



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

DAYANNE TÂMELA SOARES NOGUEIRA

**SALINIDADE, TEMPERATURA E PETRÓLEO NA RESPOSTA
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P.
QUEIROZ**

MOSSORÓ

2016

DAYANNE TÂMELA SOARES NOGUEIRA

**SALINIDADE, TEMPERATURA E PETRÓLEO NA RESPOSTA
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P.
QUEIROZ**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ecologia e Conservação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres

Orientador: Celsemy Eleutério Maia,
Prof. Dr.

Co-orientadora: Danielle Marie Macedo
Sousa, Prof. Dr^a.

MOSSORÓ

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N778s Nogueira, Dayanne Támela Soares.

Salinidade, temperatura e petróleo na resposta fisiológica de sementes de *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P. QUEIROZ / Dayanne Támela Soares Nogueira. - 2016.

78 f. : il.

Orientador: Celso Eleutério Maia.

Coorientadora: Danielle Marie Macedo Sousa.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, 2016.

1. Floresta seca. 2. Absorção de água. 3. Germinação. I. Maia, Celso Eleutério, orient. II. Sousa, Danielle Marie Macedo, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DAYANNE TÂMELA SOARES NOGUEIRA

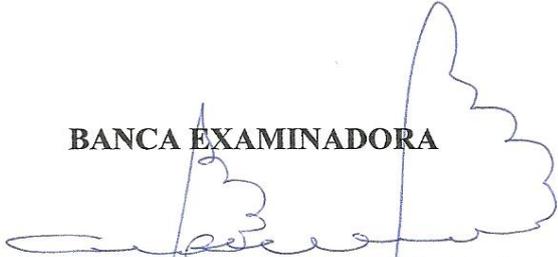
**SALINIDADE, TEMPERATURA E PETRÓLEO NA RESPOSTA
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P.
QUEIROZ**

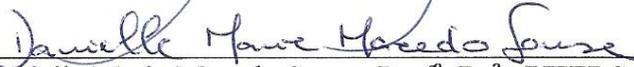
Dissertação apresentada ao Mestrado em Ecologia e Conservação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres

Defendida em: 24 / 02 / 2016.

BANCA EXAMINADORA


Celso Eleutério Maia, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente


Danielle Marie Macedo Sousa, Prof^ª. Dr^ª. (UFERSA)
Membro Examinador


Elis Regina Costa de Moraes, Prof^ª. Dr^ª. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter-me concedido a vida, saúde, sabedoria e perseverança para realizar esse trabalho.

Aos meus pais, pelo incentivo aos estudos desde criança, por todo amor e por cada segundo de suas vidas a mim dedicados. Obrigada por me compreenderem, por me apoiarem e por serem exemplos de pessoas dignas e batalhadoras. Muito obrigada por tudo. Amo muito vocês!

A minha avó Socorro e ao meu avô Luiz (*in memorian*), por todos os sacrifícios que por mim fizeram e pelo amor que me dedicaram.

A Thiago Kennedy, por todo o seu carinho e incentivo. Muito obrigada por me acalmar nos momentos de desespero e por me ajudar sempre que precisei.

A minha tataravó (*in memorian*), que sempre me aconselhava a ser feliz e investir nos estudos, pois a sabedoria é o único bem que ninguém pode nos roubar.

Aos meus tios e primos que torceram pelo meu sucesso.

Ao meu orientador Celsemy Eleutério Maia, pela oportunidade oferecida. Obrigada pela confiança, paciência, amizade e por todo conhecimento passado.

A minha co-orientadora Danielle Marie, por toda ajuda oferecida, pela confiança, paciência, amizade e por todo conhecimento passado.

A Silvia, por me ajudar sempre que precisei, pela amizade e pelos bons momentos de risos compartilhados.

A Drayena, por me ajudar sempre que possível, pela amizade e pelos bons momentos compartilhados.

A Nicolas, por toda ajuda e amizade.

A Valdete, pelo auxílio sempre que precisei.

A Universidade Federal Rural do Semi Árido, pela oportunidade oferecida.

“Ser grato, é ser maior.

A gratidão é o maior princípio do reconhecimento.

Quando a gente recebe algo, faz todo sentido mostrar gratidão.

Quando não se nasce grato, tem de se fazer por ser. Com o tempo você acaba sendo naturalmente.

A gratidão não é moeda de troca, é gentileza.”

A todos vocês, meu muito obrigada!

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.

Há tempo de plantar, e tempo de colher.

(Eclesiastes 3)

Crê em ti mesmo, age e verá os resultados. Quando te esforças,
a vida também se esforça para te ajudar.

(Chico Xavier)

O novo virá

Pra re-harmonizar

A terra, o ar, água e o fogo.

(Tiago Iorc)

RESUMO

Durante o processo de germinação, a absorção de água pelas sementes é fundamental na retomada das atividades metabólicas, e todos os fatores que controlam os eventos fisiológicos envolvidos no processo germinativo sofrem influência da temperatura. Nesse processo também é válido observar o grau de tolerância das sementes à salinidade, e à contaminantes como o petróleo. *Poincianella pyramidalis* é endêmica da Caatinga e comumente indicada para recuperação de áreas degradadas. Este trabalho tem como objetivo analisar a tolerância dessa espécie à diferentes condutividades elétricas e temperaturas durante seu processo de embebição de água e germinação, bem como sua tolerância a diferentes tempos de imersão em petróleo. O experimento de absorção foi desenvolvido sob o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 7 x 3, sendo 5 salinidades, 7 temperaturas e 3 repetições. As sementes foram pesadas em diversos períodos de tempo até a estabilização da curva de absorção. O experimento de germinação foi desenvolvido utilizando as sementes provenientes do teste de absorção de água, desenvolvido sob o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 5 x 3, sendo 5 salinidades, 5 temperaturas e 3 repetições. As avaliações da germinação foram efetuadas diariamente até a estabilização da mesma. O experimento com petróleo foi desenvolvido sob o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4, sendo 5 tratamentos e 4 repetições. Os períodos de tempos de imersão em petróleo empregados foram de 0 ; 5 ; 60; 720 e 1440 minutos. Durante o processo de absorção de água, o aumento da CE ocasionou a redução da $AA_{máx}$ e da $TAA_{máx}$, e o aumento da temperatura provocou redução apenas no $tAA_{50\%}$. No processo de germinação, o aumento da CE ocasionou decréscimo na $G_{máx}$ e aumento no $tG_{50\%}$, enquanto que o aumento da temperatura interferiu positivamente até $27^{\circ}C$ na $G_{máx}$ e na $TG_{máx}$, porém, reduziu o $tG_{50\%}$, e o $tTG_{máx}$. O petróleo afetou negativamente as sementes, reduziu a $E_{máx}$ e a $TE_{máx}$, enquanto que o $t.E_{50\%}$, e o $t.TE_{máx}$ foram prolongados.

Palavras-chave: Floresta seca; absorção de água; germinação.

ABSTRACT

During the process of germination, water absorption by the seeds is crucial in the recovery of metabolic activity, and all the factors that control the physiological events involved in the germination process are influenced by temperature. This process is also worth noting the degree of tolerance of seeds to salinity, and contaminants such as oil. *Poincianella pyramidalis* is endemic to the Caatinga and commonly indicated for recovery of degraded areas. This work aims to analyze the tolerance of this species to different electrical conductivities and temperatures during their soaking process water and germination, as well as their tolerance for different times of immersion in oil. The experiment absorption was developed under a completely randomized design in a factorial 5 x 7 x 3, 5 salinities, temperatures 7 and 3 repetitions. The seeds were weighed at various periods of time until the stabilization of the absorption curve. The germination experiment was conducted using the seeds from the water absorption test, developed under a completely randomized design in a factorial 5 x 5 x 3, 5 salinities, temperatures 5 and 3 repetitions. The germination evaluations were performed daily until the stabilization of the same. The experiment oil was developed under a completely randomized design in a factorial 5 x 4, 5 treatments and 4 repetitions. The periods of immersion times oil employed were 0; 5; 60; 720 and 1440 minutes. During the process of water absorption, the increase of EC caused a reduction of AA_{max} and TAA_{max} , and the temperature increase caused reduction only $tAA_{50\%}$. In the process of germination, the increase of EC resulted in decreased G_{max} and increased $TG_{50\%}$, while increasing temperature had a positive influence to $27^{\circ}C$ at G_{max} and TG_{max} , however, reduced the $TG_{50\%}$, and $t.TG_{max}$. The oil seed negatively impacts, reduced E_{max} and TE_{max} , while $t.E_{50\%}$ and $t.TE_{max}$ were prolonged.

Keywords: Dry forest; water absorption; germination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curvas de absorção de água em função do tempo e sua absorção relativa, por sementes de Catingueira sob diferentes condutividades elétricas e temperaturas.	366
Figura 2. Taxas de absorção de água em função do tempo e sua absorção relativa, por sementes de catingueira sob diferentes condutividades elétricas e temperaturas.....	40
Figura 3. Absorção máxima de água em função da CE.....	44
Figura 4. Coeficiente angular das equações em função da temperatura.....	455
Figura 5. Tempo de absorção de 50% do valor máximo absorvido para diferentes CE em função da temperatura.	455
Figura 6: Germinação de sementes de Catingueira em função do tempo e sua germinação relativa, sob diferentes condutividades elétricas e temperaturas.	49
Figura 7: Taxas de germinação de sementes de Catingueira em função do tempo e sua taxa de germinação relativa, sob diferentes condutividades elétricas e temperaturas.....	50
Figura 8: Médias da germinação máxima de sementes de Catingueira em função da temperatura.	522
Figura 9: Médias da germinação máxima em função da CE.....	544
Figura 10: Médias dos tempos para germinar 50% do máximo de sementes germinadas em função da CE.	56
Figura 11: Médias dos tempos para germinar 50% do máximo de sementes germinadas em função da temperatura.	56
Figura 12: Médias das taxas máximas de germinação em função da CE.....	57
Figura 13: Médias das taxas máximas de germinação em função da temperatura.....	58
Figura 14: Médias dos tempos das taxas máximas de germinação em função da CE....	59
Figura 15: Médias dos tempos das taxas máximas de germinação em função da temperatura.	59
Figura 16: Emergência de sementes de Catingueira imersas em petróleo por diferentes tempos (minutos), em função do tempo.	611

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros do modelo ($AA_{m\acute{a}x}$, α' , n'), coeficiente de determinação (R^2), tempo necessário para absorver de 50% do máximo de água absorvida ($t.AA_{50\%}$, dia), tempo da taxa de máxima de absorção ($t.TAA_{m\acute{a}x}$, dia) e taxa máxima de absorção ($TAA_{m\acute{a}x}$, % dia ⁻¹) de sementes de Catingueira em função da CE e da temperatura.....	34
Tabela 2. Parâmetros do modelo (AA_{max} , α , n), coeficiente de determinação (R^2), tempo necessário para germinar de 50% do máximo de ementes germinadas ($t.G_{50\%}$, dia), tempo da taxa de máxima de germinação ($t.TG_{Max}$, dia) e taxa máxima de germinação (TG_{Max} , % dia ⁻¹) de sementes de Catingueira em função da CE e da temperatura.....	47
Tabela 3: Temperatura ótima, mínima e máxima para germinação de sementes de Catingueira e sua respectiva germinação máxima.....	533
Tabela 4. Parâmetros do modelo ($E_{m\acute{a}x}$, α'' , n''), coeficiente de determinação (R^2), tempo necessário para emergir de 50% do máximo de sementes emergidas ($t.E_{50\%}$, dia), tempo da taxa máxima de emergência ($t.TE_{Max}$, dia) e taxa máxima de emergência (TE_{Max} , % dia ⁻¹) de sementes de catingueira em função do tempo (minuto) de imersão em petróleo.....	60

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
OBJETIVO GERA	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
1.1 BIOMA CAATINGA	16
1.2 <i>POINCIANELLA PYRAMIDALIS</i> (TUL.) L. P. QUEIROZ.....	18
1.3 GERMINAÇÃO	19
1.4 DORMÊNCIA	20
1.5 ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS SEMENTES	22
1.6 EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A GERMINAÇÃO	24
1.7 EFEITO DA SALINIDADE SOBRE A GERMINAÇÃO.....	26
1.8 EFEITO TÓXICO DO PETRÓLEO SOBRE A GERMINAÇÃO.....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1 CURVA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	30
2.2 TESTE DE GERMINAÇÃO	31
2.3 TESTE DE EMERGÊNCIA SOB EFEITO DO PETRÓLEO	32
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.1 CURVA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	34
3.2 TESTE DE GERMINAÇÃO	45
3.3 TESTE DE EMERGÊNCIA SOB EFEITO DO PETRÓLEO	60
4.CONCLUSÃO.....	64
REREFÊNCIAS	65

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se intensificado o interesse na propagação de espécies nativas, em razão da necessidade de recuperação de áreas degradadas, e o uso de leguminosas arbóreas ou arbustivas tem sido uma prática comum em regiões tropicais (GIACHINI, 2010). Entretanto, não há conhecimento suficiente para o manejo e análise das sementes da maioria dessas espécies, de modo a fornecer dados que possam caracterizar seus atributos físicos e fisiológicos.

Durante o processo de germinação, a absorção de água pelas sementes é fundamental na retomada das atividades metabólicas (MARCOS FILHO, 2005), e sua importância está relacionada tanto na elucidação do processo germinativo quanto na determinação da duração de tratamentos com reguladores vegetais, condicionamento osmótico e pré-hidratação (FERREIRA et al., 2006).

Em regiões onde a disponibilidade de água é escassa durante uma parte do ano, o período germinativo é de grande importância para a sobrevivência das espécies florestais, e nesse processo deve-se observar o grau de tolerância a salinidade, o qual depende da capacidade das plantas de minimizarem os efeitos dos sais através de mecanismos específicos de adaptação (LARCHER, 2000).

A observação da porcentagem de germinação em substratos salinos, é um dos métodos mais empregados para determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais (LIMA e TORRES, 2009), pois a salinidade afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, e a redução do poder germinativo, em comparação com o controle, serve como um indicador do índice de tolerância da espécie à salinidade (GÓIS et al., 2008).

Outro fator ambiental que pode interferir na capacidade germinativa de sementes das espécies é a temperatura, cujos efeitos também podem ser avaliados a partir de mudanças ocasionadas na porcentagem e velocidade de germinação ao longo do tempo de incubação (FONSECA e PEREZ, 1999). Todos os fatores que controlam os eventos fisiológicos envolvidos na germinação sofrem influência da temperatura (BAWLEY e BLACK, 1994). Para qualquer processo ou evento, há geralmente uma temperatura mínima, abaixo da qual sua velocidade é zero; uma faixa ótima, em que o processo de germinação ocorre em maior intensidade e velocidade (HORIBE e CARDOSO, 2001), e uma temperatura máxima acima da qual o processo não ocorre (PROBERT, 1993).

Desastres ambientais como derrames de petróleo no solo, também podem interferir na germinação das sementes presentes no local, geralmente ocasionando baixa velocidade e porcentagem de germinação (ADAM e DUNCAN, 2002; BONA e SANTOS, 2003; BARDELLI-DA-SILVA, 2006; REZENDE, 2006), uma vez que o óleo formar uma camada hidrofóbica ao redor da semente, dificultando e/ou impedindo a absorção de água e oxigênio, que são essenciais para a germinação (BAKER, 1970; LARCHER, 2000; MERKL et al., 2005), e até mesmo componentes do óleo podem penetrar na semente e alterar reações metabólicas ou matar o embrião (BAKER, 1970; ADAM e DUNCAN, 2002; ACHUBA, 2006).

