germinação em diferentes temperaturas. Identifica-se também, com este estudo, que existe uma necessidade de padronização dos estudos com temperaturas alternadas, sendo indicado comparar as constantes com todas as temperaturas alternadas possíveis e observar a influência da luz no comportamento germinativo.

As duas espécies foram capazes de germinar na luz e no escuro, ou seja, são fotoblásticas neutras. Quanto à previsão de que a maioria das sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm germine mais na ausência de luz que na presença, isso foi confirmado somente para as temperaturas 15, 20 e 25 °C. A temperatura média encontrada da caatinga é de 26 °C (NIMER, 1989) e embora na maior parte do ano a entrada de luz neste ecossistema seja intensa, após o início do período chuvoso as folhas rebrotam, surge o estrato herbáceo (BARBOSA, 2003) e o dossel se fecha impedindo que a luz chegue até a superfície do solo, nesta situação uma espécie na qual suas sementes germinem melhor no escuro pode ser vantajosa, como ocorreu em *Myracrodruon urundeuva* (SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002), esta espécie é bem similar à *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em termos de ocorrência em áreas de sucessão, apresentando baixa densidade em áreas conservadas a mais de 20 anos (BARBOSA *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2002). Portanto a maior porcentagem de germinação no escuro pode ser uma característica que favoreça a ocorrência de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em áreas em estágio avançado de processo de sucessão secundária.

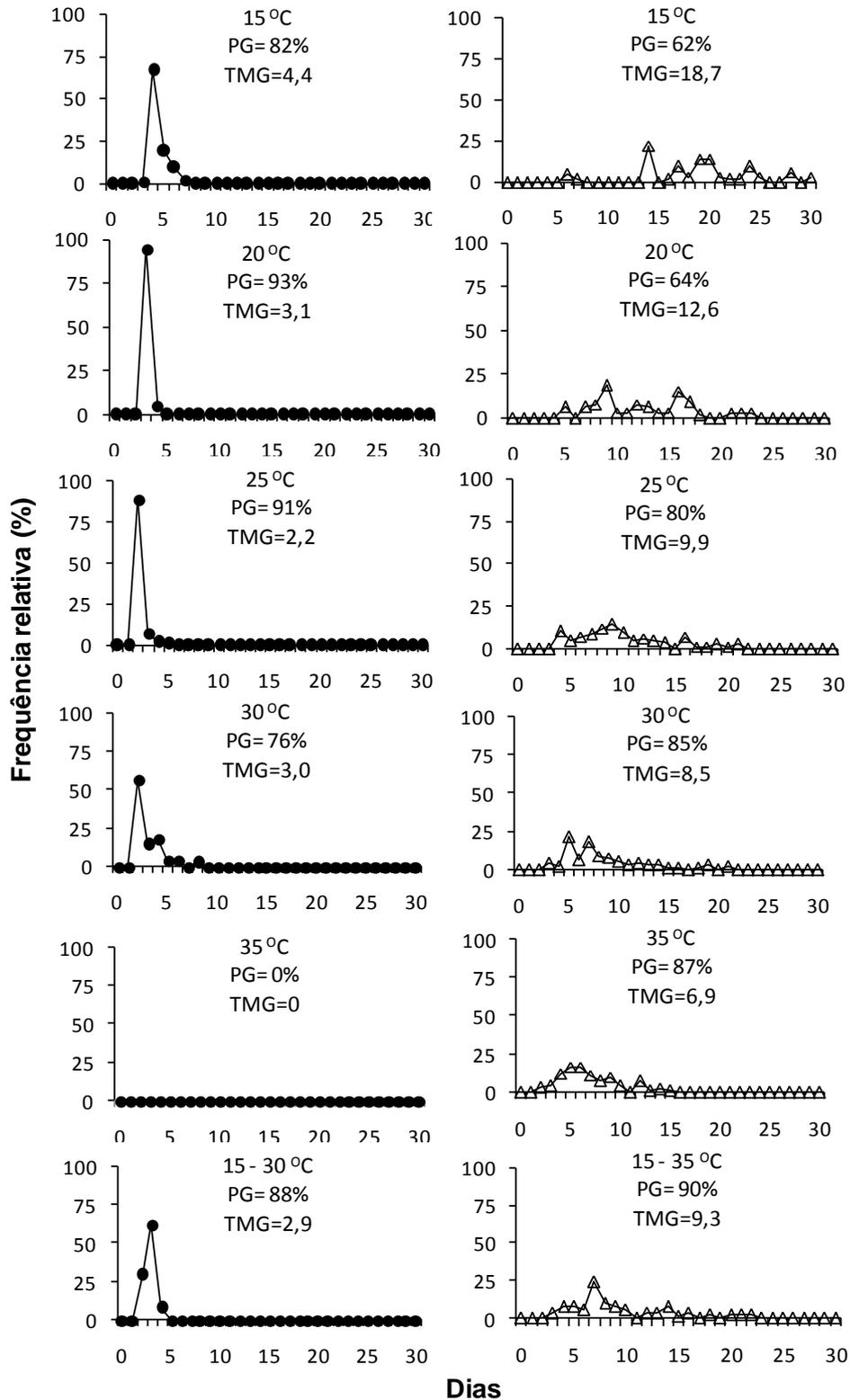
É possível visualizar como ocorreu a germinação das duas espécies em função do tempo, na luz (Gráfico 2.2) bem como, no escuro (Gráfico 2.3). É interessante notar acontece um único pico de germinação com as sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, apresentando neste pico, em geral mais de 50% de germinação, em algumas temperaturas como nas de 20 e 25 °C quase 100%. Outro aspecto é que a sua alta frequência relativa da germinação, ocorre antes do quinto dia. Barbosa (2003) considerou *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz uma espécie de germinação rápida com 70 a 85% de germinação aos cinco dias, resultados que concordam com o deste estudo.

As sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, não apresentaram um pico, mas sim, uma frequência de germinação no tempo, alcançando um máximo de germinação de 25% em um dia. De acordo com Barbosa (2003), na caatinga é vantajoso que as espécies apresentem um maior percentual

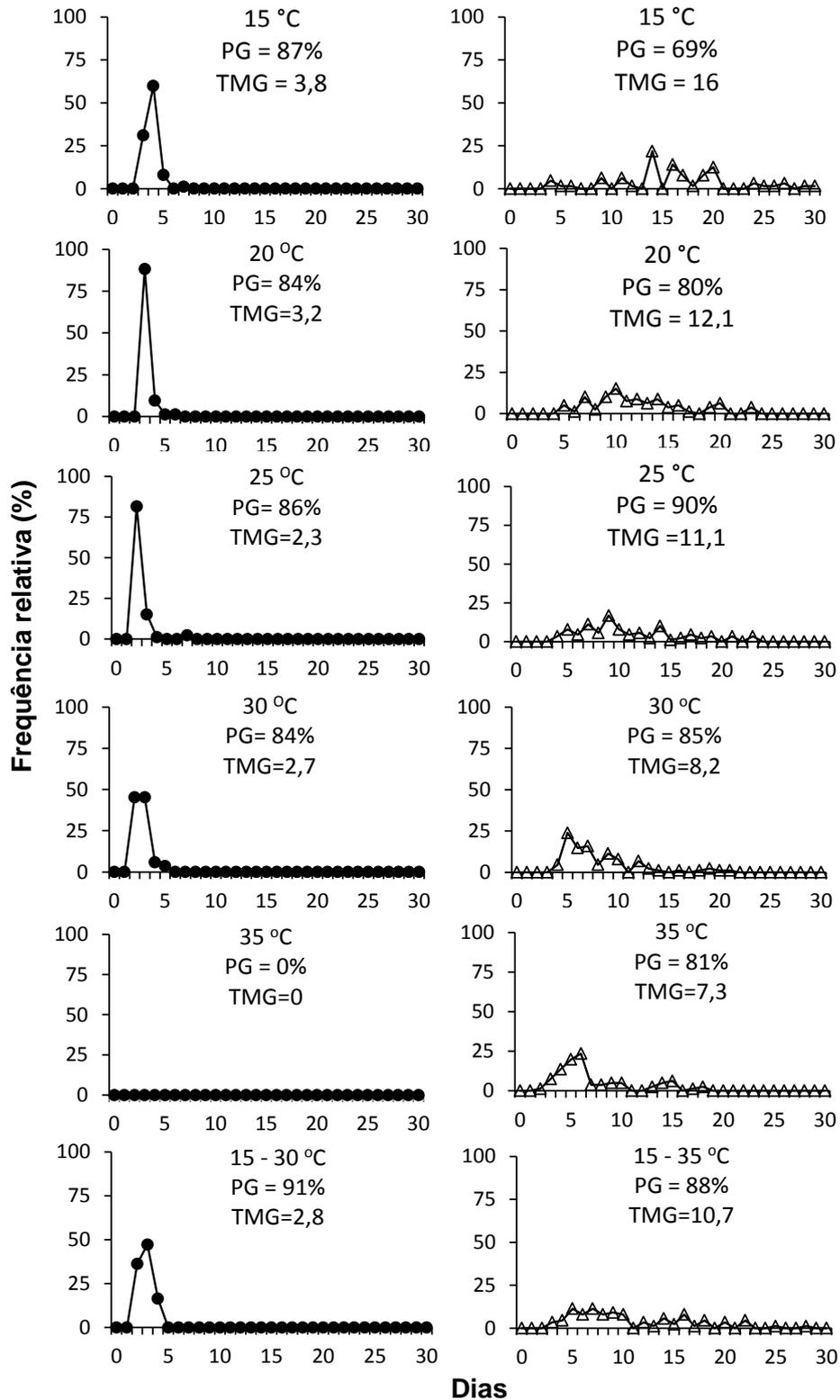
de germinação, dentro de um menor intervalo de tempo, pois isso permite que as sementes escapem de predadores e ofereçam maiores chances de sobrevivência às plântulas. Porém, deve-se considerar que um maior tempo médio de germinação pode conferir vantagem às sementes de espécies como as de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. Em florestas tropicais secas a precipitação é altamente variável entre os anos e períodos de seca são frequentes durante a estação chuvosa (MURPHY; LUGO, 1986; SAMPAIO, 1995), assim muitas vezes é preciso ter estratégias de escape à ausência de chuvas, germinar rapidamente pode significar um risco, se ocorrer uma supressão de chuvas. Períodos de seca de até duas semanas acontecem no início da estação chuvosa e o início exato dessa estação é imprevisível (HAYDEN; GREENE; QUESADA, 2010) e o retardo na germinação seria uma estratégia que poderia garantir o sucesso da plântula.