A espécie em estudo, *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Leguminosae) é popularmente conhecida como catingueira, encontrada no nordeste brasileiro e ecologicamente classificada como pioneira, pode ser utilizada em programas de reflorestamento de áreas degradadas (SANTANA et al., 2011). Suas sementes possuem dormência por impermeabilidade do tegumento à água, necessitando portanto de um processo que ocasione a ruptura do tegumento, permitindo a absorção de água e posterior germinação (NASSIF e PEREZ, 1997). É uma das espécies da Caatinga mais explorada pela população local como fonte de lenha e carvão vegetal, para fins medicinais e forrageiros (FRANCELINO et al., 2003; FIGUEIRÔA et al., 2005; SANTOS et al., 2008), justificando assim, sua exploração maciça, necessitando atualmente de estratégias para sua multiplicação, manejo sustentável e conservação.

Apesar de nos últimos anos o número de pesquisas científicas voltadas para espécies florestais ter alcançado um aumento significativo, ainda há a necessidade de trabalhos que gerem novos conhecimentos técnicos para diversas espécies essenciais (ABDO e PAULA, 2006), e que também retratem às condições ótimas para germinação das sementes de espécies, em especial da Caatinga, o que enfatiza a necessidade de maiores esforços para a obtenção de informações a fim de fornecer subsídios para a produção de mudas da flora nativa brasileira (REBOUÇAS, 2009).

OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de diferentes temperaturas, condutividades elétricas e petróleo em sementes de *P. pyramidalis* à durante seu processo de embebição de água e germinação.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito de diferentes temperaturas e condutividades elétricas durante o processo de absorção de água e germinação em sementes de *P. pyramidalis*;

Determinar as temperaturas mínima, ótima e máxima para germinação das sementes da espécie em estudo;

Estimar o efeito do petróleo na germinação de sementes da espécie estudada.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 BIOMA CAATINGA

As florestas nativas no Brasil recobrem 385 milhões de hectares de seu território (IPEF, 2005), sendo que, cerca de 800 mil km² pertence a região de Caatinga, o correspondente a 70% do território nordestino e 11% do território nacional, abrangendo os Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia, Ceará, sul e leste do Piauí e norte de Minas Gerais (IBGE, 2010).

A climatologia da Caatinga é considerada complexa, pois recebe elevada taxa de radiação solar, que juntamente com a temperatura e a quantidade de nutrientes no ecossistema variam pouco durante o ano, enquanto que, as precipitações são irregulares e mal distribuídas, ocorrendo em eventos descontínuos de curta duração conhecidos como “pulsos” de precipitações, que servem para avaliar a dinâmica desse ecossistema (NOY-MEIR, 1973; FERNANDES, 1992).

Pela teoria geral da coexistência, na região semiárida, a variabilidade das chuvas estimula mecanismos específicos, que contribuem para a manutenção da diversidade das espécies (ANDRADE et al., 2006), e a vegetação da Caatinga é decorrente dos fatores climáticos marcantes da região que, por sua vez, está associada aos tipos de solo, ao relevo e a rede hidrográfica. Esse conjunto de fatores resultou em tipos de vegetação xerófilas muito especiais, característica das paisagens que compõem esse ecossistema (ANDRADE LIMA, 1981), e a renovação das copas em um curto período de tempo no início da época de chuvas e a caducifolia durante parte da estação seca são algumas das características mais marcantes dessa vegetação (BARBOSA et al., 2003; ARAÚJO e FERRAZ, 2003).

Em sua maioria, as espécies da Caatinga apresentam adaptações fisiológicas e/ou morfológicas que permitem a sobrevivência em condições de déficit hídrico. Dentre essas, destacam-se a redução da área foliar, o mecanismo de fechamento estomático, (DINIZ, 1999), a senescência, a caducifolia (SANTOS e CARLESSO, 1998), e o ajustamento osmótico (NOGUEIRA, 1997). O déficit de água nos tecidos, gerado pela elevada taxa de evaporação ou pelo suprimento de água limitado no solo, afetam os aspectos de crescimento e desenvolvimento das plantas (KRIEG, 1993).

O estudo das diversas adaptações fisiológicas das plantas da Caatinga às condições estressantes, é de vital importância para o entendimento dos ecossistemas do

semi-árido. O conhecimento dessas variáveis fisiológicas possibilita o entendimento de como as espécies vegetais conseguem se estabelecer neste ambiente, exteriorizando fenótipos condicionados pelo seu patrimônio genético, permitindo-lhes a permanência e, portanto, a sua evolução nos diversos ambientes, muitas vezes considerados inóspitos e inviáveis à sobrevivência (DILMA et al., 2007).

O uso dos recursos da Caatinga se fundamenta em princípios extrativistas com ausência de manejo sustentável, o que acarreta problemas irreparáveis para a diversidade faunística e florística desse bioma (DRUMOND et al., 2000). A substituição de sua mata nativa por áreas agricultáveis e pastagens, bem como o uso da madeira como principal fonte de energia, são os principais responsáveis por seu histórico de perturbações ambientais (ANDRADE et al., 2005). Perante essa situação, a recuperação e conservação da Caatinga torna-se necessária, (ANDRADE, 2007) bem como o desenvolvimento de fitotecnologias para produção de sementes e mudas nativas, métodos de armazenamento, e compreensão dos mecanismos de dormência e germinação (ZAMITH e SCARANO, 2004).

No processo de recuperação de ecossistemas, também é fundamental o conhecimento ecofisiológico das espécies quanto ao seu processo germinativo, de emergência, sobrevivência, e desenvolvimento (SIMÃO, 2009). De acordo com Rodrigues e Nave (2000), uma das principais causas do uso de um número restrito de espécies florestais nativas regionais, em programas de recuperação de áreas degradadas, é a falta de estudos dessa natureza.

Perante a importância do conhecimento sobre as espécies vegetais e a constante destruição das mesmas, torna-se notória a necessidade de implementações de medidas capazes de reduzir ou compensar os efeitos causados pela ação humana, não apenas na Caatinga, como também em todos os biomas brasileiros (REBOUÇAS, 2009).

À procura de conhecimento acerca de ótimas condições para germinação, dados que referem-se a temperatura ótima e condições ideais de umidade são fundamentais para pesquisa científica (VARELA et al., 2005), e o estudo sobre germinação, em experimentos laboratoriais sobre aspectos da emergência e crescimento inicial de plântulas, ajuda na compreensão, a partir da análise comportamental durante o processo de desenvolvimento, de peculiaridades biogeográficas e fisiológicas das espécies vegetais sob condições naturais (REBOUÇAS, 2009).

Apesar de nos últimos anos o número de pesquisas científicas voltadas para espécies florestais ter alcançado um aumento significativo, ainda há a necessidade de

trabalhos que retratem às condições ótimas para germinação das sementes de espécies em especial da Caatinga, o que enfatiza a necessidade de maiores esforços para a obtenção de informações a fim de fornecer subsídios para a produção de mudas da flora nativa brasileira (REBOUÇAS, 2009).

Apesar disto, poucos são os trabalhos envolvendo o comportamento das espécies da Caatinga face às condições de estresse a que são continuamente submetidas, fazendo-se necessário pesquisas que envolvam os aspectos fisiológicos que permitam o entendimento de como essas plantas sobrevivem e suas estratégias evolutivas (DILMA et al., 2007).

1.2 POINCIANELLA PYRAMIDALIS (TUL.) L. P. QUEIROZ

A família Fabaceae, anteriormente Leguminosae segundo Schrire et al. (2005) compreende cerca de 171 gêneros com cerca de 2.250 espécies tropicais e subtropicais. Dentre elas a espécie *Poincianella pyramidalis* é uma das espécies de mais ampla dispersão no nordeste semi-árido podendo ser encontrada em diversas associações vegetais (SILVA et al., 2009)

A espécie arbórea *P. pyramidalis* vegeta tanto nas várzeas úmidas como no Seridó semiárido e ainda no litoral, sertão e pés de serra (MOURA, 2012), sendo que suas sementes apresentam dormência por impermeabilidade do tegumento à água (ALVES et al., 2007). Essa espécie está entre as arbóreas mais distribuídas nos levantamentos já realizados na Caatinga, aparecendo em vários locais, normalmente com número significativo de representantes (SANTANA e SOUTO, 2006), ocorrendo nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (MAIA, 2004). É uma das espécies da Caatinga mais explorada pela população local como fonte de lenha e carvão vegetal, para fins medicinais e forrageiros (FRANCELINO et al., 2003; FIGUEIRÔA et al., 2005; SANTOS et al., 2008), justificando assim, sua exploração maciça, necessitando atualmente de estratégias para sua multiplicação, manejo sustentável e conservação.

A árvore é de porte médio com altura variando de 4 a 12 metros, copa aberta e irregular, com casca de cor cinza-claro ou castanho, na fase adulta. Quando velha, o cerne do tronco apodrece completamente tornando-se abrigo para pequenos animais. Nos melhores suprimentos de água e solos profundos chega a atingir 12 m de altura, com caule retilíneo (30-35 cm de circunferência), enquanto nos ambientes mais secos e

solos rasos chegam a 0,80-1,00 m de altura, apresentando caule tortuoso (MAIA, 2004). O fruto é um legume deiscente com 6-10 cm de comprimento por 1,7- 2,3 cm de largura de coloração marrom esverdeada com dispersão barocórica e a semente é estenospérmica com 1,0-1,6cm de comprimento por 0,7-1,2 de largura com coloração castanho-escura ou verde-escura (SILVA e MATOS, 1998)

É considerada uma planta anunciadora do período das chuvas, pois seus gomos brotam nas primeiras manifestações de umidade (ALVES et al., 2007), e alguns dias após o início das chuvas, a folhagem desta espécie libera um odor desagradável que lhe dá o nome de catingueira, e faz com que o rebanho a despreze. Desse modo as folhas secam e caem no início da estação seca, garantindo e servindo de forragem neste período (PFEISTER e MALECHEK, 1986; HARDESTY et al., 1988, MOURA, 2012).

É considerada uma espécie colonizadora de áreas antropizadas (MAIA, 2004; FIGUEIREDO, 2010), e essa característica é muito importante em termos de recuperação de áreas degradadas, já que é uma planta pioneira e pode ocupar nichos mais inóspitos para as demais, proporcionando assim melhorias nas condições do solo que permitirão a continuidade da sucessão no bioma (SANTANA et al., 2011).

1.3 GERMINAÇÃO

O processo de germinação é um fenômeno biológico que envolve uma sequência de eventos que compreende a absorção de água, o aumento na atividade respiratória, ativação de genes e síntese de diversas enzimas, movimentação de nutrientes de reserva e começo do desenvolvimento do embrião, sendo marcada pela ruptura do tegumento e emissão da raiz principal (FENNER e THOMPSON, 2005). Sob o ponto de vista fisiológico, a germinação pode ser definida como a saída do repouso para o início da atividade metabólica (BORGES e RENA, 1993), podendo ser afetada por fatores internos (intrínsecos da semente, como longevidade e viabilidade) e externos (condições ambientais). De acordo com Larcher (2000), esse processo está completo quando a plântula já realiza fotossíntese, e sua nutrição independe dos materiais de reservas da semente (SIMÃO, 2009).

No entanto, há alguns casos, que mesmo com todas as condições favoráveis, a semente viável não germina. Essas são as chamadas sementes dormentes (CARDOSO, 2008). Nesses casos, para a germinação ocorrer, há requisitos que devem ser atendidos, e esses estão relacionados com a forma de vida de cada espécie, ao seu ambiente de

estabelecimento (FLORES e BRIONES, 2001), à distribuição geográfica, às características da semente (BASKIN e BASKIN, 2000) e ao histórico de vida da mesma e da própria planta genitora (RANIERI et al., 2003).

1.4 DORMÊNCIA

Carvalho e Nakagawa (2000), definem dormência como o fenômeno em que as sementes de determinada espécie, apesar de serem viáveis e estarem sob condições ambientais favoráveis, deixam de germinar. O período de dormência pode ser temporário ou estender-se por muito tempo até que certa condição especial seja preenchida (TOLEDO e MARCOS FILHO, 1997).

Provavelmente, a dormência evoluiu como um mecanismo de perpetuação e sobrevivência das espécies para determinadas condições climáticas (POPINIGIS, 1977), por exemplo, em regiões temperadas, o inverno é a maior ameaça à sobrevivência, nesse caso as sementes só maduram na primavera, outono e verão (GALINDO, 2006).

A dormência é o recurso que a Natureza utiliza para distribuir a germinação no tempo e no espaço. É a utilização desses dois fatores que garantem às plantas a reprodução via sementes e as diversas combinações ecológicas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Esse fenômeno oferece diversas vantagens para as plantas, como o impedimento da germinação das sementes em condições ambientais não propícias, e impedimento da viviparidade. Algumas espécies quando as sementes ainda estão ligadas à planta-mãe, após a maturação fisiológica, havendo condições favoráveis podem germinar. Por causa da dormência essa germinação não ocorre, evitando futuros prejuízos (TOLEDO e MARCOS FILHO, 1997). Por outro lado, a dormência apresenta algumas desvantagens como a interferência no programa de plantio devido à germinação lenta e desuniforme, longos períodos para superação da dormência, a germinação se distribuindo no tempo, contribui para a longevidade das plantas invasoras, exige mecanismos para quebra da dormência, onerando as atividades de pré-plantio no caso de grande quantidade de sementes; (LOPES e NASCIMENTO, 2012).

Tanto as substâncias inibidoras, quanto a imaturidade ou dormência do embrião, e a resistência mecânica dos tecidos externos ao próprio embrião, podem causar a dormência das sementes (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972). Existem sementes que apresentam combinações de dois ou mais destes fatores (VIEIRA e FERNANDES, 1997).

A dormência pode ser exógena ou tegumentar e endógena ou embrionária, podendo ocorrer independentemente uma da outra ou de forma simultânea na mesma semente (FOWLER e BIANCHETTI, 2000), neste caso chamada de dormência dupla (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972). A dormência endógena pode ser devida à imaturidade do embrião, ou à inibição fisiológica que o impeça de se desenvolver, enquanto que a exógena ocorre devido à impermeabilidade do tegumento à água ou gases (FOWLER e BIANCHETTI, 2000).

As sementes de catingueira apresentam o mecanismo de impermeabilidade do tegumento à água, que apesar de ser um mecanismo eficiente para garantir a sobrevivência e perpetuação da espécie, constitui uns dos fatores limitantes à sua propagação (NOGUEIRA et al., 2010). O tegumento resistente e impermeável impede o trânsito aquoso e as trocas gasosas, inviabilizando o processo de absorção de água da semente e a oxigenação do embrião que, por isso, permanece latente (RIZZINI, 1977). Essas sementes de tegumento impermeável à água são conhecidas como impermeáveis ou duras (GALINDO, 2006).

A dormência, causada por fatores relativos ao tegumento da semente, pode ser interrompida por meio da escarificação, termo aplicável a qualquer processo que ocasione a ruptura do tegumento, permitindo a absorção de água e posterior germinação (NASSIF e PEREZ, 1997).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), em habitat natural, as sementes duras têm sua dormência removida através de processos de escarificação que envolvem a participação e interação de microrganismos, animais e temperaturas alternadas.

A função dos métodos de escarificação é romper o tegumento para facilitar a entrada e saída de água e gases na semente, aumentar a sensibilidade à luz e temperatura, a remoção de inibidores e promotores e a possibilidade de injúrias aos tecidos, possuindo assim, significativa influência no metabolismo das sementes (MUNDIM e SALOMÃO, 1999).

Na prática, para acelerar, aumentar e uniformizar a germinação das sementes duras, foi preciso extrapolar métodos que se aproximassem dos processos naturais (GALINDO et al., 2002). O tipo e a intensidade da dormência são variáveis entre as espécies, e determinam a aplicabilidade e eficiência desses métodos (BRUNO et al., 2001). As Regras para Análise de Sementes recomendam diversos tratamentos para promover a germinação nessas sementes duras (BRASIL, 2009), com destaque para

absorção de água, escaurificação mecânica e escaurificação química com ácido sulfúrico concentrado.