As temperaturas ótimas encontradas neste estudo para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, foram de 25 e 35 °C, respectivamente. Estas temperaturas proporcionaram maior PG e IVG pra essas espécies. Percebe-se que a germinação ideal de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm requer 10 °C a mais que a temperatura requerida por *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, o que não justificaria a sua menor frequência em áreas conservadas, pois em condições de sub-bosque predominam amplitudes térmicas menores. Porém, como já foi discutido, as sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, podem apresentar dormência secundária, o que lhe confere a capacidade de se manter viável no solo ao se dispersarem no início do período seco até à chegada das chuvas, característica não observada em *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. Chesson e Warner (1981) e Satterthwaite (2010) mostraram que a dormência pode aumentar a habilidade de um competidor inferior em resistir a exclusão em ambientes variantes. A dormência de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz pode ser mais importante para a sua maior ocorrência que a temperatura para sua germinação contudo, isso não pode ser avaliado neste trabalho, visto que as sementes tiveram sua dormência quebrada antes de serem submetidas aos tratamentos de temperatura e luz. Além do que, outros fatores como massa de sementes, tolerância à sombra, estresse hídrico e predação podem relacionar-se ao sucesso de uma espécie.

**Gráfico 2.3** – Frequência relativa da germinação das sementes de *Poincianella pyramidalis* (Pul.) L.P.Queiroz (●) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (▲) na luz em diferentes temperaturas. PG = porcentagem média de sementes germinadas e TMG = tempo médio de germinação (dias)



**Gráfico 2.4** – Frequência relativa da germinação de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Pul.) L.P.Queiroz (●) e *Anthurana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (▲) no escuro em diferentes temperaturas. PG = porcentagem média de sementes germinadas e TMG = tempo médio da germinação (dias)



## 2.4 CONCLUSÕES

A avaliação da germinação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em diferentes condições de temperaturas e na ausência e presença de luz, permite concluir que ambas as espécies apresentam uma germinação ótima em temperaturas constantes, sendo 25 °C para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e 35 °C para e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm e que a alternância de temperatura não oferece resposta que corrobore com a maior ocorrência de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz em áreas em estágio inicial e final da sucessão secundária. Quanto a esse aspecto é necessário que haja uma maior investigação com diferentes amplitudes térmicas para os testes de germinação.

Porém, pode-se sugerir que a dormência secundária em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz possa contribuir para a sua alta densidade em áreas em estágio inicial de sucessão, bem como ao fato de sua densidade de indivíduos, ser maior que a de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, em áreas com estágios avançados.

Quanto à presença de luz, ambas as espécies foram capazes de germinar na luz e no escuro, sendo que a previsão de que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm germine mais na ausência de luz que na presença foi corroborada para as temperaturas de 15, 20 e 25 °C, o que pode contribuir para o sucesso da germinação e conseqüentemente favorecer a sua exclusividade em áreas conservadas.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, P.S.; BENECH-ARNOLD, R.L.; BATLLA, D.; BRADFORD, K.J.; Modeling of seed dormancy. *In*: BRADFORD, K.J.; NONOGAKI H. **Seed development, dormancy and germination**, Oxford: Blackwell, 2007. p. 72-112.
- AMARAL, L. I. V.; PAULILO, M. T. F. Efeito da luz, temperatura, regulador de crescimento e nitrato de potássio na germinação de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudim. **Insula**, v. 21, p. 59-86, 1992.
- AMORIM, I.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L.; Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do seridó, RN. **Revista Árvore**, v.33, p.491-499, 2009.
- ALVAREZ-BUYLLA, E.R.; MARTINEZ-RAMOS, M. Seed bank versus seed rain in the regeneration of a tropical pioneer tree. **Oecologia**, v.84, p.314-325, 1990.
- ALVES, E.U.; CARDOSO, E.A.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, A.U.; ALVES, A.U.; GALINDO, E.A.; JUNIOR, J.M.B. Superação da dormência em sementes de *Caesalpineia pyramidalis* Tul. **Revista Árvore**, v.31, p. 405-415, 2007.
- ALVES, E.U.; PAULA, R.C.; OLIVEIRA, A.P.; BRUNO, R.L.A.; DINIZ, A.A. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, p. 169-178, 2002.
- BARBOSA, D.C.A.; Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da Caatinga com germinação rápida. *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga**, Recife: Editora Universitária (UFPE), 2003. p.657-693.
- BARBOSA, D.C.A.; BARBOSA, M.C.A; LIMA, L.C.M. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga**, Recife: Editora Universitária (UFPE), 2003. p.657-693.
- BARBOSA, M.R.V.; LIMA, I.B.; LIMA, J.R.; CUNHA, J.P.; AGRA, M.F.; THOMAS, W.W. Vegetação e flora no Cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.313-322, 2007.
- BAZZAZ, F.A.; Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.11, p.287-310, 1979.
- BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; CANDIDO, J.F.; GOMES, J.M. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de copaíba. **Revista Brasileira de Sementes**, v.4, p.9-12, 1982.
- BRANCALION, P.H.S.; NOVENBRE, A.D.L.C.; RODRIGUES, R.R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p. 15 - 21, 2010.

BRÄNDEL, M.; SCHÜTZ, W. Seasonal dormancy patterns and stratification requirements in seeds of *Verbena officinalis* L. **Basic and Applied Ecology**, v.4, p.329-337, 2003.

CABRAL, E.L.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURU, E.A. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (MANSO) BENTH. & HOOK F. EX. S. MOORE. **Acta Botanica Brasilica**, v.17, p. 609-617, 2003.

CAMPBELL, B.M.; LYNAM, T.; HATTO, J.C. Small-scale in the recruitment of forest species during succession in tropical dry forest, Mozambique. **Vegetatio**, v.87, p.51-57, 1990.

CARDOSO, V.J.M. Dormência estabelecimento do processo. *In*: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**, Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 95-108.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. *In*: **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 51-68.

CECCON, E.; HUANTE, P.; RINCÓN, E. Abiotic Factors Influencing Tropical Dry Forests Regeneration. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, p.305-312, 2006.

CHESSON, P.L.; WARNER, R. Environmental variability promotes coexistence in lottery competitive systems. **American Naturalist**, v.117, p.923–943, 1981.

DINIZ, F.O.; MOREIRA, F.J.C.; SILVA, F.D.B.; MEDEIROS-FILHO, S. Influência da luz e temperatura na germinação de sementes de oiticica (*Licania rígida* Benth.). **Revista Ciência Agrônômica**, v.39, p.476-480, 2008.

ELLISON, A.M. Interspecific and intraspecific variation in seed size and germination requirements of *Sarracenia* (Sarraceniaceae). **American Journal of Botany**, v.88, p.429– 437, 2001.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

EMBRAPA. **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. (Boletim Agrometeorológico, n. 26).

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The Ecology of Seeds**. Cambridge: University Press, 2005. 250 p.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.51-68.

FIGUEIREDO, J.M.; ARAÚJO, J.M.; PREIRA, O.N.; BAKKE, I.A.; BAKKE, O.A. Revegetation of degraded caatinga sites. **Journal of Tropical Forest Science**, v.24, p.332-342, 2012.

FOWLER, J.A.P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Paraná: Embrapa Florestas, 2000. (Documentos, n. 40).

GARWOOD, N.C. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. **Ecological Monographs**, v.53, p.159-182, 1983.

GODOI, S. TAKAKI, M. Effects of Light and Temperature on Seed Germination in *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae). Brazilian **Archives of Biology and Technology**, v.47, p.185-191, 2004.

GRIZ, L.M.S.; MACHADO, S.C.S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.17, p.303-321, 2001.

GUEDES, R.S.; ALVES, E U.; GONÇALVES, E P.; VIANA, J S.; FRANÇA, P.R.C.; LIMA, C.R. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (all.) A.C. Smith. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p. 116-122, 2010.

HAYDEN, B; GREENE, D.F.; QUESADA, M. A field experiment to determine the effect of dry-season precipitation on annual ring formation and leaf phenology in a seasonally dry tropical forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.26, p.237–242, 2010.

HUANTE, P.; RINCÓN, E. Responses to light changes in tropical deciduous woody seedlings with contrasting growth rates. **Oecologia**, v.113, p.53-66, 1998.

HILHORST, H.W.M. Definitions and hypotheses of seed dormancy. In: BRADFORD, K.; NONOGAKI, H. Seed development, dormancy and germination. Oxford: Blackwell, 2007. p. 50-71.

JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cássia excelsa* Schrad. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.32-40, 1999.

KHURANA, E.; SINGH, J.S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, v.28, p. 39–52, 2001.

LEITE, A.V.; MACHADO, I.C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1374-1380, 2010.

LIMA, C.R.; PACHECO, M.V.; BRUNO, R.L.A.; FERRARI, C.S.; BRAGA JÚNIOR, J.M. BEZERRA, A.K.D. Temperaturas esubstratos na germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* TUL. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.216 - 222, 2011

MACIEL, M.N.M.; WATZLAWICK, L.F.; SCHOENINGER, E.R.; YAMAJI, F.M. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.1, p.69-78 2003

MAIA, N.G. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Editora Livro e Arte, 2012. 413p.

MCLAREN, K.P.; MCDONALD, M.A. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v.183, p.61–75, 2003.

MELLO-PINA, G.F.A; NEIVA, M.S.M.; BARBOSA, D.C.A. Estrutura do tegumento seminal de quatro espécies de Leguminosae (Caesalpinioideae), ocorrentes numa área de caatinga (PE – Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, p.375-379, 1999.

MONTEIRO, J.M.; LINS NETO, E.M.F.; AMORIM, E.L.C.; STRATTMANN, R.R.; ARAUJO, E.L.; ALBUQUERQUE, V.P. Teor de taninos em três espécies medicinais arbóreas simpátricas da caatinga. **Revista Árvore**, v.29, p.999-1005, 2005.

MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p.67–88, 1986.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1989.

OROZCO-SEGOVIA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Light effect on seed germination in *Piper* L. **Oecologia Plantarum**, v.10, p.123-146, 1989.

PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; BARBOSA, M.R.V.; SAMPAIO, E.V.S.B. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no agreste paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, v.16, p.357-369, 2002.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009. 913p.

QUEIROZ, J.A.; TROVÃO, D.M.B.M.; OLIVEIRA, A.B.; OLIVEIRA, E.C.S. Análise da Estrutura Fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, 2006.

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

SAMPAIO, E. Overview of the Brazilian caatinga. *In*: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. **Seasonally Dry Tropical Forests**. New York: Cambridge University Press, NY, p.35–63. 1995.

SANTANA, J.A.S.; SOUTO, J.S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, p.232-242, 2006.

SATTERTHEAITE, W.H. Competition for space can drive the evolution of dormancy in a temporally invariant environment. **Plant Ecology**, v. 208, p.167–185, 2010.

SCHÜTZ, W. RAVE, G. The effect of cold stratification and light on the seed germination of temperate sedges (*Carex*) from various habitats and implications for regenerative strategies. **Plant Ecology**, v.144, p.215– 230, 1999.

SERT, M.A.; BONATO, C.M.; SOUSA, L.A. Germinação da semente. *In*: SOUSA, L.A. **Germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa: Todapalavra, 2009. p.89-91

SILVA, L.M.M.; RODRIGUES, T.J.D.; AGUIAR, I.B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, v.26, p.691-697, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U. Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.39, p.237–257, 2008.

WAGNER-JÚNIOR, A.; SANTOS, C.E.M.; SILVA, J.O.C.; ALEXANDRE, R.S.; NEGREIROS, J.R.S.; PIMENTEL, L.D.; ÁLVARES, V.S.; BRUCKNER, C.H. Influência do pH da água de embebição das sementes e do substrato na germinação e desenvolvimento inicial do Maracujazeiro doce. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, p.231-236, 2006.

### **CAPÍTULO 3. PLASTICIDADE ALOCACIONAL EM *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm EM DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

#### **RESUMO**

Plasticidade alocaional é a capacidade das plantas ajustarem as proporções de biomassa da folha em relação à luz, versus a biomassa radicular à absorção de água e nutrientes, essas respostas permitem que as plantas tornem-se mais eficientes na captação de recursos, se ocorrerem mudanças no habitat. Espécies iniciais e tardias apresentam respectivamente, alta e baixa flexibilidade no material de alocação ou plasticidade alocaional. Assim acredita-se que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz possui estratégias de espécie inicial e que se esta hipótese for verdadeira suas plântulas apresentarão maior flexibilidade de alocação (plasticidade alocaional) quando submetidas a um gradiente de sombreamento. *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, possui estratégias de espécie tolerante à sombra e que se esta hipótese for verdadeira suas plântulas apresentarão menor flexibilidade no material de alocação. O objetivo é avaliar a plasticidade alocaional de plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em um gradiente de sombreamento e inferir qual das duas espécies seria tolerante à sombra. Foi realizado um experimento durante cinco meses na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará em Pentecoste – CE, onde semeou-se sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm sob três tratamentos: pleno sol (PS), sombra moderada (SM) e sombra densa (SD). Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, com 10 repetições, exceto para a análise de clorofila que foram utilizadas cinco repetições. Os fatores referem-se à espécie (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm e ao nível de sombreamento (0, 50 e 70%). Foram avaliados matéria seca total, razão raiz/parte aérea, massa foliar específica, área foliar, área foliar específica, razão de área foliar, razão de massa foliar taxa de crescimento relativo e razão  $cl_a/cl_b$ . Os resultados demonstraram que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm faz menos ajustes na sua partição de biomassa na sombra, portanto é mais tolerante à sombra e menos plástica. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz faz mais ajustes na sua

partição de biomassa na sombra e nem sempre esses ajustes lhe proporcionam vantagens, portanto é menos tolerante à sombra e mais plástica, contribuindo para confirmam a hipótese testada.

**Palavras-chave:** Alocação de recursos. Partição de biomassa. Clorofila. Crescimento inicial. Níveis de sombra

**CHAPTER 3. ALLOCATIONAL PLASTICITY *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm AT DIFFERENT LEVELS OF SHADE**

**ABSTRACT**

Allocational plasticity is the ability of plants to adjust the proportions of leaf biomass in relation to light, versus root biomass to the absorption of water and nutrients, these responses allow plants to become more efficient in fundraising, there are changes in habitat. Early and late species are respectively high and low flexibility in the allocation material or allocational plasticity. Thus it is believed that *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz have strategies initial species and that this hypothesis is true seedling present allocation flexibility (plasticity allocational) when subjected to a gradient shading. *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm own strategies tolerant species to shade and that if this hypothesis is true seedling submit less flexibility in allocating material. The purpose of this chapter is to evaluate the allocational plasticity seedling *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm in a gradient shading and infer which of the two species would be tolerant to shade. An experiment was conducted for five months at the Experimental Farm Curu Valley (FEVC) belonging to the Federal University of Ceará in Pentecoste - EC, which is sowed seeds *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm under three treatments: full sun (PS), shadow moderate (SM) and dense shade (SD). The treatments were arranged in a completely randomized factorial 2 x 3 with 10 repetitions, except for the analysis of chlorophyll five replicates were used. Factors refer to species (*Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm and *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz and the level of shading (0, 50 and 70%). Total dry matter, root reason / shoot, specific leaf weight, leaf area, specific leaf area, leaf area ratio, leaf mass ratio and relative growth rate ratio  $cl_a/cl_b$  were evaluated. The results showed that *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm makes fewer adjustments in their biomass partition in the shade, so it is more tolerant to shade and less plastic. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz makes more adjustments in their biomass partition in the shade and those adjustments do not always give you advantages, so it is less tolerant to shade and more plastic, contributing to the hypothesis tested.

**Keywords:** Allocation of resources. Partition biomass. Chlorophyll. Initial growth.  
Shade levels

### 3.1 INTRODUÇÃO

A sucessão ecológica é o processo de mudanças na estrutura e função da comunidade ao longo do tempo (CLEMENTS, 1936). Em florestas tropicais úmidas, as plantas iniciais, são aquelas que colonizam o habitat, são demandantes de luz e são responsáveis por mudarem com o tempo, a estrutura e função do ambiente, dando condições para que as espécies tardias ou tolerantes à sombra sejam recrutadas e passem a predominar no habitat modificado (BAZZAZ, 1979; BUDOWISKY, 1965; LOHBECK *et al.*, 2013; VALLADARES; NIINEMETS, 2008; SWAINE; WHITMORE, 1999).

A mesma idéia não é sustentada para florestas tropicais secas, onde as condições de luz e dinâmica de clareira são menos importantes quando comparadas à floresta tropical úmida (CHAZDON *et al.*, 2007; GERHARDT, 1996; LOHBECK *et al.*, 2013). No entanto, estudos realizados em florestas tropicais secas já comprovaram a importante influência da disponibilidade de luz no crescimento e sobrevivência de algumas espécies de plântulas (CECCON; HUANTE; CAMPO, 2003; CECCON; SÁNCHEZ; CAMPO, 2004; HUANTE; RINCON, 1998; MARKESTEIJN; POORTER, 2009). Em muitos casos, a influência da luz associa-se a outros fatores como disponibilidade de água e nutrientes (CECCON; HUANTE; RINCÓN, 2006; CECCON; SÁNCHEZ; CAMPO, 2004; LOHBECK *et al.*, 2013).

Plantas iniciais caracterizam-se por predominarem em comunidades jovens, serem de crescimento rápido, suas sementes são pequenas e apresentam dormência e a germinação é aumentada pela luz. Por outro lado, plantas tardias caracterizam-se por serem predominantes em comunidades estabelecidas há muitos anos, o crescimento é lento, suas sementes são grandes e raramente apresentam dormência e muitas só germinam na ausência de luz (BAZZAZ, 1979; BUDOWISKY, 1965; REES *et al.*, 2001; SWAINE; WHITMORE, 1988; VALLADARES; NIINEMETS, 2008).

Os estudos de sucessão afirmam que as espécies iniciais e tardias, apresentam respectivamente, alta e baixa flexibilidade no material de alocação ou plasticidade alocaional (BAZZAZ, 1979; GONZALES; GIANOLI, 2004; MARKESTEIJN; POORTER; BONGERNS, 2007; POORTER *et al.*, 2004; POORTER *et al.*, 2009; REICH *et al.*, 2003; VALLADARES *et al.*, 2000).

Define-se plasticidade alocaional como a capacidade das plantas ajustarem as proporções de biomassa da folha em relação à luz, versus a biomassa

radicular à absorção de água e nutrientes (SULTAN, 2003), essas respostas permitem que as plantas tornem-se mais eficientes na captação de recursos, se ocorrerem mudanças no habitat.

Espécies tolerantes à sombra caracterizam-se por maximizar sua eficiência na captura de luz (POORTER *et al.*, 2009). Essas espécies possuem características que as diferenciam das espécies iniciais, tais como apresentam baixa razão  $cl_a/cl_b$ , baixa massa foliar específica, folhas maiores, baixa razão raiz/parte aérea e altas razão de área foliar, massa foliar e área foliar específica (VALLADARES; NIINEMTS, 2008; MARKESTEIJN; POORTER, 2009).

Em geral, irradiância mais alta implica em uma maior taxa de fotossíntese por unidade de massa da folha, mas também em uma maior taxa de absorção de água, por causa do aumento na transpiração e uma maior necessidade de nutrientes porque o crescimento é estimulado (GIVINISH, 1988). E nestas condições é esperado que seja reduzida a alocação de biomassa para as folhas e aumente para as raízes (POORTER *et al.*, 2004; SULTAN, 2003).

Na caatinga, um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas do Brasil (LEAL *et al.*, 2005; PENNINGTON; LAVIN; OLIVEIRA-FILHO, 2009), a luz pode ser um fator determinante durante o crescimento inicial de algumas espécies. Neste ecossistema ocorre a perda das folhas pelas plantas como estratégia de escape à seca que pode durar de 6 a 7 meses no ano, permitindo intensa passagem de luz, ao chegar o período chuvoso o dossel se fecha impedindo que a luz chegue até a superfície do solo, pois as folhas rebrotam e surge o estrato herbáceo (BARBOSA, 2003; PRADO, 2003). Neste momento aquelas plântulas tolerantes à sombra podem ser recrutadas e levar vantagens em áreas com estágios avançados de sucessão secundária.

O ecossistema da caatinga desde o período do Brasil colônia vem sendo explorado e vários fatores têm contribuído para sua degradação e o desmatamento da vegetação, dentre eles, a agricultura itinerante de corte e queima, a retirada de madeira para fornecimento de lenha, a formação de pastagens e a ocupação de áreas para moradia e construção de estradas.

Em consequência da grande exploração dos recursos vegetais da caatinga, este ecossistema encontra-se em diferentes estágios de sucessão secundária. Por este motivo vários trabalhos (AMORIM *et al.*, 2005; ANDRADE *et al.*, 2005; BARBOSA *et al.*, 2007; DANTAS *et al.*, 2010; QUEIROZ *et al.*, 2006;

SANTANA; SOUTO, 2006; SILVA *et al.*, 2012) focaram em caracterizar a fitossociologia de áreas remanescentes com vários níveis de perturbação, no intuito de verificar se os níveis de desmatamento afetaram a composição das espécies.