1.5 ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS SEMENTES

É o genótipo materno que dá origem a cobertura da semente, que pode sofrer alterações não genéticas promovidas pelo ambiente, como: espessura e composição que não persistem por mais de uma geração (SOUZA e MARCOS FILHO, 2001).

O óvulo possui dois tegumentos, o interno, que durante a ontogênese pode desaparecer, e o externo, que se diferencia em diversas camadas. A epiderme, a camada externa permanece unisseriada e dá origem a camada paliçádica, esta é característica das sementes de leguminosa, e é tida como responsável pelo alto grau de impermeabilidade, afetando o processo de germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

O grau de impermeabilidade do tegumento para Carvalho e Nakagawa (2000) está relacionado com a espécie, idade da semente e condições de armazenamento. Esta impermeabilidade regula a velocidade de hidratação da semente reduzindo ou evitando prováveis danos causados pelas pressões desenvolvidas durante a absorção de água. Várias pesquisas têm focado neste efeito regulador do tegumento à difusão da água (LARSON, 1968).

Entre os fatores do ambiente, a água é o fator que mais influencia o processo de germinação. Através da absorção de água, os tecidos são reidratados e a respiração e juntamente com todas as outras atividades metabólicas intensificam-se, e culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para retomada do crescimento por parte do eixo embrionário. Além desse papel de fundamental importância, a absorção de água desempenha outros, como o aumento do volume da semente, resultante da entrada de água em seu interior, e provoca o rompimento do tegumento que vem, posteriormente, facilitar a emergência do eixo embrionário, ou outra estrutura qualquer do interior da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Sob condições ideais de suprimento de água, a absorção obedece a um padrão trifásico. Na fase I, denominada absorção, ocorre uma rápida entrada de água, em função da grande diferença de potencial entre as sementes e o substrato, independentemente do estado fisiológico das sementes. Já na fase II, ocorre uma redução acentuada na velocidade de hidratação, tendendo para o equilíbrio entre os potenciais. Nesta fase ocorre vários eventos preparatórios para a emergência radicular.

Apesar de algumas sementes mortas ou dormentes conseguirem atingir a fase II, somente as potencialmente capazes de germinar alcançam a fase III, caracterizada por elevadas taxas de absorção e atividade respiratória, com início identificado pela protusão do eixo embrionário (BEWLEY e BLACK , 1994; BRADFORD, 1995; COPELAND e Mc.DONALD, 1995; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A duração de cada fase depende de propriedades inerentes às sementes e às condições ambientais presentes (BEWLEY e BLACK, 1994).

A absorção é influenciada pela composição química das sementes, permeabilidade do tegumento, disponibilidade de água nos estados líquido ou gasoso (BEWLEY e BLACK, 1994; COPELAND e McDONALD, 1995; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), temperatura (POPINIGIS, 1983), área de contato entre a semente e o substrato (LeDEUNF, 1989) e teor inicial de água das sementes (VERTUCCI e LEOPOLD, 1983). Nessa fase, a semente aumenta seu volume devido a entrada de água que conseqüente provoca a ruptura do envoltório, permitindo o desenvolvimento da plântula (COPELAND e McDONALD, 1995). O potencial de água celular regula a entrada e a distribuição da água nas sementes, que ocorrem tanto por capilaridade como por difusão, sempre no sentido do maior para o menor potencial hídrico. Desta forma, a absorção tem sido entendida como um processo físico relacionado, principalmente, com as características de permeabilidade do envoltório e com as propriedades dos colóides constituintes das sementes (BEWLEY e BLACK, 1994; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Porém, Rodrigues (1988), relatou que há sementes que absorvem água necessária à germinação em um curto período, enquanto outras espécies podem precisar de um período mais longo.

A taxa de absorção de água pela semente pode indicar níveis de qualidade fisiológica (NIMER et al., 1983), Mas há muitos autores que não compartilham esta ideia. Mesmo assim, algumas pesquisas têm sido conduzidas buscando associar a qualidade fisiológica com a velocidade de absorção de água pelas sementes; os resultados alcançados, contudo, não são conclusivos.

A importância da curva com as fases de entrada de água relaciona-se aos estudos de impermeabilidade de tegumento, a determinação da duração de tratamentos com reguladores vegetais, condicionamento osmótico e pré-hidratação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; ALBUQUERQUE et al., 2000).

Para avaliar a qualidade das sementes de um determinado lote em laboratório, é necessário dispor de um padrão de germinação para cada espécie, pois as espécies

apresentam sementes de características próprias quanto a sua fisiologia e germinação (WIELEWICKI et al., 2006). Portanto, pesquisas com o intuito de gerar novos conhecimentos técnicos para diversas espécies, como também métodos para padronização dos testes de vigor e germinação são essenciais (ABDO e PAULA, 2006).

1.6 EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A GERMINAÇÃO

A temperatura, juntamente com a água e o oxigênio, constituem os principais fatores externos que influenciam na germinação de uma semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), e todos os fatores que controlam os eventos fisiológicos envolvidos na germinação sofrem influência da temperatura. Esta afeta a velocidade da germinação, pois influencia a velocidade das atividades metabólicas e potencializa a germinação das sementes. A temperatura provoca alterações na estrutura e conformação das moléculas, principalmente nos lipídeos e proteínas envolvidas nas reações químicas durante a germinação, e pode afetar a absorção de água e as reações bioquímicas que regulam o metabolismo envolvido nesse processo, além de alterações na estrutura de membranas (BAWLEY e BLACK, 1994).

A resposta à temperatura tem sido caracterizada pelas chamadas ‘temperaturas cardiais’, que são as temperaturas mínima, máxima e ótima para ocorrência da germinação (BEWLEY e BLACK, 1994). A temperatura ótima propicia a máxima porcentagem de germinação no menor tempo (HORIBE E CARDOSO, 2001), enquanto que sob temperatura mínima e acima da máxima o processo não ocorre (BEWLEY e BLACK, 1994). Os limites extremos de temperatura de germinação fornecem informações de interesse ecológico e biológico (LABOURIAU e PACHECO, 1978), sendo que cada espécie tem uma faixa de temperatura ideal na qual as sementes possivelmente germinam, podendo variar de 15°C a 40°C para diversas espécies. Há também as espécies que necessitam de temperaturas alternadas para sua germinação (CETNARSKI FILHO e NOGUEIRA, 2005). Essas características estão diretamente associadas ao comportamento ecológico das espécies nos seus habitats (ALBUQUERQUE et al., 2003). Porém, a temperatura ótima é constante para a maioria das sementes florestais, e situa-se entre 15°C e 30°C (FLORES et al., 2014). Isso significa que, dependendo do caráter adaptativo da espécie, esta pode apresentar alta capacidade de estabelecimento no campo, aumentando sua chance de sobrevivência,

quando comparadas com as espécies que apresentam estreita faixa de temperatura para germinar (TOWNSEND e MACGINNIES, 1972; LABOURIAU, 1983).

A ação da temperatura sobre a germinação decorre da adaptação fisiológica das sementes às condições ambientais dos locais de ocorrência ou de cultivo da espécie, pode haver relação direta entre essa temperatura e o bioma onde as sementes foram produzidas. Além desse fator, características ecológicas da espécie, tal como grupo sucessional, podem ter participação na definição da temperatura que mais estimula o processo germinativo (BRANCALION et al., 2010). Como essa temperatura está relacionada às condições ambientais mais favoráveis ao estabelecimento e ao desenvolvimento das plântulas (THOMPSON, 1977), é de se esperar que as espécies com diferentes distribuições geográfica e ecológica produzam sementes com variações quanto ao requerimento térmico para germinação.

A temperatura adequada para germinação de sementes de espécies arbóreas nativa vem sendo determinada por alguns pesquisadores. Como exemplo, foram definidas como ótima para a germinação, a temperatura de 30°C para as sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul (LIMA et al., 2006), 25°C e 27°C para *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Pacheco, 2006), 25°C para *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (ALVES et al., 2002), 35°C para *Amburana cearenses* (Allemão) A.C.Sm (GUEDES et al., 2010), 24,3°C e 26,7°C para *Bauhinia cheilantha* (Bong) Stend. e de 30°C para *Sideroxylon obtusifolium* Roem. & Schult. (SILVA e DANTAS, 2013). Em estudo desenvolvido na Embrapa Semiárido por Oliveira et al., (2014) que avaliou o efeito da temperatura na germinação de espécies nativas da Caatinga mostraram que para sementes de *Myracrodruon urundeuva* a temperatura que proporcionou maior porcentagem de germinação e velocidade de germinação foi a de 20°C, já para as sementes de *Schinopsis brasiliensis*, *Sideroxylon obtusifolium* e *Amburana cearenses* a temperatura que induziu maior porcentagem de germinação e velocidade de germinação foi a de 30°C.

Além de ser importantíssima para a germinação de sementes de espécies tropicais (BARRERA e NOBEL, 2003), a temperatura também está associada à quebra de dormência de sementes (BASKIN e BASKIN, 1998; FENNER e THOMPSON, 2005; CARDOSO, 2008), pois age como um sinalizador das condições do ambiente.

1.7 EFEITO DA SALINIDADE SOBRE A GERMINAÇÃO

A germinação de sementes só ocorre se as condições de luz, temperatura e disponibilidade de água forem favoráveis (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Porém, em regiões áridas e semi-áridas nem sempre essas condições são adequadas, devido aos solos geralmente salinos e sódicos (BARROS et al., 2004).

Nessas regiões, a produção de espécies vegetais têm sido afetadas negativamente pela salinidade e déficit hídrico, devido a irregularidades pluviais que ocasionam uma evaporação superior à precipitação, contribuindo para o acúmulo de sais solúveis e o incremento do sódio trocável na superfície dos solos (BARROS et al., 2004).

O efeito do estresse salino sobre a germinação das sementes tem sido bastante estudado tanto em espécies nativas (OLIVEIRA et al., 2014b; ALMEIDA, 2009; BETINI, 2009), quanto em espécies cultivadas (ASHRAF et al., 2003; MISRA e DWIVEDI, 2004; JOSHI et al., 2005), e esse tipo de estresse inibe ou retarda a germinação das sementes devido a efeitos osmóticos e/ou iônicos, sendo a restrição da captação de água gerada pela redução do potencial osmótico do substrato, o primeiro distúrbio fisiológico causado pelo estresse salino, provocando retardo na absorção de água das sementes ou no alongamento da raiz (MUNNS, 2005; CHAVES et al., 2009).

A redução no potencial hídrico dos tecidos causada pelo excesso de sais provoca restrição no crescimento uma vez que as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular, dessa forma, o balanço osmótico é essencial para o crescimento dos vegetais em meio salino e qualquer falha neste balanço resultará em injúrias semelhantes aos da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento, resultando em plantas atrofiadas, desidratadas e conseqüentemente levando à morte das células (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Concentrações tóxicas de íons afetam outros processos fisiológicos e metabólicos dos tecidos embrionários, incluindo a divisão e a diferenciação celular, a atividade de enzimas e a captação e distribuição de nutrientes. A toxicidade iônica pode ainda ocasionar o atraso da emergência das plântulas e da mobilização das reservas ou até diminuir a viabilidade das sementes (ESTEVEZ e SUZUKI, 2008; KUMAR et al., 2008; MUNNS e TESTER, 2008; VOIGT et al., 2009).

No entanto, a resistência ou tolerância à salinidade varia entre as espécies de plantas, isto é, cada espécie pode tolerar até certa salinidade (Salinidade limiar - SL), sem reduzir o seu rendimento potencial, a partir da qual passa a diminuir a

produtividade à medida que se aumenta a salinidade (MAAS e HOFFMAN), sendo que em geral as plantas são mais sensíveis durante a germinação e primeiros estágios de crescimento (DONOVAN e DAY, 1969).

O efeito dos sais solúveis como agente retardador na germinação tem sido observado há muito tempo. Pearson et al., (1966), citados por Lima et al., (2005), verificaram queda de 50% na germinação de quatorze cultivares de arroz em solução salina, cuja condutividade elétrica estava entre 21,2 e 30,5 dS m⁻¹. Medeiros et al., (2006) estudaram a salinidade sobre a germinação do quiabo e constataram que as maiores porcentagem de germinação ocorreram nos níveis 0, 2 e 4 dS m⁻¹, com queda brusca a partir de 6 dS m⁻¹. Oliveira et al., (2007), utilizando diferentes concentrações de NaCl e CaCl₂ em aroeira, notou que a germinação foi prejudicada com o aumento das concentrações de sais.

Vários estudos têm sido realizados em busca de técnicas capazes de superar os efeitos causados pela salinidade e elucidar os mecanismos de adaptação, especialmente os que se referem à fisiologia da resistência das plantas à salinidade (FERREIRA e REBOUÇAS, 1992; SILVA et al., 1992). A observação da capacidade germinativa das sementes nessas condições é um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas ao estresse salino é (LARCHER, 2000).

De acordo com o referencial teórico, nota-se que a tolerância a salinidade varia entre as espécies, e no caso da catingueira, informações relacionadas com o seu desenvolvimento, quando submetido à salinidade, ainda são escassas e pouco difundidas, o que permite exaltar a importância deste trabalho.

1.8 EFEITO TÓXICO DO PETRÓLEO SOBRE A GERMINAÇÃO

A composição do petróleo é bastante diversa, sendo os hidrocarbonetos os componentes de maior destaque, podendo atingir até 98% da composição (CLARK e BROWN, 1977) que ainda apresenta composto como alcanos, cicloalcanos, pequenas quantidades de alcenos, ácidos nafiônicos, enxofre, nitrogênio, oxigênio e menores quantidades de vanádio, níquel, sódio, cálcio, cobre e urânio (BAKER, 1970)

Se tratando de ecossistemas terrestres, os impactos do óleo são uma função de quatro fatores (HUGUENIN et al., 1996): A) Profundidade de penetração. A penetração do óleo nos solos é função de sua permeabilidade ao contaminante e, caso ocorra uma alta Penetrabilidade, a resistência do ambiente será reduzida e haverá aumento do efeito

tóxico. B) Alteração da temperatura. A temperatura do solo pode sofrer alteração devido a presença de óleo, especialmente nos solos das regiões do ártico e tropical. Em solos tropicais o óleo aumenta a temperatura resultando num déficit hídrico e redução no crescimento das plantas. C) Capacidade de retenção de água. Um dos efeitos mais importantes de óleo nos solos é a redução na capacidade de retenção de água tornando o solo hidrofóbico e hidrorrepelente (ROY et al., 2003). D) Condições Anaeróbias. Solos com hidrocarbonetos podem ter um aumento na demanda por oxigênio o que conduz a condições de anaerobiose. A degradação microbiana é extremamente lenta em condições de anaerobiose conduzindo a persistência do óleo nos solos (SANTOS, 2006).

Em relação às plantas, a toxicidade causada pelos derivados de petróleo vai depender da concentração de compostos aromáticos presentes nos mesmos. Dessa forma, quanto maior a concentração de compostos aromáticos nos derivados de petróleo, maior a toxicidade (BAKER, 1970). Isso acontece porque a viscosidade, a tensão superficial do óleo e a solubilidade em relação à água influenciam na quantidade de óleo que se propagará e penetrará na planta, determinando o grau da toxicidade (BAKER, 1970). Moléculas pequenas de hidrocarbonetos apresentam baixa viscosidade e podem penetrar com maior facilidade nos tecidos vegetais, impedindo a regeneração das folhas e das raízes (BAKER, 1970). Por outro lado, moléculas de hidrocarbonetos grandes apresentam maior viscosidade, com conseqüente menor penetração nos tecidos vegetais (BAKER, 1970). Deste modo, petróleo mais pesado apresenta menor toxicidade às plantas quando comparado ao petróleo mais leve (DORN et al., 1998).

Alguns pesquisadores têm relatado que os hidrocarbonetos do petróleo podem estimular o crescimento das plantas (MERKL et al., 2004). Este efeito positivo no crescimento pode ser devido à resposta da planta ao estresse do solo sintetizando substâncias reguladoras do crescimento (BAKER, 1970) com conseqüente aumento na divisão celular (BAMIDELE e AGBOGIDI, 2000). Entretanto, o efeito inverso, ou seja, inibição da divisão celular tem sido observado por outros pesquisadores, (MERKL et al., 2005b; ACHUBA, 2006; Normalmente, a ecotoxicidade do petróleo têm sido avaliada em relação a germinação de sementes (UDO e FAYEMI, 1975; ADAM e DUNCAN, 2003) que, de um modo geral, é inibida no solo contaminado com hidrocarbonetos do petróleo (SALANITRO et al., 1997). Tanto o efeito tóxico do petróleo quanto as condições desfavoráveis do solo pode inibir a germinação das sementes (MERKL et al., 2004). Os hidrocarbonetos do petróleo podem entrar na

semente e alterar as reações metabólicas e/ou matar o embrião (BAKER, 1970; CHAÎNEAU et al., 1997). Além disso, o óleo pode formar uma camada hidrofóbica ao redor da semente, dificultando e/ou impedindo a absorção de água e oxigênio, que são essenciais para a germinação (BAKER, 1970; LARCHER, 2000; MERKL et al., 2005a). De modo geral, a presença de petróleo e óleo diesel pode gerar baixa germinação e baixa velocidade de germinação (ADAM e DUNCAN, 2002; BONA e SANTOS, 2003; CHUPAKHINA e MASLENNIKOV, 2004; BARDELLI-DA-SILVA, 2006; REZENDE, 2006). Entretanto, Adam e Duncan (2002) não observaram interferência do contaminante na germinação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitotecnologia do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró, RN, entre junho e novembro de 2015. Frutos de catingueira foram coletados na BR 304, no Município de Assú, RN, e levados ao laboratório para beneficiamento das sementes, eliminando as sementes pequenas e mal formadas. Logo em seguida as sementes foram embaladas em latas de alumínio e armazenadas sob refrigeração à temperatura de 9°C até o momento da instalação dos experimentos.

2.1 CURVA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

O experimento foi desenvolvido sob o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 7 x 3, sendo 5 salinidades, 7 temperaturas e 3 repetições de 20 sementes para cada tratamento. As condutividades elétricas empregadas foram de: 0, 5, 10, 15 e 20 dS m⁻¹, obtidas através da mistura de água destilada com água do mar e medidas através de condutivímetro digital de bancada. As temperaturas empregadas foram de 10°C, 15°C, 21°C, 27°C, 33°C, 36°C e 40°C.

Inicialmente, cada subamostra de 20 sementes foi pesada (massa inicial) e colocadas em um becker de 100 mL contendo água destilada para a testemunha, e água salina com diferentes condutividades elétricas para os demais tratamentos. Os tratamentos foram instalados em germinadores de sementes modelo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand).

Durante o processo de absorção de água, as sementes foram pesadas nos tempos de: 0; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 24; 30; 48 horas. Depois de 48 horas, as sementes foram pesadas de 24 em 24 horas até a estabilização da curva de absorção. Ao final de cada período de tempo as sementes foram retiradas do B.O.D e do becker, enxugadas com papel toalha e pesadas em balança digital.

A avaliação da absorção de água em função do tempo, foi ajustada ao modelo proposto por MAIA et al., (2009), de acordo com a equação 1, em que, AA é a quantidade de água absorvida em função do tempo de absorção (T), $AA_{máx}$, α e n são

parâmetros do modelo ajustados por metodologia de regressão não linear, sendo $AA_{máx}$ o valor máximo estimado de AA , α em h^{-1} e n é o fator de forma.

$$AA = AA_{\max} - \frac{AA_{\max}}{1 + (\alpha \cdot T)^n} \quad (1)$$

2.2 TESTE DE GERMINAÇÃO

O experimento foi desenvolvido utilizando as sementes provenientes do teste de absorção de água, sob o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial $5 \times 5 \times 3$, sendo 5 salinidades, 5 temperaturas e 3 repetições de 20 sementes para cada tratamento. As condutividades elétricas empregadas foram de: 0, 5, 10, 15 e 20 $dS\ m^{-1}$. O teste de germinação foi conduzido em papel tipo Germitest®, na forma de rolos, com 3 folhas/rolo, umedecidos com volumes de água destilada (testemunha) e salina nos demais tratamentos (mL) equivalente a 2,5 vezes o peso do papel (BRASIL, 2009), com adição posterior de água sempre que preciso, e acondicionadas em sacos plásticos transparentes de 0,04 mm de espessura para evitar o ressecamento.

Os rolos de papel com as sementes foram levados para câmaras de germinação do tipo B.O.D, com fotoperíodo artificial de 12 horas e temperaturas de: 10°C, 15°C, 21°C, 27°C e 33°C.

As avaliações foram efetuadas diariamente após a instalação do teste, e quando ocorreu a estabilização da germinação, o teste foi retirado, sendo calculada a porcentagem final de germinação, usando como critério a emissão da radícula a partir de 2 mm de comprimento.

A avaliação da germinação em função do tempo, foi ajustada ao modelo proposto por MAIA et al., (2009), de acordo com a equação 2, em que, G é a quantidade de sementes germinadas em função do tempo de germinação (T), $G_{máx}$, α e n são parâmetros do modelo ajustados por metodologia de regressão não linear, sendo $G_{máx}$ o valor máximo estimado de G , α em h^{-1} e n é o fator de forma.

$$G = G_{\max} - \frac{G_{\max}}{1 + (\alpha \cdot T)^n} \quad (2)$$

Para determinar as temperaturas cardeais, ajustou-se o modelo polinomial quadrático (equação 3):

$$G = a + bT + cT^2 \quad (3)$$

A temperatura ótima de germinação foi encontrada através da derivada do modelo igualada a zero (equação 4):

$$T_o = \frac{-b}{2c} \quad (4)$$

E as temperaturas mínima e máxima foram encontradas através da raiz do modelo (equação 5) :

$$Y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c} \quad (5)$$

O tempo para a TAA e TGA máxima ($T.TAA_{max}$) foi calculado pela equação 6, enquanto que para estimar o tempo que as sementes absorvem 50% da máxima capacidade de absorção estimada ($T.AA_{max}/2$) ou da germinação máxima ($T.G_{max}/2$), utilizou-se a equação 7.

$$T.TAA_{max} = \left[\frac{n-1}{\alpha^n(n+1)} \right]^{1/n} \quad e \quad T.TGA_{max} = \left[\frac{n-1}{\alpha^n(n+1)} \right]^{1/n} \quad (6)$$

$$T.AA_{max}/2 = \frac{1}{\alpha} \quad e \quad T.G_{max}/2 = \frac{1}{\alpha} \quad (7)$$

2.3 TESTE DE EMERGÊNCIA SOB EFEITO DO PETRÓLEO

Para avaliação do índice de emergência, sementes não escarificadas de catingueira foram imersas em petróleo por diferentes períodos de tempo.

O experimento foi desenvolvido sob o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4, sendo 5 tratamentos e 4 repetições de 20 sementes para cada tratamento. Os períodos de tempos de imersão em petróleo empregados foram de 0 minutos (T0), 5 minutos (T5), 60 minutos (T60); 720 minutos (T720) e 1440 minutos (T1440).

O experimento foi conduzido em bandejas plásticas contendo areia lavada esterelizada como substrato, postas em temperatura ambiente. As avaliações foram efetuadas diariamente após a instalação do teste até a estabilização da emergência, sendo calculada a porcentagem final de emergência, utilizando-se como critério plântulas com os cotilédones acima do nível do solo, de acordo com Brasil (2009).

Os dados foram submetidos ao modelo proposto por Maia et al., (2009) (equação 8).

$$E = E_{\max} - \frac{E_{\max}}{1 + (\alpha \cdot T)^n} \quad (8)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CURVA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para todas as temperaturas e condutividades elétricas (CE) avaliadas, o modelo explicou bem o fenômeno de absorção de água para sementes de catingueira, e isso é indicado pelos altos valores de coeficientes de determinação (R^2) que variaram de 0,9888 a 0,9996 (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros do modelo ($AA_{m\acute{a}x}$, α' , n'), coeficiente de determinação (R^2), tempo necessário para absorver de 50% do máximo de água absorvida ($t.AA_{50\%}$, dia), tempo da taxa de máxima de absorção ($t.TAA_{m\acute{a}x}$, dia) e taxa máxima de absorção ($TAA_{m\acute{a}x}$, % dia⁻¹) de sementes de Catingueira em função da CE e da temperatura.

	CE 0 dS/m	CE 5 dS/m	CE 10 dS/m	CE 15 dS/m	CE 20 dS/m
----- 10°C -----					
$AA_{m\acute{a}x}$	174,96	177,31	166,61	150,22	125,25
α'	0,0478	0,0338	0,0418	0,0460	0,0462
n'	1,9512	1,8025	1,8817	1,9682	2,3241
R^2	0,9991	0,9996	0,9994	0,9959	0,9963
$t.AA_{50\%}$	20,93	29,56	23,91	21,73	21,66
$t.TAA_{m\acute{a}x}$	11,72	14,77	12,74	12,30	14,57
$TAA_{m\acute{a}x}$	5,37	3,74	4,41	4,46	4,07
----- 15°C -----					
$AA_{m\acute{a}x}$	172,87	160,74	139,21	141,16	144,29
α'	0,0621	0,0678	0,0768	0,0666	0,0651
n'	1,4506	1,3704	1,6911	1,6291	1,2539
R^2	0,9953	0,9972	0,9958	0,9957	0,9946
$t.AA_{50\%}$	16,10	14,75	13,03	15,02	15,37
$t.TAA_{m\acute{a}x}$	5,01	3,81	5,83	6,25	2,69
$TAA_{m\acute{a}x}$	6,57	6,77	6,56	5,74	6,11
----- 21°C -----					
$AA_{m\acute{a}x}$	187,77	151,45	121,91	108,16	106,07
α'	0,0792	0,0860	0,0845	0,1039	0,0927
n'	1,0048	1,3277	1,4252	1,5269	1,4340
R^2	0,9971	0,9968	0,9888	0,9939	0,9979
$t.AA_{50\%}$	12,63	11,63	11,83	9,62	10,79
$t.TAA_{m\acute{a}x}$	0,03	2,66	3,49	3,45	3,24
$TAA_{m\acute{a}x}$	14,45	8,19	6,33	6,84	6,03

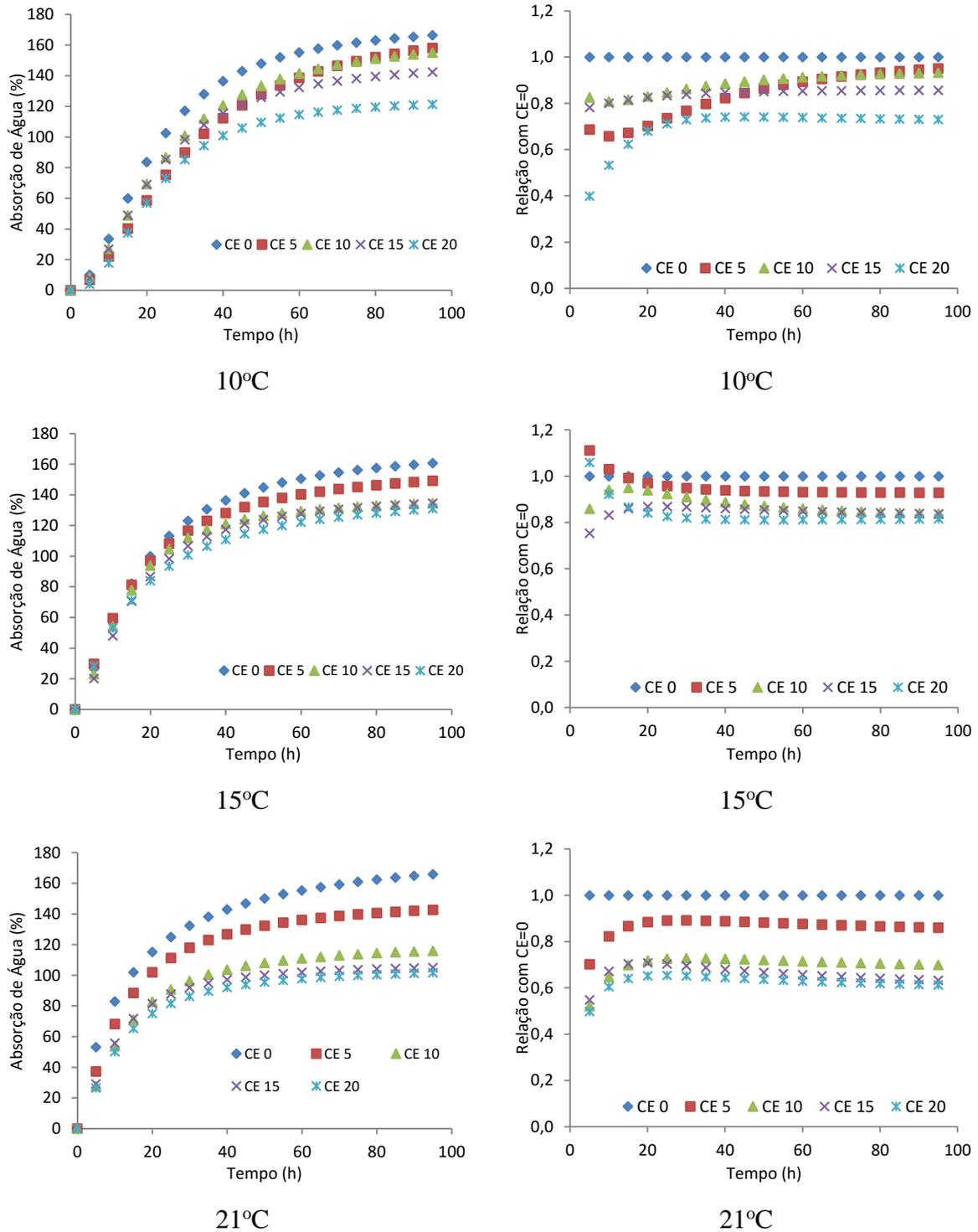
Continua...

Tabela 1, cont.