Nesses trabalhos é possível observar que algumas das espécies que apresentam alta densidade em áreas com maiores níveis de perturbação, têm baixa densidade em áreas conservadas, nas quais as espécies predominantes quase não são encontradas. Isso foi observado por (FIGUEIREDO *et al.*, 2012; SANTANA; SOUTO, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2007 e outros), para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, onde a primeira espécie ocorre com mais frequência em áreas em processo inicial de sucessão secundária e a segunda quase não é encontrada nessas áreas, e por vezes é exclusiva de áreas conservadas.

Assim acredita-se que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz possui estratégias de espécie inicial e que se esta hipótese for verdadeira suas plântulas apresentarão maior flexibilidade de alocação (plasticidade alocaional) quando submetidas a um gradiente de sombreamento. *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, possui estratégias de espécie tolerante à sombra e que se esta hipótese for verdadeira suas plântulas apresentarão menor flexibilidade no material de alocação.

O objetivo deste capítulo é avaliar a plasticidade alocaional de plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm em um gradiente de sombreamento e inferir qual das duas espécies seria tolerante à sombra.

*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz é uma espécie da família Fabaceae, é uma árvore endêmica da Caatinga (MONTEIRO *et al.*, 2005), popularmente conhecida como catingueira e atinge até 12 m de altura (MAIA, 2012). Segundo Barbosa, Barbosa e Lima (2003) esta espécie apresenta fruto de consistência seca, a semente é a unidade de dispersão, caracterizando-se como autocórica. A floração e a frutificação ocorrem do período chuvoso para o seco (GRIZ; MACHADO, 2001; AMORIM *et al.*, 2009; LEITE; MACHADO, 2010). A espécie apresenta grande potencial para colonização de áreas degradadas (QUEIROZ, 2009; FIGUEIREDO *et al.*, 2012)

A espécie *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm também é da família Fabaceae, é uma árvore endêmica da Caatinga, popularmente conhecida como cumaru, atinge até 12 m de altura (MAIA, 2012). Segundo Barbosa, Barbosa e Lima

(2003) esta espécie apresenta fruto de consistência seca, a semente é a unidade de dispersão, caracterizando-se como anemocórica. A floração ocorre no período chuvoso e a frutificação no período seco (BARBOSA; BARBOSA; LIMA, 2003; AMORIM *et al.*, 2009).

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Localização

O experimento foi realizado durante cinco meses (janeiro a junho de 2011), em área aberta não-sombreada, localizada na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará, Pentecoste, Ceará. O município fica entre os paralelos os paralelos 3°45' e 3°50' de latitude Sul e os meridianos 39°15' e 39°30' de longitude Oeste, com altitude média de 47 m e clima classificado, pelo sistema internacional de Köppen, como BSw'h', semiárido com chuvas irregulares. O solo, classificado como Neossolo Flúvico, apresenta textura franco-arenosa na camada de 0 a 0,70 m (EMBRAPA, 2006). A precipitação média anual é de 801 mm, a evaporação de 1.475 mm, a temperatura média anual em torno de 27,1°C e a umidade relativa do ar de 73,7% (EMBRAPA, 2001).

O local foi escolhido por apresentar um clima típico de locais onde se desenvolvem espécies vegetais nativas da Caatinga.

### 3.2.2 Substrato

O substrato utilizado foi composto de solo da área da mata nativa da Fazenda Vale do Curu, esterco bovino e areia de rio, na proporção de 1:1:1. Foram coletadas amostras do substrato e realizou-se análise química, no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo da UFC. Os resultados da análise encontram-se na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Alguns atributos físicos e químicos do solo da área experimental, na camada de 0 a 0,2 m, antes da aplicação dos tratamentos

| Características                            | Profundidade (0-20 cm) |
|--|------------------------|
| Densidade(kg dm <sup>-3</sup> )            | 1,7                    |
| Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )   | 1,5                    |
| Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )   | 1,1                    |
| K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )    | 1,41                   |
| P(mg dm <sup>-3</sup> )                    | 41                     |
| Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )   | 0,22                   |
| H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0,0                    |
| Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )   | 0,0                    |
| CTC  | 4,23                   |
| V  | 100                    |
| pH   | 7,4                    |

### 3.2.3 Gradiente de sombreamento e delineamento experimental

Os níveis de sombreamento foram obtidos através da construção de mini-viveiros cobertos com telas de sombrite que segundo o fabricante permitiam um sombreamento de 50 e 70% e a ausência da tela que constitui o nível 0 de sombreamento.

Para cada nível de sombreamento mediu-se a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), três vezes ao longo dos cinco meses de experimento no horário de 9:00 h às 11:00 h da manhã e obteve-se uma média para determinar o nível de RFA para cada ambiente, os quais estão descritos a seguir:

- **Pleno sol (PS):** tratamento com RFA de  $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , representando uma condição de caatinga onde ainda não iniciou-se o processo de colonização secundária;
- **Sombra moderada (SM):** tratamento com RFA de  $527 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , o que permite a passagem de 44% RFA e representa uma área em processo de sucessão secundária intermediária;
- **Sombra densa (SD):** tratamento com RFA de  $224 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , o que caracteriza 19% da passagem de RFA e representa uma condição próxima ao estágio de sucessão secundária avançada em que o dossel está se fechando.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, com 10 repetições, exceto para a análise de clorofila que foram utilizadas cinco repetições. Os fatores referem-se à espécie (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm) e ao nível de sombreamento (0, 50 e 70%). Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de variância com o nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

### 3.2.4 Semeadura e transplântio

As sementes foram semeadas em 13 de janeiro de 2011 em bandejas no substrato descrito e colocadas sob um viveiro de tela com 50% de sombreamento. Após o estabelecimento das plântulas (21 dias após a semeadura), houve o transplante para sacos de polietileno preto-opaco de 15 x 25 cm, contendo o mesmo substrato. As plântulas transplantadas permaneceram no viveiro com 50% de sombreamento por uma semana até serem transferidas para os tratamentos em

estudo, neste momento houve uma coleta (1ª coleta) de 10 repetições por tratamento para o cálculo da taxa de crescimento relativo.

### 3.2.5 Coleta de dados

Aos 150 dias após a emergência das plantas (2ª coleta) foram coletadas 10 amostras destrutivas de cada tratamento, exceto para a determinação da clorofila, que foram utilizadas cinco repetições. Nas plantas mediram-se:

- **Área foliar (cm<sup>2</sup>):** foi obtida através do medidor de área foliar da LI-COR Modelo 3100. Antes da medição, as folhas foram colocadas entre duas folhas de jornal umedecido para que não murchassem, até a chegada ao laboratório.
- **Matéria seca:** as plantas colhidas foram separadas em folha, caule e raiz, acondicionadas em sacos de papel, previamente identificados e levadas à estufa de ventilação forçada de ar, a 80 °C, até atingir peso constante, para determinação da matéria seca da raiz (MSR), do caule (MSC), das folhas (MSF) e total (MST).
- **Determinação da clorofila:** Para determinação da clorofila, foram retirados de dois a três folíolos de folhas completamente expandidas de ambas as espécies na região mediana da copa de cinco plantas de cada tratamento. A partir dessas folhas obteve-se cinco discos foliares de 1 cm de diâmetro que foram macerados em almofariz com 10 mL de acetona a 80% (v/v). Em seguida o homogenato foi centrifugado e o sobrenadante foi submetido a leituras de absorvância em 663 ( $A_{663}$ ) e 645 ( $A_{645}$ ) nm. As concentrações de clorofilas *a* e *b* em mg L<sup>-1</sup>, foram estimadas através das seguintes fórmulas, baseadas nos coeficientes de absorção específicos descritos por Arnon (1949):  $cl_a = 12,7A_{663} - 2,69A_{645}$ ;  $cl_b = 22,9A_{645} - 4,68A_{663}$ ;  $cl_{(total)} = 20,2A_{645} + 8,02A_{663}$ .

Com os resultados coletados foram calculadas: matéria seca total (matéria seca da raiz + caule + folha), razão raiz/parte aérea (matéria seca da raiz/matéria seca da folha + caule), massa foliar específica [MFE (matéria seca da folha/área foliar)], área foliar específica [AFE (área foliar/matéria seca da folha)], razão de área foliar [RAF (área da folha/matéria seca total)], razão de massa foliar [RMF (matéria seca da folha/matéria seca total)], razão de massa de raiz [RMR (matéria seca da raiz/ matéria seca total)], taxa de crescimento relativo [TCR =  $\ln(2^{\text{a}}\text{coleta}) - \ln(1^{\text{a}}\text{coleta})/120$ ] e razão  $cl_a/cl_b$ .

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3.2 está apresentado o resumo da análise de variância das variáveis analisadas. Houve interação entre os níveis de sombreamento e as espécies para todas as variáveis analisadas, exceto para a  $cl_{total}$ .

**Tabela 3.2** – Resumo da análise de variância das variáveis analisadas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, em diferentes níveis de sombreamento aos cinco meses em Pentecoste, Ceará, 2011