	CE 0 dS/m	CE 5 dS/m	CE 10 dS/m	CE 15 dS/m	CE 20 dS/m
----- 27°C -----					
AAmáx	169,01	148,55	132,58	134,97	116,23
α''	0,1006	0,0996	0,1199	0,1208	0,1304
n''	1,5032	1,6935	1,6969	1,6320	1,7908
R ²	0,9955	0,9935	0,9934	0,9949	0,9915
t.AA50%	9,94	10,04	8,34	8,28	7,67
t.TAAmáx	3,42	4,50	3,76	3,45	3,79
TAAmáx	10,36	9,09	9,77	9,96	9,44
----- 33°C -----					
AAmáx	174,74	138,71	145,88	136,28	127,17
α''	0,0889	0,0798	0,0930	0,0998	0,0718
n''	1,6939	1,6913	1,9583	1,5326	1,5457
R ²	0,9978	0,9957	0,9961	0,9940	0,9955
t.AA50%	11,25	12,54	10,76	10,02	13,92
t.TAAmáx	5,05	5,61	6,05	3,62	5,14
TAAmáx	9,55	6,80	8,73	8,28	5,56
----- 36°C -----					
AAmáx	209,83	158,61	143,71	122,84	130,51
α''	0,0960	0,0840	0,1138	0,1394	0,1274
n''	1,6238	2,2515	1,6829	2,0484	1,7947
R ²	0,9957	0,9982	0,9952	0,9924	0,9909
t.AA50%	10,41	11,90	8,79	7,18	7,85
t.TAAmáx	4,30	7,79	3,90	4,26	3,90
TAAmáx	12,30	9,20	10,04	11,24	10,37
----- 40°C -----					
AAmáx	207,03	166,63	156,00	124,79	129,20
α''	0,0982	0,0781	0,0987	0,1364	0,1297
n''	1,6614	2,0531	1,4550	1,9573	1,7782
R ²	0,9958	0,9970	0,9906	0,9905	0,9921
t.AA50%	10,18	12,80	10,13	7,33	7,71
t.TAmax	4,40	7,62	3,18	4,12	3,77
TGmax	12,45	8,56	9,41	10,95	10,42

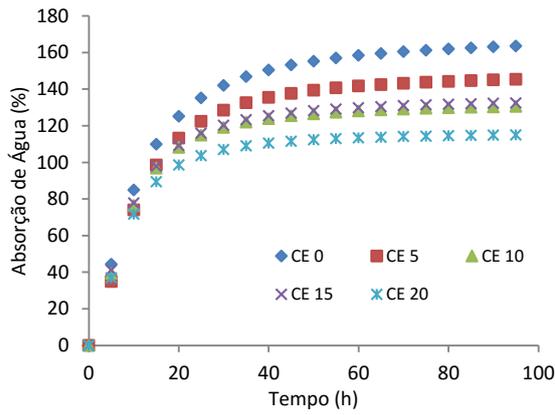
A Figura 1 apresenta uma curva de absorção de água típica, com as fases I e II, caracterizada por uma curva sigmoide, onde, logo no início a absorção é lenta, apresentando em seguida uma fase exponencial de absorção, reduzindo novamente sua velocidade ao final até atingir a estabilização.

Figura 1: Curvas de absorção de água em função do tempo e sua absorção relativa, por sementes de Catingueira sob diferentes condutividades elétricas e temperaturas.

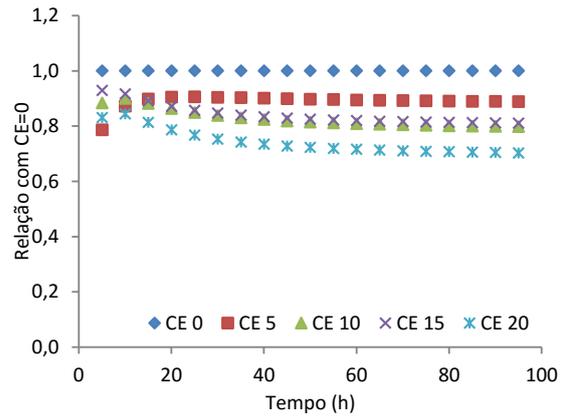


Continua...

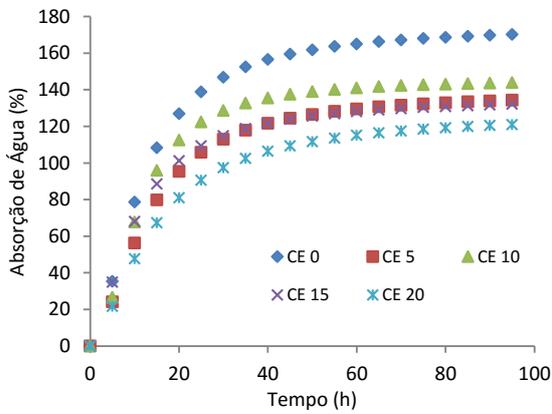
Figura 1, cont.



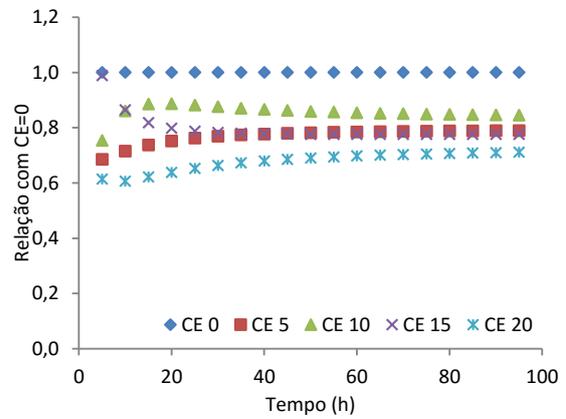
27°C



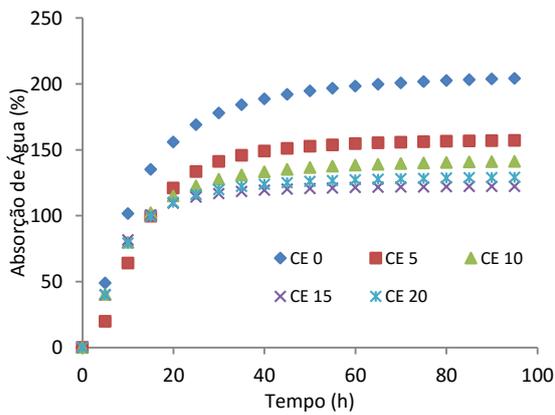
27°C



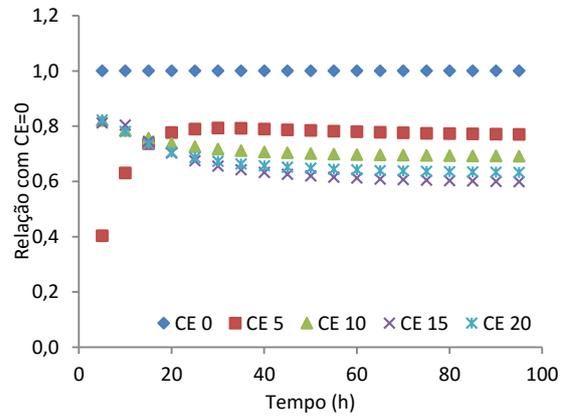
33°C



33°C



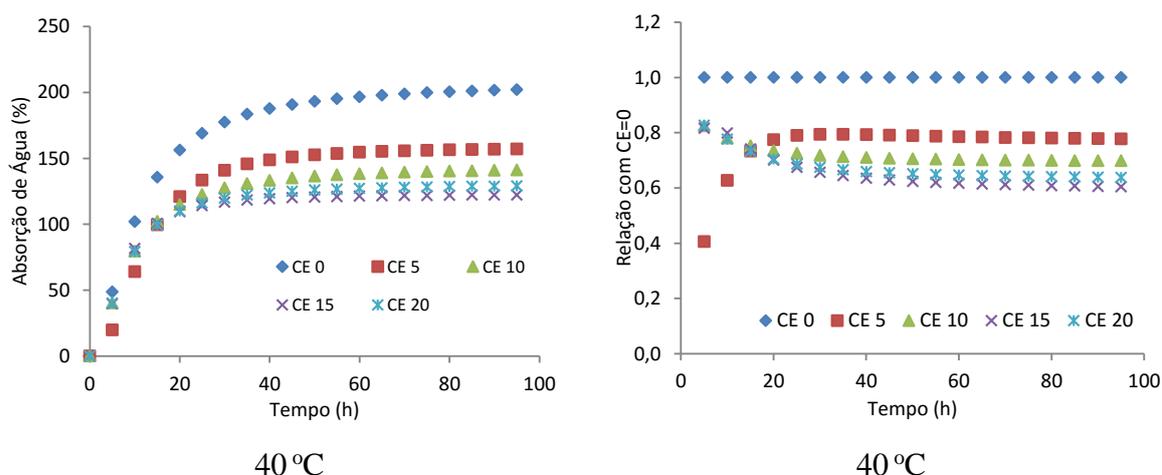
36°C



36°C

Continua...

Figura 1, cont.



Em todas as temperaturas, o aumento da CE fez com que os valores de absorção de todos os tratamentos reduzissem, e ficassem abaixo da curva da testemunha (CE=0) (Figura 1), indicando que a salinidade interfere de maneira negativa e diminui a absorção de água pelas sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al., (2005) trabalhando com *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm (Faveleira).

A absorção de água relativa segue o padrão da curva de absorção e em todas as temperaturas, o aumento da CE fez com que os valores da absorção relativa de todos os tratamentos fossem reduzindo, e ficassem abaixo da curva da testemunha.

De todos os tratamentos a 10°C, o de CE = 20 dS m⁻¹ obteve nas primeiras horas a mais lenta absorção e ao final a menor absorção. A 15°C os tratamentos de CE = 5 dS m⁻¹ e CE = 20 dS m⁻¹ apresentaram nas primeiras horas absorção maior que a testemunha (T0), porém, em torno das 20h, a absorção da T0 já era maior que a absorção desses dois tratamentos. A 21°C o padrão de absorção relativa foi semelhante para todas as CE, sendo a absorção reduzida com o aumento da CE. A 27°C e 33°C, a CE = 15 dS m⁻¹ iniciou com uma absorção relativa maior que os demais tratamentos salinos, porém, por volta das 20h essa absorção decresceu, tornando-se maior apenas que a absorção da CE = 20 dS m⁻¹. A 36°C e 40°C a CE = 5 dSm⁻¹ obteve nas primeiras horas uma absorção mais lenta e menor que os demais tratamentos salinos, porém, em torno das 20h, essa absorção ultrapassou a absorção dos demais tratamentos, ficando abaixo apenas da T0 (Figura 1).

A fase I foi bem definida para todos os tratamentos (Figura 1), e de acordo com Bewley et al., (2013), essa fase caracteriza-se por absorção rápida de água pelas sementes, sendo este processo de captura de água, puramente físico, regido pelo baixo potencial matricial da semente, que é particular de cada espécie e depende exclusivamente da associação da água à matriz da semente, representada pelo embrião e tecidos circunvizinhos, e que ocorre independente da viabilidade das sementes (BEWLEY, 1997; CASTRO et al., 2004). Essa fase é marcada pelo início da respiração, acúmulo de ATP, síntese de RNAm, reparo de DNA, ativação de polissomos e síntese protéica a partir de RNAm recentemente sintetizados (CASTRO et al., 2004; TAIZ e ZEIGER, 2006).

Nas sementes de catingueira submetidas a temperatura de 10°C, a fase I foi completada aproximadamente nas primeiras 80 horas para todas as CE avaliadas, com o máximo de absorção equivalente a 174,96; 177,31; 166,61; 150,22 e 125,25% para as CE 0; 5; 10; 15 e 20 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 1 e Figura 1).

A 15°C, a fase I também foi completada aproximadamente nas primeiras 80 horas para todas as CE avaliadas, com o máximo de absorção equivalente a 172,87; 160,74; 139,21; 141,16 e 144,29% para as CE 0; 5; 10; 15 e 20 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 1 e Figura 1).

Quando expostas a temperatura de 21°C, essa fase encerra-se antecipadamente, nas primeiras 50 horas para todas as CE, com o máximo de absorção equivalente a 187,77; 151,45; 121,91; 108,16 e 106,07% para as CE 0; 5; 10; 15 e 20 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 1 e Figura 1).

Quando as sementes são submetidas a temperatura de 27°C e 33°C a fase I encerra-se nas primeiras 40 horas para todas as CE avaliadas, sendo que a 27°C o máximo de absorção foi equivalente a 169,01; 148,55; 132,58; 134,97 e 116,23 % e a 33°C o máximo de absorção foi equivalente a 174,74; 138,71; 145,88; 136,28 e 127,17, para as CE 0; 5; 10; 15 e 20 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 1 e Figura 1).

Quando elevamos a temperatura para 36°C e 40°C, a fase I durou apenas 30 horas para todas as CE avaliadas, sendo que a 36°C o máximo de absorção foi equivalente a 209,83; 158,61; 143,71; 122,84 e 130,51% e para 40°C o máximo de

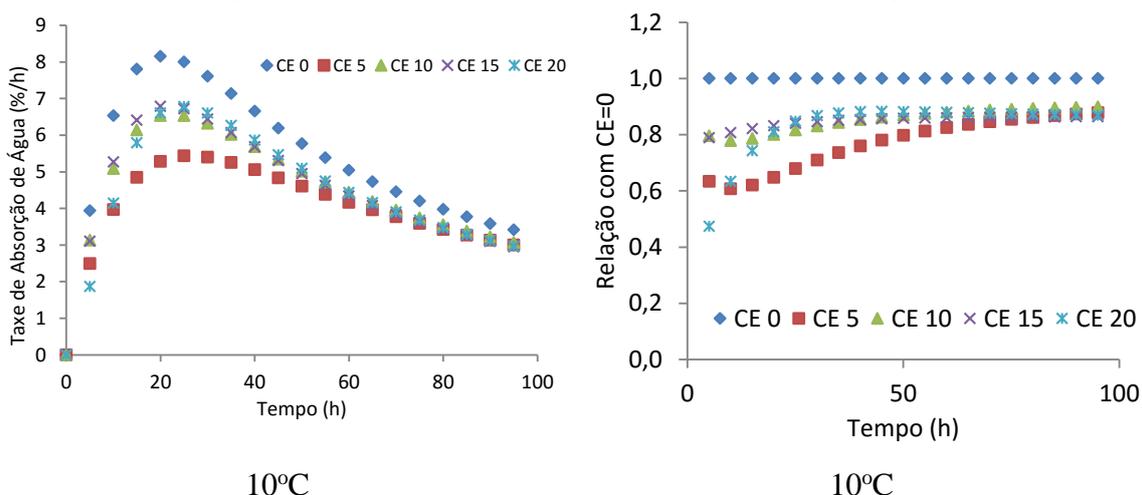
absorção foi de 207,03; 166,63; 156,00; 124,79 e 129,20% para as CE 0; 5; 10; 15 e 20 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 1 e Figura 1).

A fase II também foi bem definida para todos os tratamentos (Figura 1). Essa fase é descrita como fase estacionária, onde as sementes não absorvem ou absorvem pouca água lentamente, ocorrendo apenas em sementes viáveis, incluindo as dormentes (BEWLEY et al., 2013). É caracterizada pelos processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião, que finaliza com a protrusão da radícula (BEWLEY, 1997; CASTRO et al., 2004).

É importante ressaltar que o tempo levado em cada fase varia entre espécies e depende das condições a qual cada semente é submetida (BEWLEY et al., 2013), sendo o decréscimo no potencial osmótico um dos fatores que afetam a captura de água pelas sementes (GUPTA E HUANG, 2014).

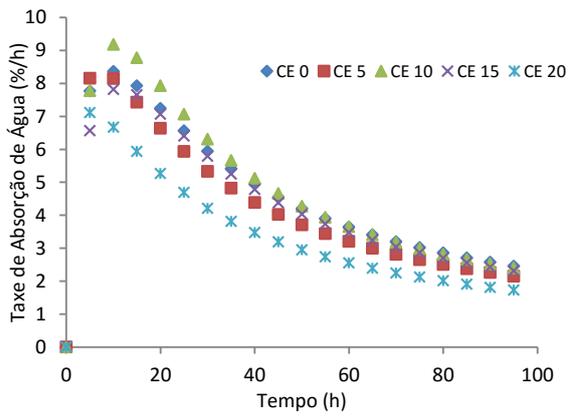
Analisando os resultados das taxas de absorção de água, foi possível observar que para todas as temperaturas e CE avaliadas, a taxa de absorção de água é mais lenta no período inicial da curva de absorção, em seguida atinge o máximo e depois diminui (Figura 2).

Figura 2. Taxas de absorção de água em função do tempo e sua absorção relativa, por sementes de catingueira sob diferentes condutividades elétricas e temperaturas.