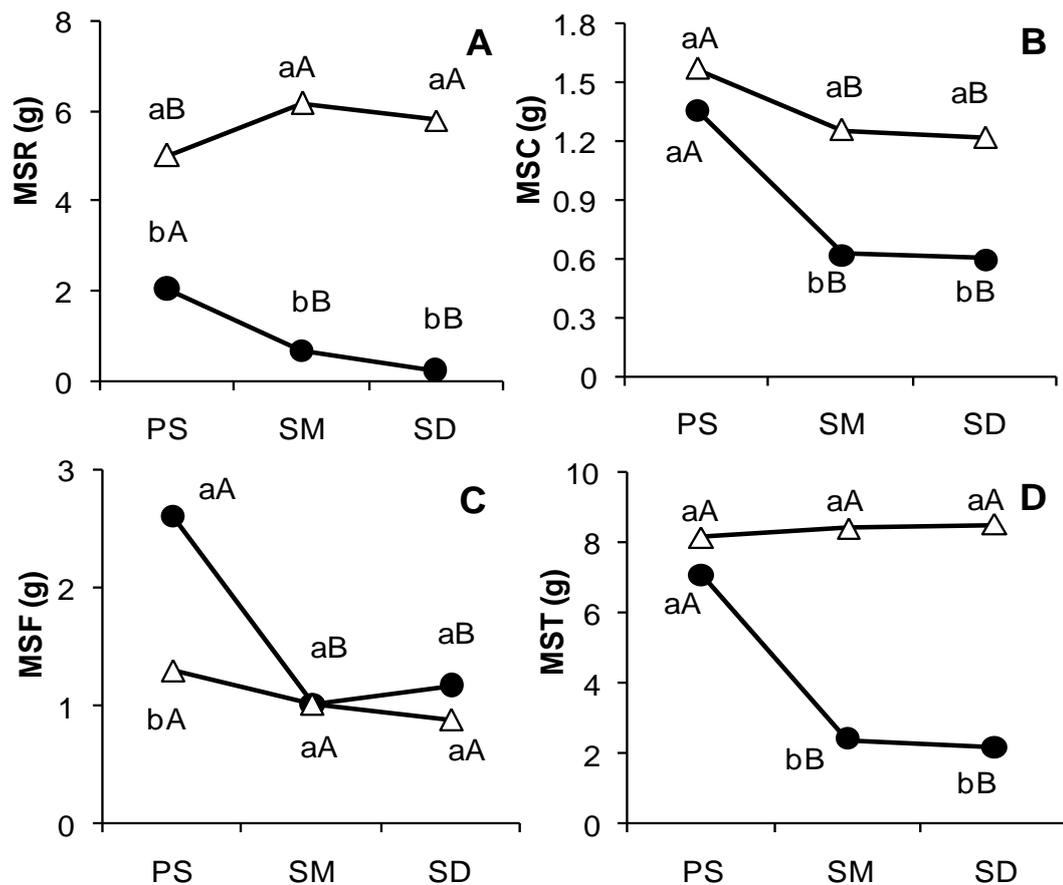
| Quadrados médios | Fontes de variação  |                     |                     |               | CV (%)<br>A x B |
|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|-----------------|
|                  | Espécie A           | Sombra B            | Interação A x B     | Resíduo A x B |                 |
| Variáveis        |                     |                     |                     |               |                 |
| MSR              | 327,25**            | 1,35*               | 10,63**             | 0,27          | 15,6            |
| MSC              | 3,58**              | 1,93**              | 0,3*                | 1,61          | 20              |
| MSF              | 4,26**              | 5,69**              | 2,38**              | 0,15          | 19              |
| MST              | 301,23**            | 33,23**             | 43,49**             | 1,47          | 19,8            |
| TCR              | 0,0022**            | 0,00069**           | 0,00010**           | 0,000         | 8,2             |
| Área foliar      | 48,38 <sup>ns</sup> | 27889,39**          | 157691,03**         | 4223,1        | 20,7            |
| MFE              | 0,00005**           | 0,00003**           | 0,00001*            | 0,0000        | 13,2            |
| AFE              | 170419,32**         | 93041,78**          | 14603,5**           | 730,96        | 11              |
| RAF              | 21757,4**           | 1524,69**           | 122,52**            | 5010,37       | 9,3             |
| RMR              | 2,97**              | 0,02**              | 0,05**              | 0,62          | 9,4             |
| RMC              | 0,14**              | 0,005*              | 0,02**              | 0,001         | 15,4            |
| RMF              | 2,01**              | 0,005 <sup>ns</sup> | 0,01**              | 0,002         | 15,4            |
| Raiz/parte aérea | 69,52**             | 1,02**              | 2,54**              | 0,09          | 22,3            |
| GL               | 1                   | 2                   | 5                   | 54            |                 |
| $cl_a/cl_b$      | 1,80**              | 0,94**              | 0,59**              | 0,09          | 20,7            |
| $cl_{total}$     | 11168,87*           | 11,76 <sup>ns</sup> | 47,35 <sup>ns</sup> | 103,24        | 15,3            |
| GL               | 1                   | 2                   | 2                   | 24            |                 |

\*, \*\* valor significativo a 5 e 1%, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo; CV=coeficiente de variação. MSR: matéria seca da raiz; MSC: matéria seca do caule; MSF: matéria seca da folha; MRT: matéria seca total; TCR: taxa de crescimento relativo; MFE: massa foliar específica; AFE: área foliar específica; RAF: razão de área foliar; RMR: razão de massa foliar; RMR: razão de massa radicular; RMC: razão de massa

caulinar; RMF: razão de massa foliar; GL=graus de liberdade;  $cl_a/cl_b$ : razão entre clorofila a e b;  $cl_{total}$ : clorofila total.

Os resultados dos testes de médias para os valores de matéria seca estão apresentados no Gráfico 3.1 A, B, C e D. Os resultados mostram que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz apresentou menor MSR, MSC e MST nos diferentes níveis de sombreamento. Quanto à MSF as duas espécies obtiveram os mesmos valores, exceto para o pleno sol, no qual o valor de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz foi maior.

**Gráfico 3.1** – Médias da matéria seca da raiz (A), do caule (B), da folha (C) e total (D) aos 150 dias de plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (●) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (△) submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD) em Pentencoste, Ceará



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre espécies e pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre sombreamentos, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O sombreamento foi capaz de diminuir a MSR, MSC, MSF e MST de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, bem como aconteceu para a MST de *Mimosa caesalpiniiifolia* essa espécie decídua, heliófila, pioneira, seletiva xerófila e nativa da caatinga (LORENZI, 1998) observado por Câmara e Endres (2008) e para 10 espécies de floresta tropical decídua (HUANTE; RINCON, 1998).

Para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm a MSR aumentou, a MSC e a MSF diminuíram e MST permaneceu a mesma. Dantas *et al.*, 2009 observaram dependência do sombreamento em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz para MSF e MST aos 30 dias de crescimento, sendo que maiores níveis de sombreamento proporcionaram maiores valores, resultados contrários aos deste trabalho. Em *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (RAMOS *et al.*, 2004) verificaram que o sombreamento diminuiu MSR, MSC, MSF e MST aos 480 dias de crescimento, também divergindo, em parte, dos resultados deste estudo. Isso pode ser explicado pelos diferentes períodos de avaliação, pois a idade da planta pode influenciar nas respostas do fenótipo a um determinado fator (COLEMAN; MacCONNAUGHAY; ACKERLY, 1994; VALLADARES; NIINEMETS, 2008).

Em *Piptadenia stipulacea* e *Anadenanthera colubrina* espécies heliófila e umbrófila, respectivamente, nos períodos iniciais de crescimento (FERREIRA *et al.*, 2012) não houve diferenças de MST entre os níveis de sombreamento aos 10 meses de idade. Porém para a espécie heliófila os autores observaram uma diminuição de 24% na MSR quando submetida ao SD e não registraram, para a espécie umbrófila, diferenças entre PS e sombreamentos moderado e denso. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz com o SM diminuiu 67% sua MSR mantendo os mesmos valores em SD.

Dentre as espécies em estudo *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm alocou mais biomassa para raízes que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e não modificou sua RMR (Gráfico 3.2 A) quando submetida ao sombreamento. A redução do valor de RMR chegou a 18% em sombra moderada e 47% em sombra densa em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz. A alocação de recursos para a raiz pode indicar altas taxas fotossintéticas, tendo em vista que um aumento na fotossíntese aumenta a necessidade de nutrientes porque o crescimento é estimulado (GIVINISH, 1988; VALLADARES; NIINEMETS, 2008). *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm chegou a aumentar sua MSR, mas não o suficiente

para aumentar a RMR, enquanto a MSR da *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz diminuiu a ponto de prejudicar sua alocação de recursos para as raízes.

A RMC e RMF é maior em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz que em *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (Gráfico 3.2 B e C) em todos os níveis de sombreamentos. A RMC de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz aumentou 24% na sombra densa em relação aos outros dois tratamentos, a RMF aumentou 16% na sombra moderada e manteve o mesmo aumento em sombra densa. Dantas *et al.* (2009) não encontraram diferenças na RMF de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz.

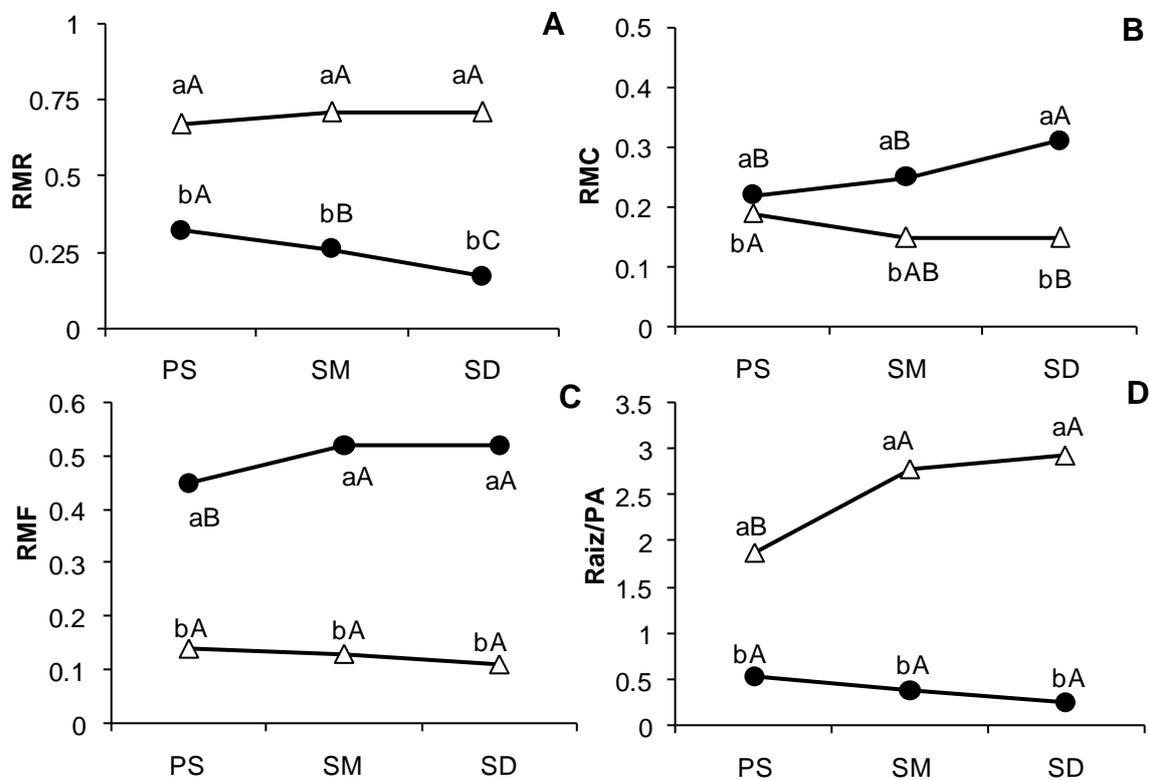
Os resultados de RMF para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm, não diferiram quanto aos níveis de sombreamento. Huante e Rincon (1998) estudando 10 espécies em floresta tropical decídua observaram que algumas espécies aumentaram e outras mantiveram o mesmo valor de RMF quando colocadas em ambiente com baixa luz. Esses resultados comprovam que para ambientes onde a luz não é limitante, as plantas podem diferir nas suas respostas alocaçionais para se adaptar a mudança na luz.