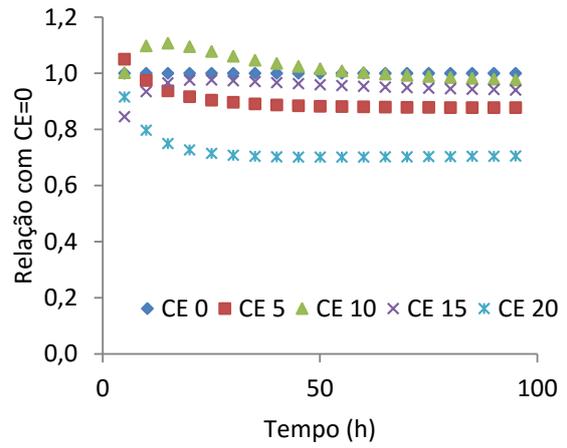


Continua...

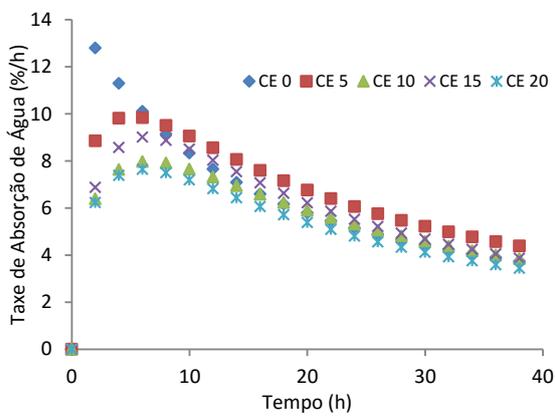
Figura 2, cont.



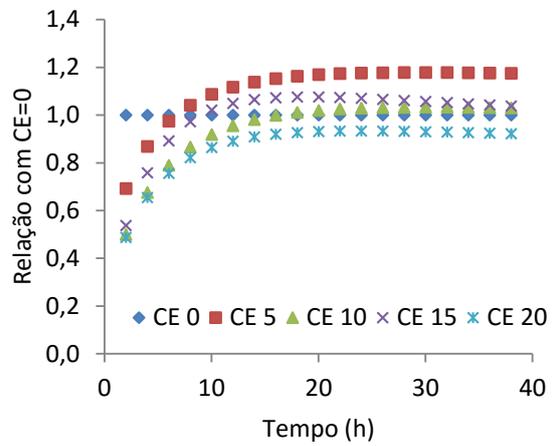
15°C



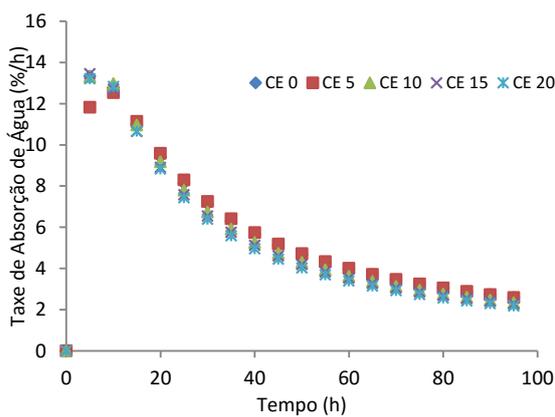
15°C



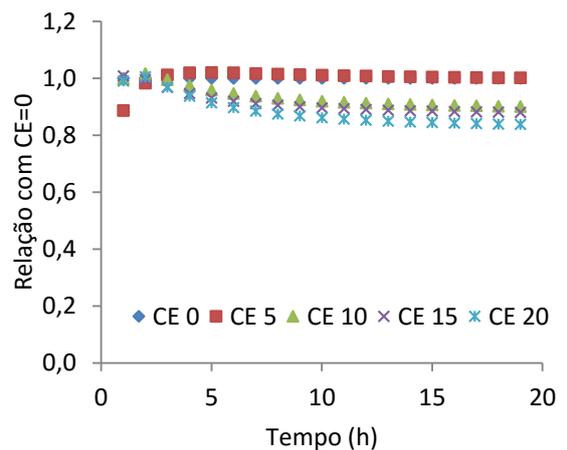
21°C



21°C



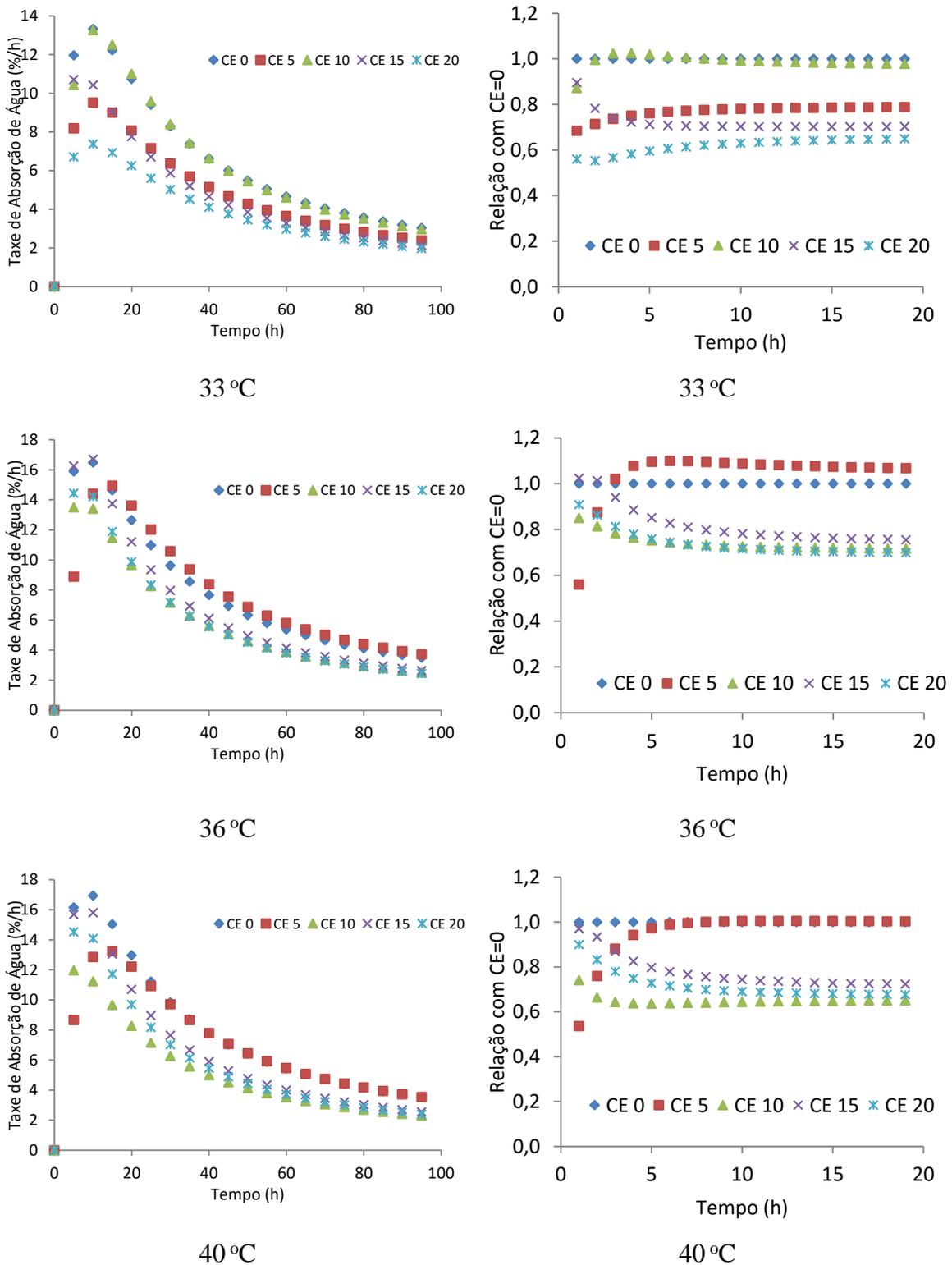
27°C



27°C

Continua...

Figura 2, cont.



As sementes submetidas a CE > 0 apresentaram menor velocidade de absorção de água comparadas as sementes do tratamento testemunha em todas as temperaturas

(Figura 2 e Tabela 1), devido os tratamentos com $CE > 0$ terem reduzido o potencial osmótico do meio, o que dificulta a entrada de água nas células e, conseqüentemente, retarda o avanço dos estádios subseqüentes (BEWLEY et al., 2013).

Sguarezi et al., (2001) trabalhando com sementes de Café observaram durante o processo de absorção de água progressivas reduções na taxa de absorção pelas sementes à medida que aumentava as concentrações de PEG 6000. Em sementes de Garapa (*Apuleia leiocarpa*), foi também constatado um atraso no início da protrusão da radícula quando houve redução dos potenciais osmóticos, tanto para a solução de NaCl quanto para a de PEG 6000 (SPADETO et al., 2012).

Foi possível observar que a absorção máxima de água pelas sementes ($AA_{máx}$) não se relacionou com a temperatura (Tabela 1), porém, diminuiu linearmente com o aumento da CE (Figura 3), com coeficiente angular da reta de -2,53; -1,53; -4,13; -2,38; -1,95; -3,89; -3,95 para as temperaturas de 10°C, 15°C, 21°C, 27°C, 33°C, 36°C e 40°C, respectivamente, e esses coeficientes não relacionaram-se com a temperatura (Figura 4), indicando que a redução da absorção de água provocada pelo aumento da CE é semelhante entre as temperaturas.

O tempo que as sementes gastaram para absorver 50% do valor máximo de água absorvida foi semelhante para todas as CE avaliadas em uma temperatura, porém decresceu pontencialmente com o aumento da temperatura (Figura 5). De acordo com Bewley et al., (2013), a temperatura pode estender ou reduzir o tempo requerido para completar a fase II.

As taxas máximas de absorção de água não se relacionaram com a temperatura, porém diminuíram com o aumento da CE, enquanto que o tempo da taxa máxima de absorção de água não se relacionou nem com a temperatura, nem com a CE (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Galvão et al., (2010) trabalhando com sementes de *Helianthus annuus* L. (Girassol), confirmando que a salinidade reduz a velocidade de absorção inicial.

Figura 3. Absorção máxima de água em função da CE para as diferentes temperaturas.

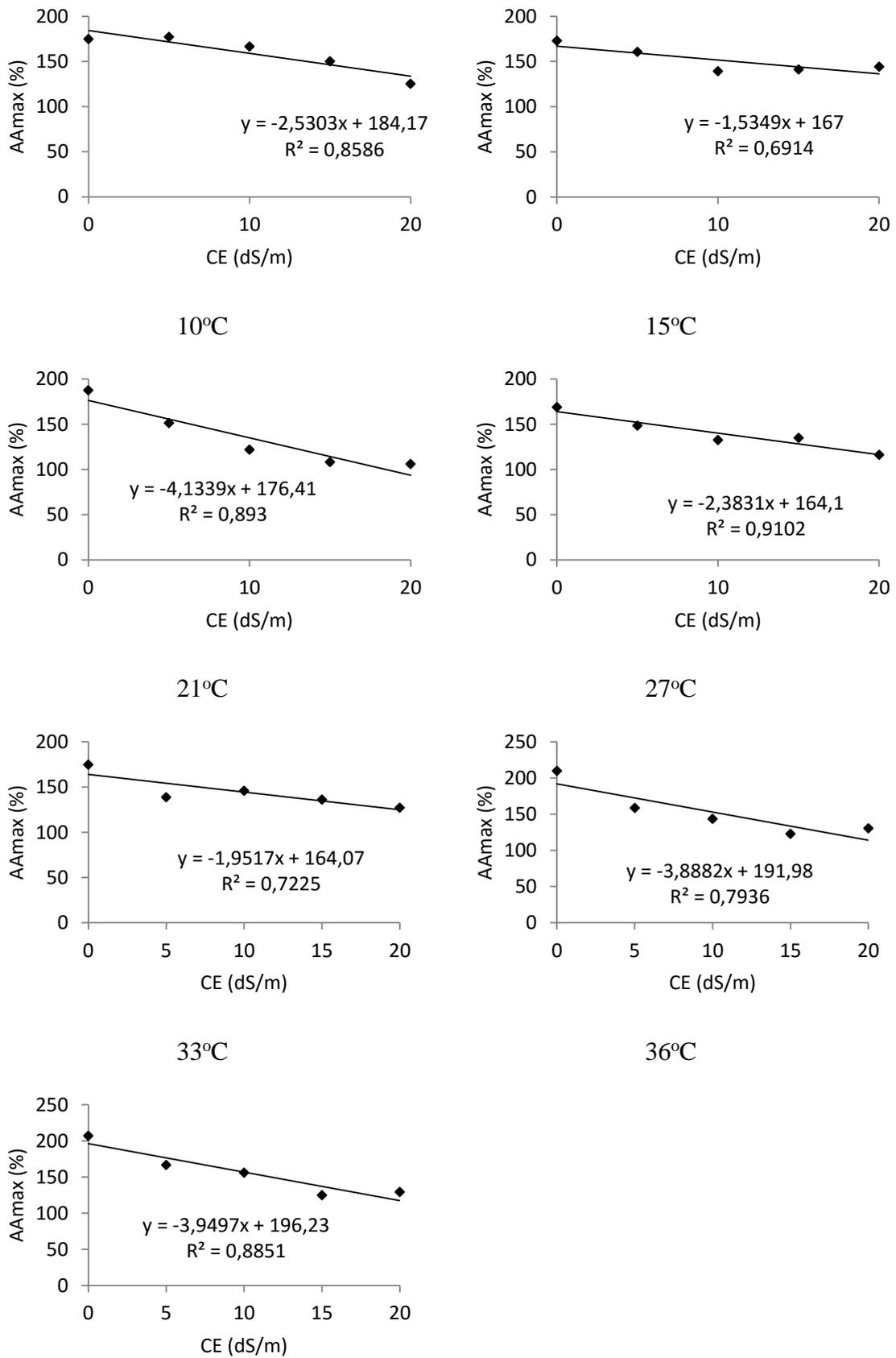


Figura 4. Coeficiente angular das equações em função da temperatura.

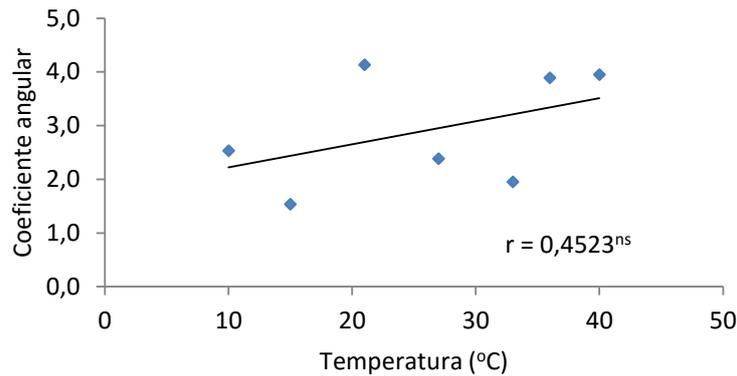
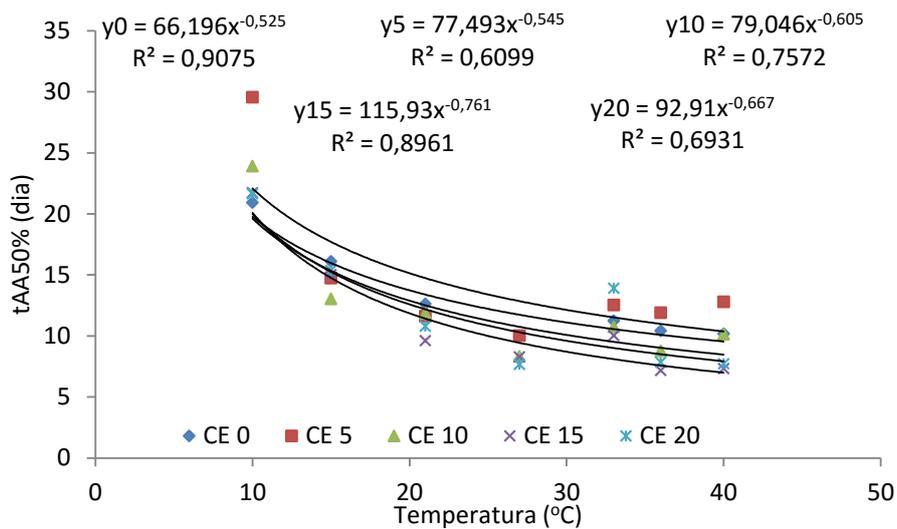


Figura 5. Tempo de absorção de 50% do valor máximo absorvido para diferentes CE em função da temperatura.



Diante desses resultados, fica evidente que a redução do potencial osmótico afeta o processo de absorção de água, sendo esses resultados importantes na caracterização da curva de absorção de água de sementes de Catingueira, e na sua resposta à salinidade e temperatura, uma vez que existem poucos trabalhos conclusivos sobre o tema.

3.2 TESTE DE GERMINAÇÃO

As sementes de *P. pyramidalis* foram submetidas a teste preliminar de germinação e apresentaram início de emissão da radícula nos primeiros dias de instalação. Desta forma, nenhum tratamento de superação de dormência foi adotado. Na literatura, vários autores citam que essa espécie possui dormência tegumentar, no entanto, há contradições a respeito dessa afirmação. Segundo Marcos-Filho (2005), essa divergência de resultados pode ocorrer devido à variação na profundidade da dormência que ocorre entre populações e até mesmo entre sementes de uma mesma planta, que está relacionada ao genótipo, desuniformidade de maturação e alterações das condições climáticas durante esse período.

O modelo foi capaz de explicar o fenômeno de germinação de sementes de catingueira para todas as temperaturas e condutividades elétricas (CE) avaliadas, e isso é indicado pelos altos valores de coeficiente de determinação (R^2) que variaram de 0,8482 a 0,9986 (Tabela 2).

O tratamento de CE = 20 dS m⁻¹ não germinou a 10°C, e o de CE = 15 dS m⁻¹ foi o que mais germinou nessa temperatura, obteve o menor tempo para germinar 50% do máximo de sementes germinadas, bem como a maior taxa máxima de germinação, e o menor tempo da taxa máxima de germinação (Tabela 2).

A 15°C o tratamento de CE = 10 dS m⁻¹ foi o que mais germinou, enquanto que a testemunha obteve o menor tempo para germinar 50% do máximo de sementes germinadas, maior taxa máxima de germinação e menor tempo da taxa máxima de germinação (Tabela 2).

A 21°C a testemunha obteve o menor tempo para germinar 50% do máximo de sementes germinadas, a maior taxa máxima de germinação e o menor tempo da taxa máxima de germinação, porém o tratamento CE = 5 dS m⁻¹ obteve a maior germinação acumulada (Tabela 2).

A 27°C o tratamento de CE = 5 dS m⁻¹ obteve o menor tempo para germinar 50% do máximo de sementes germinadas, bem como o menor tempo da taxa máxima de germinação, sendo a CE = 15 dS m⁻¹ que obteve a maior taxa máxima de germinação, e a CE = 10 dS m⁻¹ a que mais germinou (Tabela 2).

A 33°C, o tratamento de CE = 5 dS m⁻¹ obteve maior germinação máxima, o menor tempo para germinar 50% do máximo de sementes germinadas, e a maior taxa máxima de germinação, e a testemunha obteve o menor tempo da taxa máxima de germinação (Tabela 2)

Apesar das sementes não terem germinado na CE = 20 dS m⁻¹ a 10°C, possivelmente porque temperaturas mais baixas retardam as taxas metabólicas, até o ponto em que as vias essenciais ao início da germinação não podem mais operar (HENDRICKS e TAYLORSON, 1976), bem como nas temperaturas de 36°C e 40°C (efeito abiótico) em todas as CE, em que foi observada proliferação de microorganismos devido à alta temperatura e a umidade mantidas nesses tratamentos, o que prejudicou a viabilidade das sementes, o limite de temperatura relativamente amplo (10°C a 33°C) no qual as sementes de Catingueira germinaram confere a esta espécie uma grande vantagem adaptativa, principalmente em ambientes tropicais, onde a temperatura é bastante variável ao longo do ano.

De acordo com Hendricks e Taylorson (1976) esta plasticidade pode proporcionar uma alta capacidade de estabelecimento em campo, aumentando a chance de sobrevivência, em comparação com espécies que apresentam estreitos limites de temperatura para germinar.

O processo de germinação para sementes de Catingueira apresentou a forma sigmoide, onde nos primeiros dias a germinação foi lenta, apresentando em seguida uma fase exponencial de germinação e estabilizando alguns dias depois (Figura 6).

Tabela 2. Parâmetros do modelo (AA_{max}, α , n), coeficiente de determinação (R²), tempo necessário para germinar de 50% do máximo de ementes germinadas (t.G_{50%}, dia), tempo da taxa de máxima de germinação (t.TG_{Max}, dia) e taxa máxima de germinação (TG_{Max}, % dia⁻¹) de sementes de Catingueira em função da CE e da temperatura.

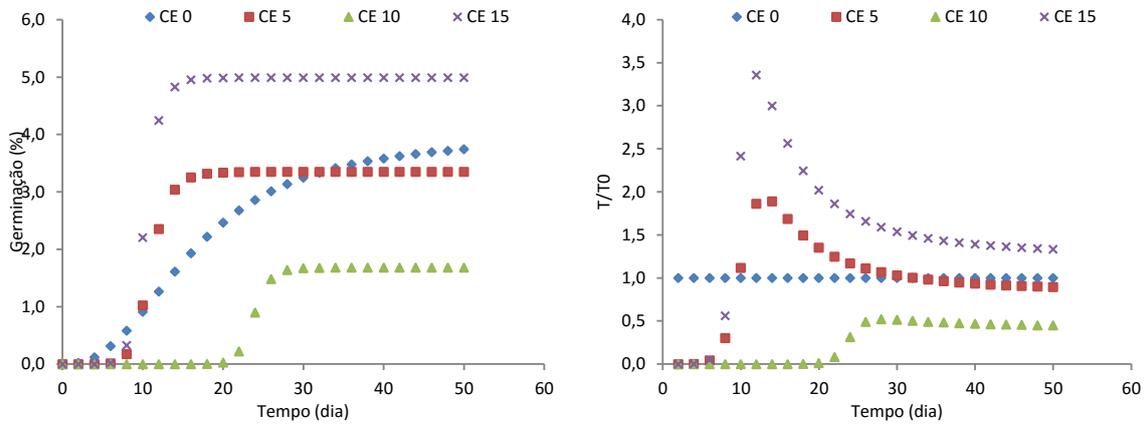
	CE 0 dS/m	CE 5 dS/m	CE 10 dS/m	CE 15 dS/m	CE 20 dS/m
	----- 10°C -----				
Gmax	3,99	3,35	1,68	4,99	-
α''	0,0609	0,0915	0,0419	0,0979	-
n''	2,45	9,24	23,36	10,83	-
R ²	0,9249	0,9720	0,9928	0,9707	-
t.G50%	16,41	10,93	23,86	10,22	-
t.TGmax	11,52	10,68	23,77	10,04	-
TGmax	0,18	0,72	0,41	1,33	-

Continua...

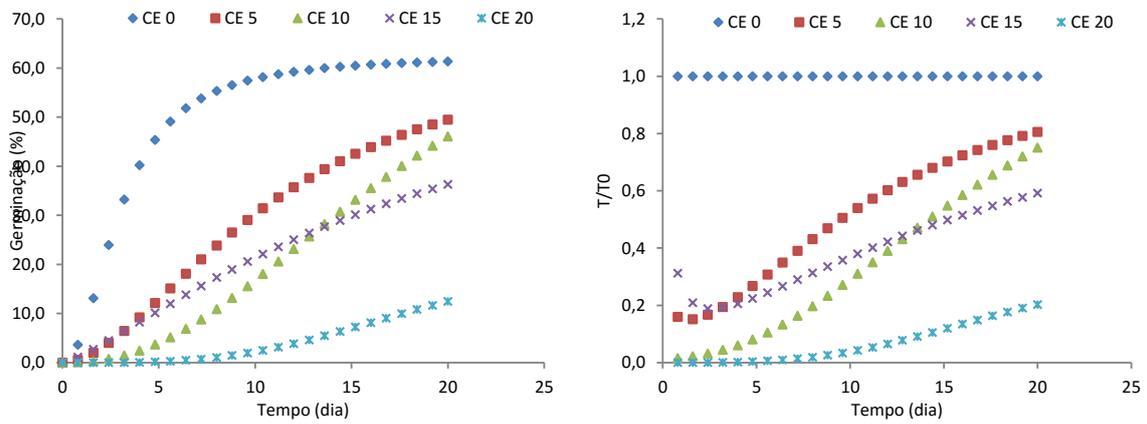
Tabela 2. Cont.

	CE 0 dS/m	CE 5 dS/m	CE 10 dS/m	CE 15 dS/m	CE 20 dS/m
----- 15°C -----					
Gmax	62,58	66,54	81,86	70,00	22,27
α''	0,3316	0,0905	0,0558	0,0530	0,0536
n''	2,09	1,80	2,32	1,30	3,53
R^2	0,9854	0,9765	0,8904	0,9453	0,9494
t.G50%	3,02	11,05	17,93	18,85	18,67
t.TGmax	1,83	5,50	12,04	3,88	15,83
TGmax	13,76	3,76	3,21	2,37	1,14
----- 21°C -----					
Gmax	88,03	93,03	88,64	71,17	44,16
α''	0,28	0,25	0,22	0,16	0,14
n''	2,90	2,91	3,20	5,55	12,01
R^2	0,99	0,97	0,98	0,99	0,99
t.G50%	3,63	4,02	4,54	6,22	7,13
t.TGmax	2,83	3,14	3,71	5,83	7,03
TGmax	19,83	18,98	17,21	16,40	18,72
----- 27°C -----					
Gmax	85,24	92,97	96,43	93,36	84,47
α''	0,8593	1,0450	0,7358	0,4161	0,3135
n''	2,10	2,20	2,69	11,55	7,30
R^2	0,9848	0,8482	0,9836	0,9975	0,9986
t.G50%	1,16	0,96	1,36	2,40	3,19
t.TGmax	0,71	0,61	1,02	2,37	3,07
TGmax	48,65	66,17	54,93	113,02	49,25
----- 33°C -----					
Gmax	74,73	78,40	63,33	63,60	43,72
α''	0,2515	0,3127	0,1957	0,1143	0,12
n''	2,07	3,57	2,29	2,64	3,37
R^2	0,9555	0,9638	0,9644	0,9736	0,94
t.G50%	3,98	3,20	5,11	8,75	8,22
t.TGmax	2,40	2,72	3,40	6,46	6,85
TGmax	12,42	23,70	8,64	5,56	4,89

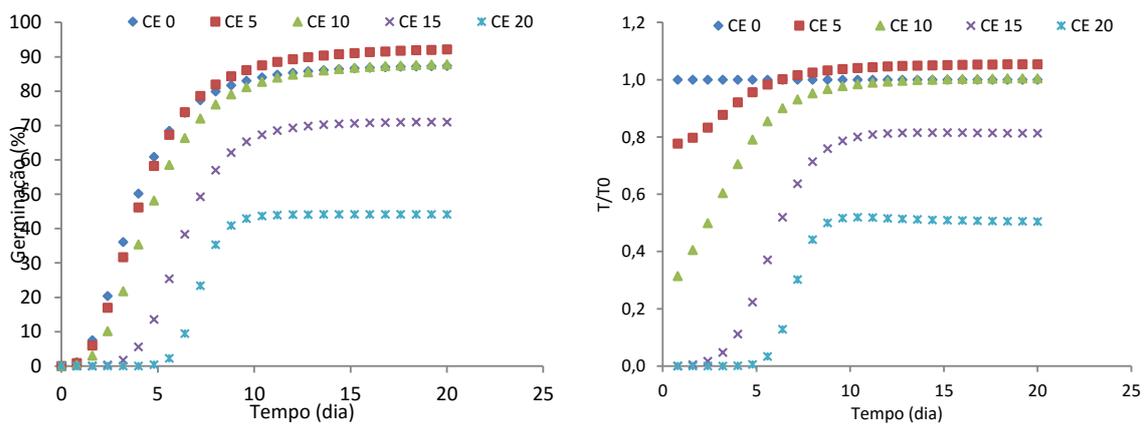
Figura 6: Germinação de sementes de Catingueira em função do tempo e sua germinação relativa, sob diferentes condutividades elétricas e temperaturas.



10°C



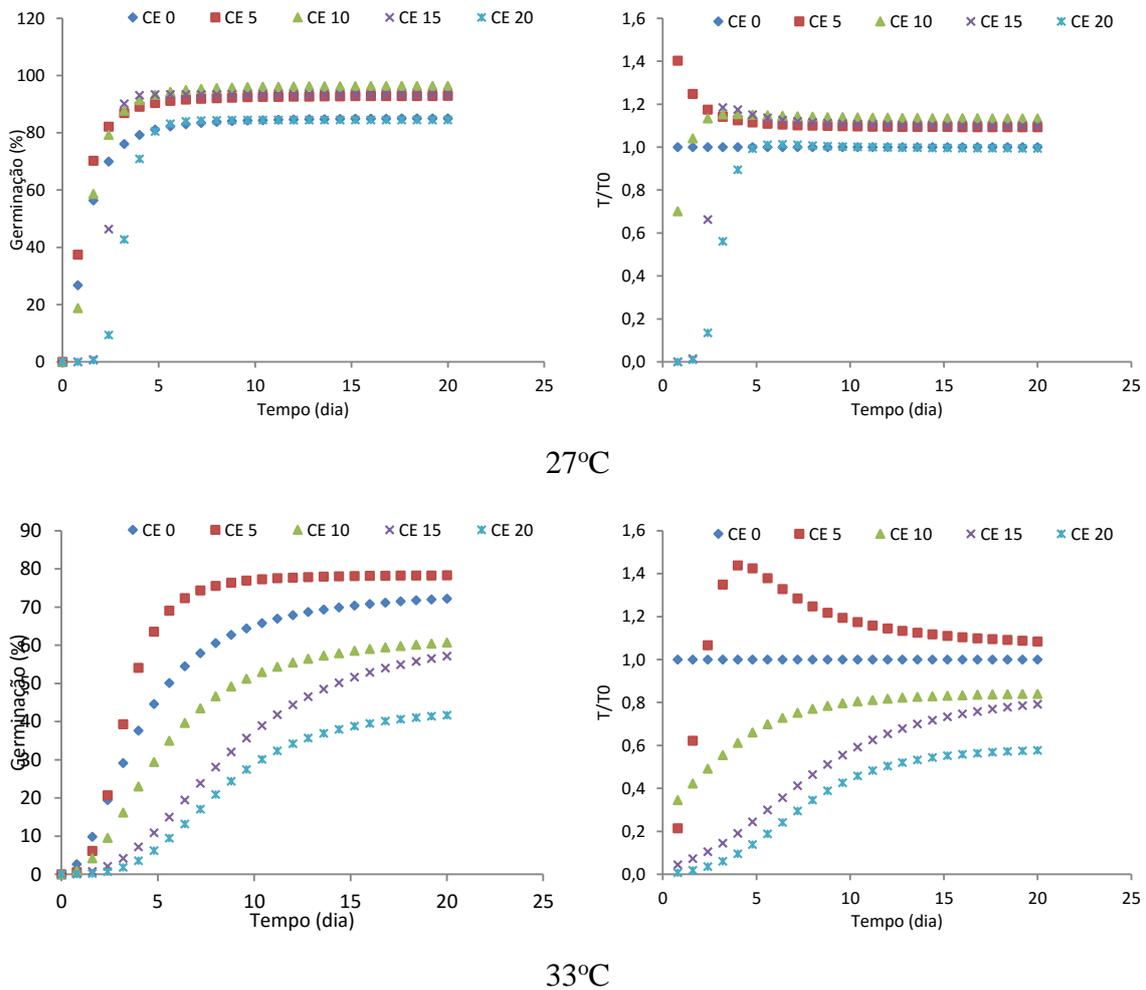
15°C



21°C

Continua...