Os valores de raiz/PA apresentados no Gráfico 3.2 D confirmam o maior investimento de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm no sistema radicular da planta com o aumento do sombreamento, enquanto que os valores de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz não apresentaram nenhuma variação e foram menores que os da outra espécie. Tal comportamento sugere que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm utiliza a alocação de recursos como uma estratégia de adaptação ecológica a uma nova condição de luz que lhe é imposta, sendo capaz de modificar-se fenotipicamente, demonstrando uma característica de tolerância à sombra. Esse fato pode explicar porque existem áreas de sucessão secundária avançado onde *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm apresenta-se como uma espécie exclusiva. O padrão de elevado investimento em produção de biomassa radicular é um fator positivo na seleção de espécies em ambientes sob intensa estacionalidade climática (CHAPIN; AUTUNM; PUGNAIRE, 1993).

*Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm apresentou menor razão raiz/PA em pleno sol, aumentando 50% quando submetida aos sombreamentos moderado e denso. Ferreira *et al.* (2012) observaram maior valor de razão raiz/PA para *Anadenanthera colubrina*, espécie nativa da caatinga considerada pelo autores como umbrófila nas primeiras fases de vida. Esse resultado corrobora com os deste

trabalho, no qual hipotetiza-se que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm seja uma espécie tolerante à sombra. Segundo Valladares e Niinemets (2000) espécies tolerantes à sombra apresentam baixa razão raiz/PA em baixas condições de luz. Aos 16 meses de idade Ramos *et al.* (2004) não observaram diferenças da razão raiz/PA em plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm.

**Gráfico 3.2** – Médias das razões de massa da raiz (A), do caule (B), da folha (C) e raiz/PA (D) aos 150 dias de plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (●) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (△) submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD), em Pentecoste, Ceará



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre espécies e pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre sombreamentos, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A área foliar, apresentada no Gráfico 3.3 A, mostrou repostas fenotípicas opostas para as duas espécies em estudo. Em pleno sol *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz obteve 45% a mais de área foliar que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm que, por outro lado, quando sombreada superou *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz com 25% a mais de área foliar a qual foi aumentada em 35% em relação ao pleno sol.

O aumento da área foliar com o sombreamento em *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm também foi observado por Engel e Poggiani (1990). Em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz também houve aumento (DANTAS *et al.*, 2009), o que contradiz os resultados deste estudo, porém os autores constataram essa diferença aos 30 dias, aos 60 e 100 dias de idade da planta não foram registradas variações. Huante e Rincon (1998) observaram aumento da área foliar em 3 espécies de floresta tropical decídua submetidas ao sombreamento.

O aumento da área foliar com o aumento do sombreamento é uma das maneiras da planta aumentar sua superfície fotossintetizante, assegurando maior aproveitamento de baixas intensidades luminosas (BOARDMAN, 1977). Entretanto a área foliar, por si só não é suficiente para entender como a planta pode otimizar suas estratégias adaptativas.

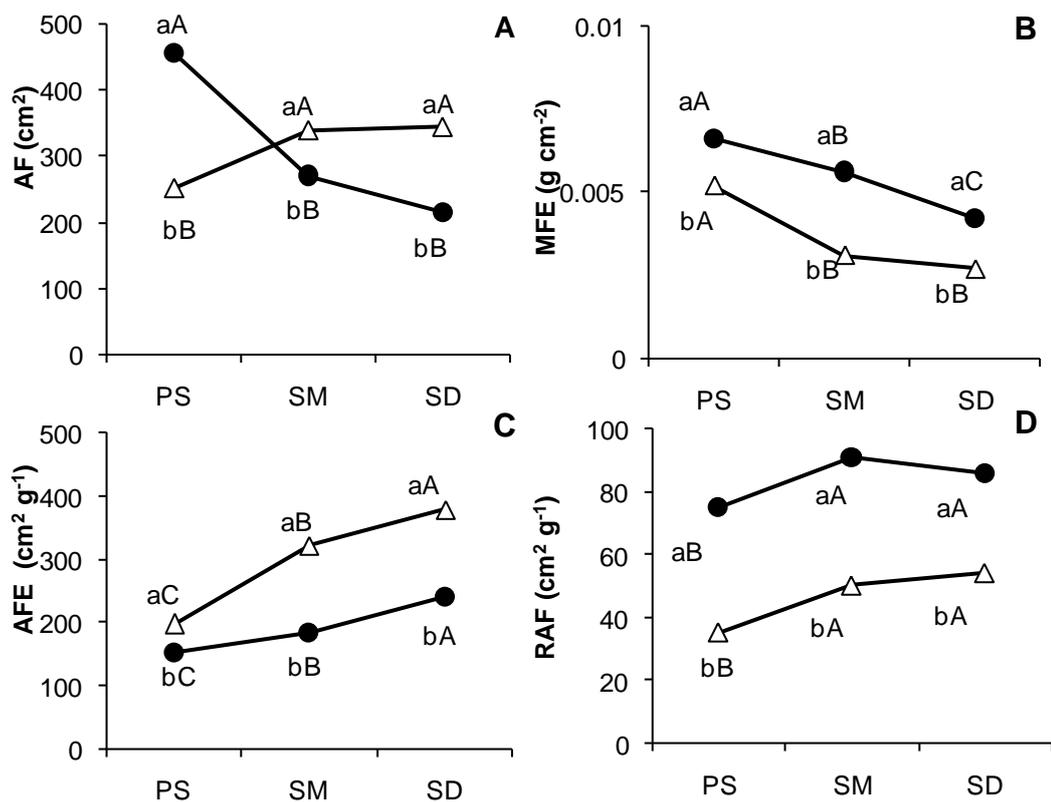
A razão entre a massa por área de folha, definida como massa foliar específica, é entendida como o custo da folha em interceptar a luz e pode servir como um indicador de estratégias de plantas (WESTOBY *et al.*, 2002). Folhas com alta MFE tendem a ter concentrações mais altas de rubisco, clorofila e outros componentes fundamentais tanto das reações luminosas quanto da fixação de carbono por unidade de área foliar, maior número e tamanho de células do mesófilo (POORTER *et al.*, 2009), além de proporcionar defesa contra herbívoros (WESTOBY *et al.*, 2002; VALLADARES; GIANOLI; GÓMEZ, 2007) garantindo maiores chances de sobrevivência da espécie.

O comportamento da MFE nos três níveis de sombreamento encontra-se no Gráfico 3.3 B. Observa-se que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm obteve menor MFE que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz. Em PS, isso pode ser consequência do menor investimento em MSF, que foi 50% menor que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz e em SM e SD pode ter sido consequência do aumento em 35% da área foliar em relação ao PS. Espécies tolerantes à sombra são reconhecidas por apresentar baixa MFE (GIVINISH, 1988; MARKESTEIJN; POORTER, 2009; VALLADARES; NIINEMETS, 2008).

O sombreamento proporcionou comportamento semelhante entre as duas espécies, diminuindo sua MFE, aumentando sua AFE e RAF (Gráfico 3.3 C e D). Tais resultados estão de acordo com os de Huante e Rincon (1998) para 10 espécies de floresta tropical decídua. Dantas *et al.* (2009), não registraram variação na MFE e AFE para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz com o aumento do

sombreamento. O resultado encontrado neste estudo, mostra que ambas as espécies apresentam uma resposta plástica para MFE, pois se ajustaram à sombra, aumentando a área foliar por unidade de biomassa de folhas, que é a área foliar específica (inverso da MFE), o que segundo Poorter *et al.*, 2009 aumenta a interceptação da luz sob condições de baixa intensidade luminosa.

**Gráfico 3.3** – Médias de área foliar (A), massa foliar específica (B), área foliar específica (C) razão de área foliar (D) aos 150 dias de plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (●) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (△) submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD), em Pentecoste, Ceará



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre espécies e pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre sombreamentos, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A AFE é um indicador da espessura da folha (CORNELISSEN *et al.*, 2003) e seus valores aumentaram entre de 20 a 60% em SM e SD, em relação ao PS.

Poorter *et al.* (2006) também observaram acréscimo de AFE com o aumento do sombreamento.

Menores valores de RAF indicam maior eficiência na produção de biomassa (DANTAS *et al.*, 2009). Pelos resultados deste estudo verifica-se que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm possui folhas menos espessas e que investe mais em biomassa que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz e o sombreamento não afeta o seu desempenho na captura de energia luminosa, como acontece com *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz. Isso pode ser deduzido pela redução de MFE do SM para o SD juntamente com os resultados de RMR e razão raiz/PA (Gráfico 3.2 A e C), que indicam um estímulo ao crescimento do sistema radicular para a captura de nutrientes, que é estimulado pela fotossíntese (VALLADARES; NIINEMETS, 2008).

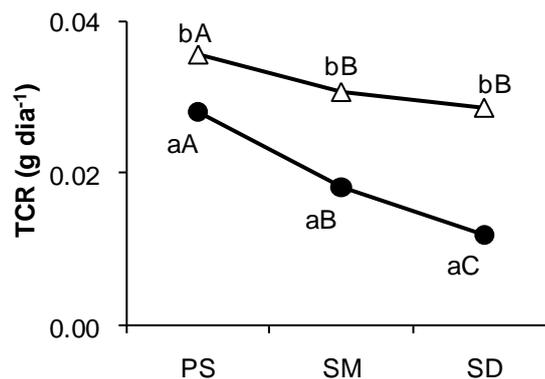
Lohbeck *et al.* (2013) afirmam que as espécies iniciais em florestas tropicais secas apresentam alta quantidade de matéria seca na folha e alta espessura foliar o que concorda com os resultados deste estudo. Os autores constataram que a AFE é uma característica que segue a mesma variação entre espécies iniciais e tardias de florestas tropicais secas e úmidas, podendo ser aplicada a todo tipo de vegetação.

A taxa de crescimento relativo é o incremento de matéria seca por unidade de matéria seca e tempo (VALLADARES; NIINEMETS, 2008). No Gráfico 3.4 verifica-se que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm a qual, neste trabalho supõe-se ser tardia, foi a espécie que apresentou maior TCR, ou seja, esta obtém uma rápida aquisição de recursos em relação à *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz. Embora tenha sido sugerido que espécies tolerantes à sombra têm maiores TCR em baixa luminosidade do que as espécies intolerantes (GIVINISH, 1988; VALLADARES; NIINEMETS, 2008), existem resultados que demonstram capacidade fotossintética e TCR inferiores em tolerantes à sombra em alta e baixa irradiância (KITAJIMA, 1994, WALTERS; REICH, 1999). Bazzaz (1979) afirma que espécies iniciais apresentam uma rápida aquisição de recursos, algo que não aconteceu com *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, nem mesmo no PS.

Diante dessa divergência de resultados acredita-se que a tolerância à sombra pode ser afetada por outros fatores ambientais como a seca ou a disponibilidade de nutrientes, entretanto os resultados já quantificados mostram em

alguns casos que esses fatores são independentes (S'ANCHEZ-GÓMEZ; VALLADARES; ZAVALA, 2006) e em outros não (SACK, 2004).

**Gráfico 3.4** - Médias da taxa de crescimento relativo da matéria seca de plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (●) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (△) submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD), em Pentencoste, Ceará



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre espécies e pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre sombreamentos, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O sombreamento diminuiu a TCR nas duas espécies, mas para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz o SD diminuiu 34% da sua TCR, Dantas *et al.*, (2009) verificaram decréscimo da TCR em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz a partir 70% de sombreamento. Em *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm não houve diferenças entre SM e SD, ou seja, áreas em estágio avançado de sucessão secundária podem limitar a aquisição de recursos mais em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz que em *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm e isso pode acarretar em diminuição do número de indivíduos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz nessas áreas.

Galindo *et al.* (2008) verificaram aumento da densidade de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz no ambiente com degradação moderada e redução no ambiente conservado. Entretanto Andrade *et al.* (2005), analisando a cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, verificaram que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz era uma das três espécies que apresentaram maior densidade relativa, no ambiente em melhor estado de

conservação. Ressalta-se que na região estudada pelos autores não havia a ocorrência de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm.

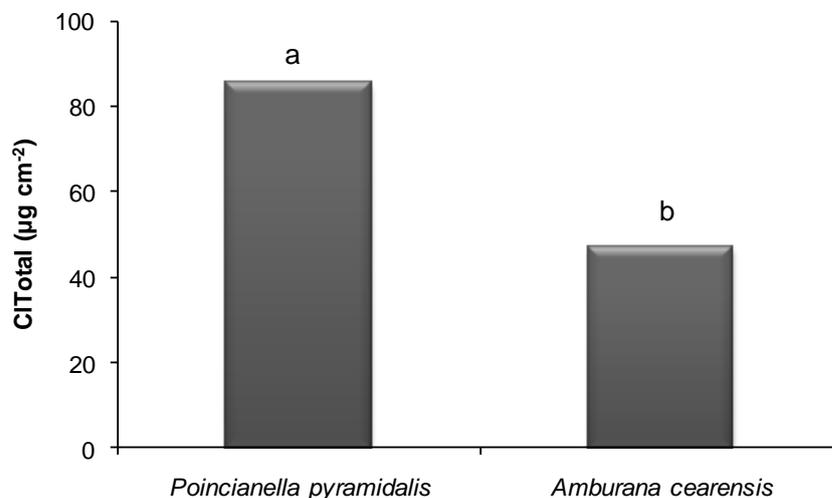
Ferreira *et al.* (2012) encontraram maior TCR da parte aérea para a espécie considerada heliófila (*Piptadenia stipulacea*) em relação à umbrófila (*Anadenanthera colubrina*) mas, assim como neste estudo, observaram decréscimo da TCR com o sombreamento.

Outra variável, além das já descritas neste trabalho, ligada à eficiência fotossintética das plantas e conseqüentemente ao crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes é a clorofila (ENGEL; POGGIANI, 1991). As clorofilas, que estão contidas nos cloroplastos das células vegetais, são pigmentos verdes especializados em absorver a luz (TAIZ; ZEIGER, 2004). De todos os tipos de clorofila a *a* e a *b*, são as mais abundantes nas plantas verdes.

Sabe-se que espécies tolerantes à sombra apresentam baixa razão *cl<sub>a</sub>/cl<sub>b</sub>* e alto conteúdo de clorofila por área (GIVINISH, 1988; VALLADARES; NIINEMETS, 2008) e que essa razão se altera, bem como o conteúdo de total de clorofila, quando ocorre mudança na intensidade de luz.

Os valores médios de  $cl_{Total}$  tiveram diferenças significativas somente para as espécies (Gráfico 3.5) e *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz obteve maior valor ( $85,6 \mu\text{g cm}^{-2}$ ) que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm ( $47 \mu\text{g cm}^{-2}$ ).

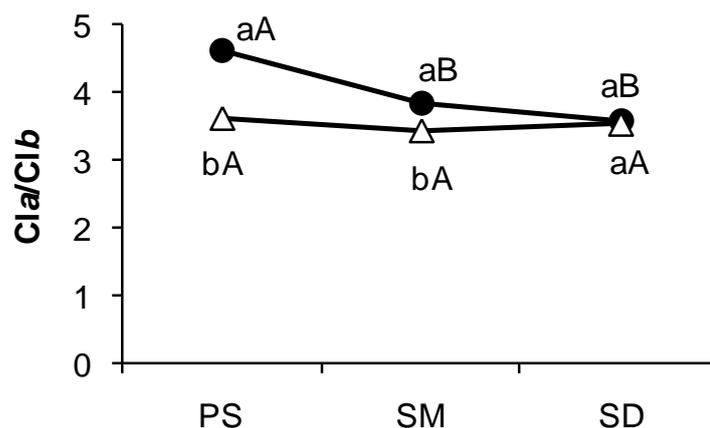
**Gráfico 3.5** - Médias da clorofila total ( $cl_{Total}$ ) de plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm aos 150 dias submetidas ao gradiente de sombreamento, em Pentecoste, Ceará



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A razão  $cl_a/cl_b$  foi resultado da interação entre os fatores (Gráfico 3.6), em que o nível de sombreamento foi capaz de diminuir o valor dessa variável para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz, mas não para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz apresentou decréscimo de 16% na razão  $cl_a/cl_b$  do PS para SM e SD, ou seja, seu nível de  $cl_b$  aumentou com o sombreamento. Para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm Engel e Poggiani (1991) observaram uma correlação negativa  $cl_a/cl_b$  entre a razão com o aumento do nível de sombra, diferentes dos resultados deste trabalho. Os resultados de Ferreira *et al.* (2012) estão similares ao deste estudo, no sentido da ecologia da sucessão, pois a espécie heliófila (*Piptadenia stipulacea*) decresceu a razão  $cl_a/cl_b$ , enquanto que a umbrófila (*Anadenanthera colubrina*) manteve os mesmo valores com o aumento do grau de sombreamento.

**Gráfico 3.6** - Médias da razão de clorofila a/b ( $cl_a/cl_b$ ) plântulas de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (●) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (Δ) aos 150 dias submetidas ao pleno sol (PS), sombreamento moderado (SM) e sombreamento denso (SD), em Pentecoste, Ceará



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre espécies e pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre sombreamentos, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De todas as variáveis analisadas e que apresentaram interação significativa entre os fatores estudados, oito (MSF, MST, RMR, RMF, MFE, AFE,

TCR e razão  $cl_a/cl_b$ ) apresentaram maior plasticidade para *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, ou seja, esta quando submetida ao sombreamento é capaz de ajustar sua partição de biomassa, embora *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm tenha apresentado maiores vantagens quando submetida à sombra apresentando maiores valores de MST, RMR, razão raiz/PA, AF e TCR. A plasticidade ajuda a planta a ter uma performance melhor quando as condições ambientais mudam, porém nem sempre esse é o caso (MINER *et al.*, 2005), pois a plasticidade pode levar a mudanças que não são vantajosas ou que são prejudiciais (VIA *et al.*, 1995; PIGLIUCCI, 2005).

### 3.4 CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm faz menos ajustes na sua partição de biomassa na sombra em relação ao pleno sol, portanto é mais tolerante à sombra e menos plástica. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz faz mais ajustes na sua partição de biomassa na sombra e nem sempre esses ajustes lhe proporcionam vantagens, portanto é menos tolerante à sombra e mais plástica, contribuindo para confirmar a hipótese testada.

Se do ponto de vista ecológico as plantas tolerantes á sombra são aquelas capazes de tolerar baixos níveis de luz, *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm demonstrou tolerar mais o sombreamento que *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz.

Como *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz ocorre em áreas em estágio avançado de sucessão secundária, sugere-se que outros fatores os quais não foram avaliados neste trabalho, tais como umidade e disponibilidade de nutrientes, bem como fatores bióticos, como herbivoria e competição, possam influenciar o recrutamento de seus indivíduos.

## CONCLUSÃO GERAL

As sementes de *Poincianella pyramidalis* são menores e mais leves, característica de espécies iniciais e as de *Amburana cearensis* são maiores e mais pesadas, característica de espécies tardias.

A avaliação da germinação de *Poincianella pyramidalis* e *Amburana cearensis* em diferentes condições de temperaturas e na ausência e presença de luz, permite concluir que ambas as espécies apresentam uma germinação ótima em temperaturas constantes, sendo 25 °C para *Poincianella pyramidalis* e 35 °C para e *Amburana cearensis* e que a alternância de temperatura não oferece resposta que corrobore com a maior ocorrência de *Poincianella pyramidalis* em áreas em estágio inicial e final da sucessão secundária. Quanto a esse aspecto é necessário que haja uma maior investigação com diferentes amplitudes térmicas para os testes de germinação.

Porém, pode-se sugerir que a dormência secundária em *Poincianella pyramidalis* possa contribuir para a sua alta densidade em áreas em estágio inicial de sucessão, bem como ao fato de sua densidade de indivíduos, ser maior que a de *Amburana cearensis*, em áreas com estágios avançados.

Quanto à presença de luz, ambas as espécies foram capazes de germinar na luz e no escuro, sendo que a previsão de que *Amburana cearensis* germine mais na ausência de luz que na presença foi corroborada para as temperaturas de 15, 20 e 25 °C, o que pode contribuir para o sucesso da germinação e conseqüentemente favorecer a sua exclusividade em áreas conservadas.

Os resultados demonstraram que *Amburana cearensis* faz menos ajustes na sua partição de biomassa na sombra em relação ao pleno sol, portanto é mais tolerante à sombra e menos plástica. *Poincianella pyramidalis* faz mais ajustes na sua partição de biomassa na sombra e nem sempre esses ajustes lhe proporcionam vantagens, portanto é menos tolerante à sombra e mais plástica, contribuindo para confirmar a hipótese testada.

Se do ponto de vista ecológico as plantas tolerantes á sombra são aquelas capazes de tolerar baixos níveis de luz, *Amburana cearensis* demonstrou tolerar mais o sombreamento que *Poincianella pyramidalis*.

Como *Poincianella pyramidalis* ocorre em áreas em estágio avançado de sucessão secundária, sugere-se que outros fatores os quais não foram avaliados

neste trabalho, tais como umidade e disponibilidade de nutrientes, bem como fatores bióticos, como herbivoria e competição, possam influenciar o recrutamento de seus indivíduos.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, I.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, p.615-623, 2005.
- AMORIM, I.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do seridó, RN. **Revista Árvore**, v.33,p.491-499, 2009.
- ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V.. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de usos, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **Cerne**, v.11, p.253-262, 2005.
- ARNON, D.I; Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant physiology**. v.24, p.1-15, 1949.
- BARBOSA, D.C.A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds). **Ecologia e conservação da caatinga**, Editora Universitária (UFPE), Recife, p. 657-693, 2003.
- BARBOSA, D.C.A.; BARBOSA, M.C.A; LIMA, L.C.M. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds). **Ecologia e conservação da caatinga**, Editora Universitária (UFPE), Recife, p.657-693, 2003.
- BARBOSA, M.R.V.; LIMA, I.B.; LIMA, J.R.; CUNHA, J.P.; AGRA, M.F.; THOMAS, W.W. Vegetação e flora no Cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, p.313-322, 2007.
- BAZZAZ, F.A.; Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.11, p.287-310, 1979.
- BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.28, p.355-77, 1977.
- BUDOWSKY, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v.15, p. 40-42, 1965.
- CÂMARA, C.A.; ENDRES, L. Desenvolvimento de mudas de duas espécies arbóreas: *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. e *Sterculia foetida* L. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Floresta**, v.38,p.43-51, 2008.
- CECCON, E.; HUANTE, P.; CAMPO. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on the survival and recruitment of seedlings of dominant tree species in two abandoned tropical dry forests in Yucatán, Mexico. **Forest Ecology and Management**, v.182, p. 387–402, 2003.
- CECCON, E.; HUANTE, P.; RINCÓN, E. Abiotic Factors Influencing Tropical Dry Forests Regeneration. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, p.305-312, 2006.

CECCON, E.; SANCHÉZ, S.; CAMPO, J. Tree seedling dynamics in two abandoned tropical dry forests of different successional status in Yucatán, Mexico: a field experiment with N and P fertilization. **Plant Ecology**, v. 170, p.12–26, 2004.

CHAPIN III, F.S.; AUTUNM, K.; PUGNAIRE, F. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. **American Naturalist**, v.142, p. 79-92, 1993. Supplement.

CHAZDON, R.L.; LETCHER, S.G.; VAN BREUGEL, M.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F. FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions**, v.362, p.273-289, 2007.

CLEMENTS, F.E. Nature and structure of the climax. **The Journal of Ecology**, v.24, p.252-284, 1936.

COLEMAN; J.S.; MacCONNAUGHAY, K.D.M; ACKERLY, D.D. Interpreting phenotypic variation in plants. **Trends in Ecology and Evolution**, v.9, p.187-191, 1994.

CORNELISSEN, J.H.C.; LAVOREL, S.; GARNIER, S.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D.E.; REICH, P.B.; TER STEEGE, H.; MORGAN, H.D.; VAN DE HEIDJEN, M.G.A.; PAUSAS, J.G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v.51, p. 335-380, 2003.

DANTAS, B.F.; LOPES, A.P.; SILVA, F.F.S.; LÚCIO, A.A.; PIRES, M.M.M.L.; ARAGÃO, C.A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetida a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, v.33, p.413-423, 2009.

DANTAS, J.G; HOLANDA, A.C.; SOUTO, L.S.; JAPIASSU, A.; HOLANDA, E.M. Estrutura do componente arbustivo/arbóreo de uma área de caatinga situada no município de Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.134-142, 2010.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

EMBRAPA. **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. (Boletim Agrometeorológico, n. 26)

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

ENGEL; V.L.; POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF**, n.43/44, p.1-10, jan. 1990.

FERREIRA, W.N.; ZANDEVALLI, R.B.; BEZERRA, A.M.E; MEDEIROS FILHO, S. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v.26, p.408-414, 2012.

FIGUEIREDO, J.M; ARAÚJO, J.M.; PEREIRA, O.N.; BAKKE, I.A.; BAKKE, O.A. Revegetation of degraded caatinga sites. **Journal of Tropical Forest Science**, v.24, p. 332–343, 2012.

GALINDO, I.C.L.; RIBEIRO, M.R.; SANTOS, M.F.A.V.; LIMA, J.F.W.F. FERREIRA; R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.1283-1296, 2008.

GERHARDT, K. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 82, p.33-48, 1996.

GIVINISH, T.J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.15, p.63–92, 1988.

GONZÁLEZ, A.V.; GIANOLI, E. Morphological plasticity in response to shading in three *Convolvulus* species of different ecological breadth. **Acta Oecologica**, v.26, p.185–190, 2004.

GRIZ, L.M.S.; MACHADO, I.C.S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.17, p.303-321, 2001.

HUANTE, P.; RINCÓN, E. Responses to light changes in tropical deciduous woody seedlings with contrasting growth rates. **Oecologia**, v.113, p.53-66, 1998.

KITAJIMA, K.. Relative importance of photosynthetic traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. **Oecologia**, v.98, p.419-428, 1994.

LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; LACHER JR, T.E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.139-146, 2005.

LEITE, A.V.; MACHADO, I.C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1374-1380, 2010.

LOHBECK, M.; POORTER, L.; LEBRIJA-TREJOS, E.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MEAVE, J.A.; PAZ, H.; PÉREZ-GARCÍA, E.A.; ROMERO-PÉREZ, I.E.; TAURO, A.; BONGERS, F. Successional changes in functional composition contrast for dry and wet tropical Forest. **Ecology**, v.94, p.1211-1216, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998.

MAIA, N.G. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Editora Livro e Arte, 2004. 413p.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought- and shade-tolerance. **Journal of Ecology**, v.97, p.311–325, 2009.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L.; BONGERS, F. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. **American Journal of Botany**, v.94, p.515-525, 2007.

MINER, B.G.; SULTAN, S.E.; MORGAN, S.G.; PADILHA, D.K.; RELYEA, R.A. Ecological consequences of phenotypic plasticity. **Trends in Ecology and Evolution**, v.20, p. 685-692, 2005.

MONTEIRO, J.M.; LINS NETO, E.M.F.; AMORIM, E.L.C.; STRATTMANN, R.R.; ARAUJO, E.L.; ALBUQUERQUE, V.P. Teor de taninos em três espécies medicinais arbóreas simpátricas da caatinga. **Revista Árvore**, v.29, p.999-1005, 2005.

PENNINGTON, R.T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A.; Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.40, p.437–457, 2009.

PIGLIUCCI, M. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, p.481–486, 2005.

POORTER, H.; NIINEMETS, U.; POORTER, L.; WRIGHT, I.J.; VILLAR, R. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. **New Phytologist**, v.182, p.565–588, 2009.

POORTER, H.; PEPIN, S.; RIJKERS, T.; JONG, Y.; KÖRNER, C. Construction costs, chemical composition and payback time of high- and low-irradiance leaves. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.355–371, 2006.

POORTER, L.; VAN DE PLASSCHE, M.; WILLEMS, S.; BOOT, R. G. A. Leaf traits and herbivory rates of tropical tree species differing in successional status. **Plant Biology**, v.6, p.746–754, 2004.

PRADO, D.E. As caatingas da América do Sul. *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga**, Recife: Editora Universitária (UFPE), 2003. p.657-693.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da caatinga**. 1. ed. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009. 467p.

QUEIROZ, J.A.; TROVÃO, D.M.B.M.; OLIVEIRA, A.B.; OLIVEIRA, E.C.S. Análise da Estrutura Fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, p.251-259, 2006.

RAMOS, K.M.O.; FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; SOUSA-SILVA, J.C.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Sm (Allemao) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, p. 351-358, 2004.

REICH, P.B.; WRIGHT, I.J.; CAVANDER-BARES, J.M. CRAINE, J. OLESKSYN, M.; WESTOBY, M.; WALTERS, M.B. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, v.164, p.143–164, 2003.

REES, M.; CONDIT, R.; CARWLEY, M.; TILMAN, D. Long-Term Studies of Vegetation Dynamics. **Science**, v.293, p.650-655, 2001.

S'ANCHEZ-GÓMEZ, D.; VALLADARES, F.; ZAVALA, M.A. Performance of seedlings of Mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. **New Phytologist**, v.170, p.795–806, 2006.

SACK, L. Responses of temperate woody seedlings to shade and drought: do trade-offs limit potential niche differentiation? **Oikos**, v.107, p.110–27, 2004.

SANTANA, J.A.S.; SOUTO, J.S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.232-242, 2006.

SILVA, S.O.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; LIRA, M.A. JÚNIOR, F.T.A.; CANO, M.O.O.; TORRES, J.E.L. Regeneração natural em um remanescente de caatinga com diferentes históricos de uso no agreste pernambucano. **Revista Árvore**, v.36, p.441-450, 2012.

SULTAN, S.E. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. **Evolution and Development**, v.5, p.25-33, 2003.

SWAINE, M.D.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v.75, p.81-86, 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALLADARES, F.; GIANOLI, E.; GÓMEZ, J.M. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. **New Phytologist**, v.176, p.749-763, 2007.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U. Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.39, p.237–257, 2008.

VALLADARES, F.; WRIGHT, S.J.; LASSO, E.; KITAJIMA, K.; PEARCY, R.W. Plastic phenotypic response to light of 16 congenetic shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology**, v.81, p.1925-1936, 2000.

VIA, S.; GOMULKIEWICZ, DE JONG, G.; SCHEINER, S.M.; SCHILICHTING, C.D.; VAN TIENDEREN, P.H. Adaptative phenotypic plasticity: consensus and controversy. **Trends in Ecology and Evolution**, v.10, p. 212-217, 1995.

WALTERS, M.B.; REICH, P.B. Low-light carbon balance and shade tolerance in the seedlings of woody plants: do winter deciduous and broad-leaved evergreen species differ? **New Phytologist**, v.143, p.143–154, 1999.

WESTOBY, M.; FALSTER, D.S.; MOLES, A.T.; VESK, P.A.; WRIGHT, I.J. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.33, p.125–159, 2002.