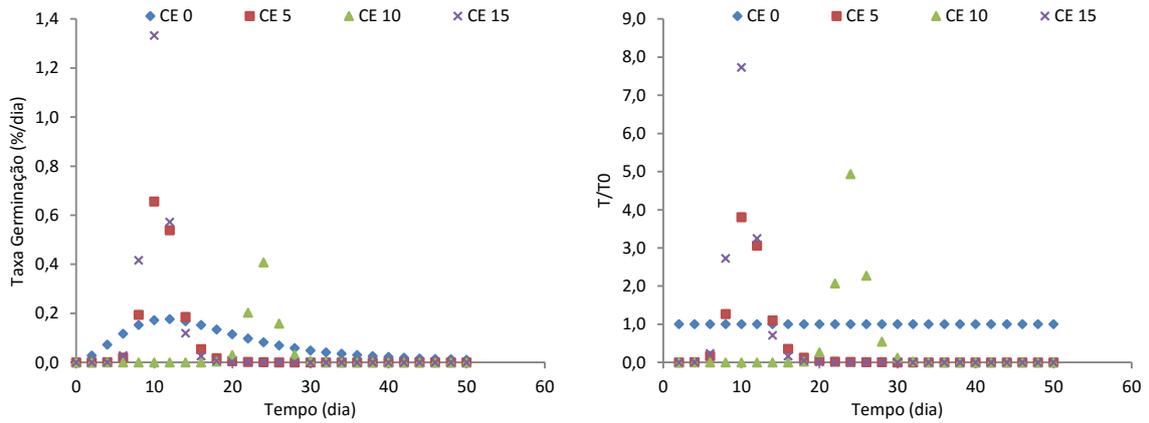
Figura 6, cont.



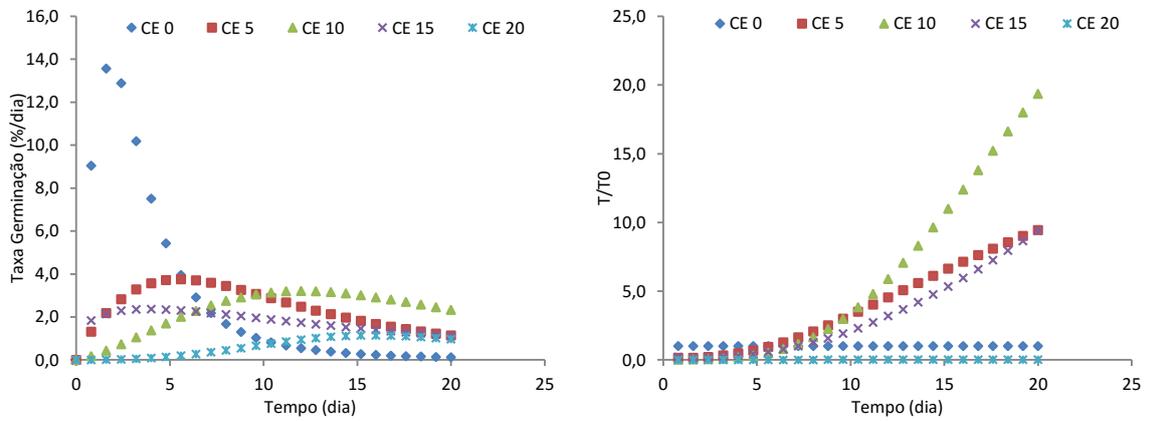
As taxas de germinação seguiram o mesmo padrão em todas as temperaturas e CE avaliadas, onde mostraram-se mais lentas no período inicial do processo, em seguida atingiram o máximo e depois diminuiram (Figura 7).

Analisando os resultados da germinação máxima, foi possível observar que a germinação seguiu o Modelo quadrático com ponto de máximo (Figura 8), indicando que há uma temperatura ótima para germinação, nesse caso igual a 24,79°C com germinação máxima de aproximadamente 87%, sendo a temperatura mínima igual a 9,73°C e máxima de 39,85°C (Tabela 3).

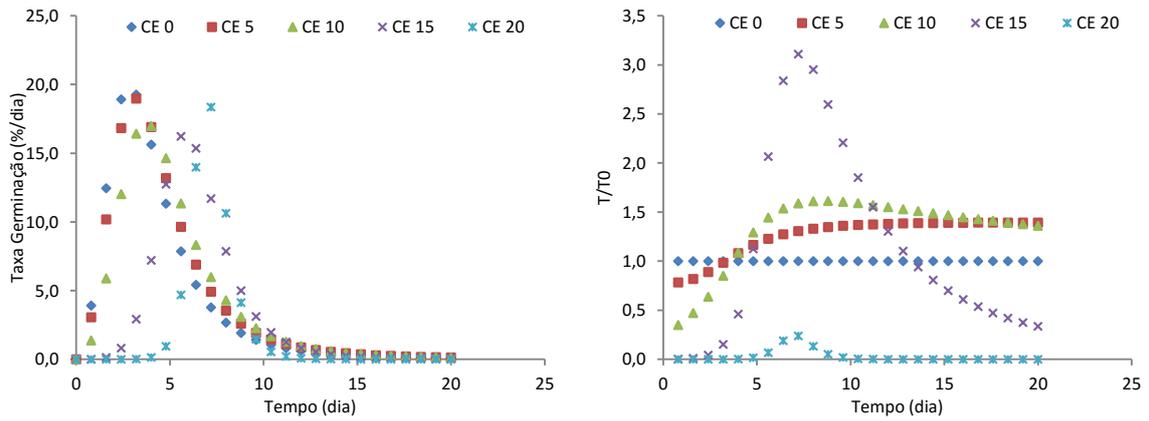
Figura 7: Taxas de germinação de sementes de Catingueira em função do tempo e sua taxa de germinação relativa, sob diferentes condutividades elétricas e temperaturas.



10°C



15°C



21°C

Continua...

Figura 7, cont.

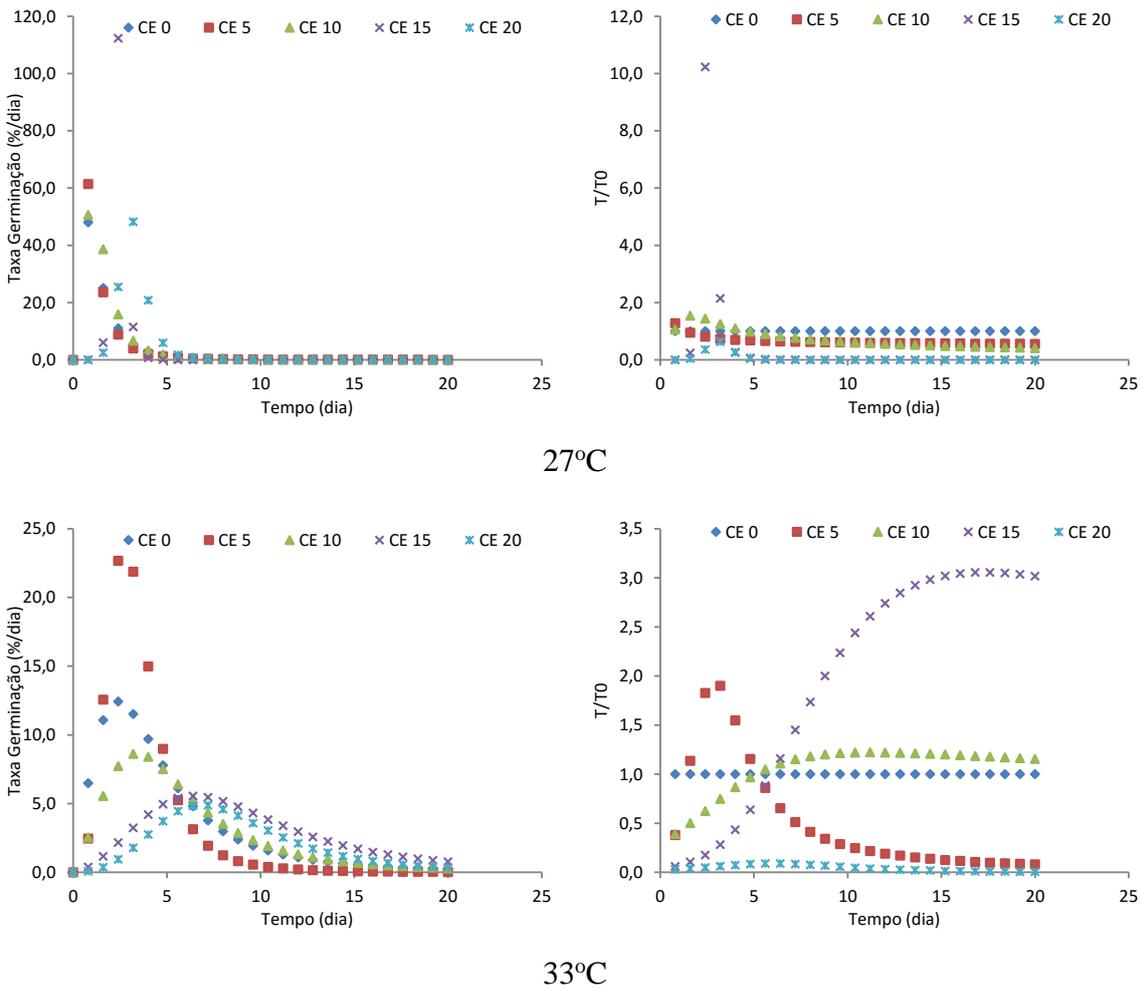


Figura 8: Médias da germinação máxima de sementes de Catingueira em função da temperatura.

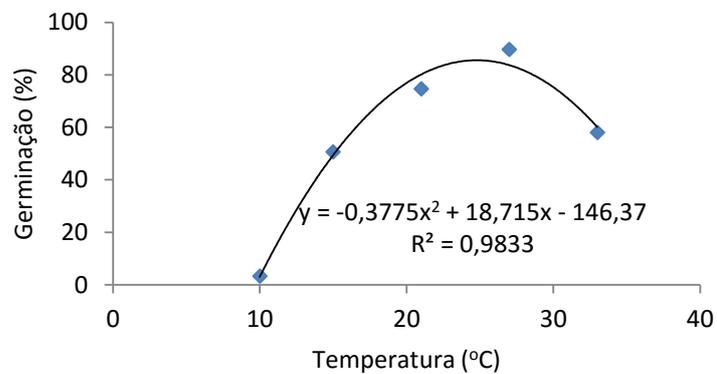


Tabela 3: Temperatura ótima, mínima e máxima para germinação de sementes de Catingueira e sua respectiva germinação máxima.

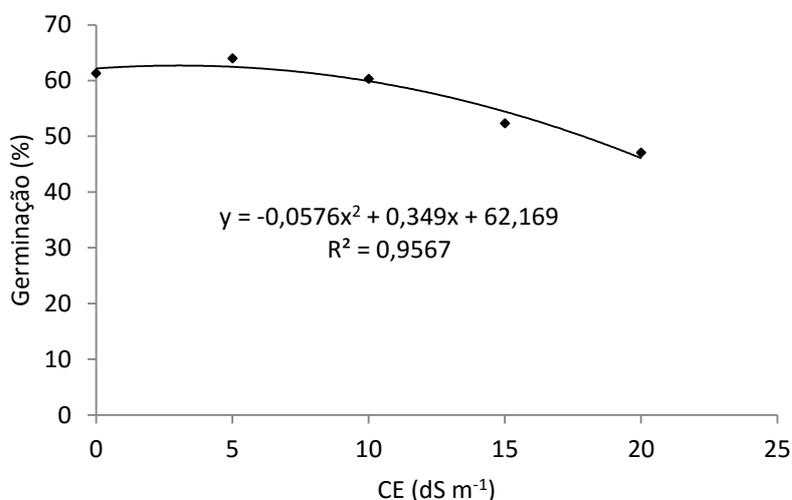
Temperatura ótima	24,79°C
Temperatura mínima	9,73°C
Temperatura máxima	39,85°C
Germinação máxima	87,12%

A temperatura ótima para germinação está dentro da faixa de temperatura encontrada na literatura, e conforme citado por Borges e Rena (1993), diversas espécies florestais subtropicais e tropicais possuem sementes com potencial máximo de germinação na faixa de temperatura entre 20°C e 30°C. Geralmente a temperatura ideal para germinação varia dentro da faixa de temperatura encontrada no local e na época ideal para a emergência e estabelecimento das plântulas (RAMOS e VARELA, 2003).

Temperaturas muito elevadas produzem estresse, que ocasiona a dormência térmica ou mesmo a perda da viabilidade (VIDAVER e HSIAO, 1975). Dessa forma, o estresse tende a reduzir a germinação ou mesmo suprimi-la temporariamente (OLIVEIRA et al., 2014). Dessa maneira, o fato das sementes expostas a 36°C e 40°C não terem germinado, pode ser explicado pelo processo de modificação da permeabilidade das membranas e desnaturação das proteínas ocasionadas pelas altas temperaturas, o que suscita perda de material (BAKER et al., 1991). A temperatura pode afetar as reações bioquímicas que determinam todo o processo germinativo, afetando tanto a capacidade quanto a velocidade de germinação (BEWLEY et al, 2013).

A germinação máxima também foi influenciada pela salinidade. Ao analisar as médias de germinação máxima de todas as temperaturas, percebeu-se que o aumento da CE diminuiu exponencialmente a germinação, com exceção do intervalo entre as CE = 0 dS m⁻¹ e 5 dS m⁻¹, onde a porcentagem de germinação permaneceu praticamente a mesma, sendo portanto a CE = 5 dS m⁻¹ considerada salinidade limiar (Figura 9 e Tabela 2).

Figura 9: Médias da germinação máxima em função da CE.



A menor porcentagem de germinação (45%) ocorreu no tratamento de maior concentração salina (20 dS m⁻¹) (Figura 9). Foi verificada redução na germinação a partir da concentração de 5 dS m⁻¹, um decréscimo aproximadamente de 15% entre as concentrações 5 e 20 dS m⁻¹. Jeller (1997) e Fonseca e Perez (2001) também observaram diferenças na porcentagem de germinação em relação ao tratamento controle em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. (Cássia do nordeste) e *Adenanthera pavonina* L. (Olho-de-dragão), na qual a germinação foi reduzida à medida que os potenciais osmóticos se tornavam mais negativos.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Neto et al., (1999) que trabalhando com *Leucaena leucocephala* (Leucena) verificaram que o aumento da concentração de sal afeta, de forma prejudicial, o processo de germinação. Entretanto, há espécies que a germinação não sofre o efeito negativo da salinidade. Ribeiro-Reis et al., (2012) e Ribeiro et al., (2014) trabalhando com *Erythrina velutina* Willd. (Mulungu) e *Poincianella pyramidalis* (Catingueira), respectivamente, concluíram que a presença de sal não foi capaz de afetar a germinação das sementes e classificaram as espécies como tolerantes a salinidade.

Associada à água, a salinidade influencia significativamente a resposta germinativa das espécies, e vários autores (FONSECA e PEREZ, 2001; FREITAS et al., 2010) têm descritos seus efeitos sobre a germinação de sementes de diferentes espécies, havendo variações na intensidade de resposta em função da espécie de planta estudada.

Prisco (1980) relata que as plantas durante a germinação e primeiros estádios de crescimento possuem maior sensibilidade à salinidade, e que essa sensibilidade varia de acordo com a espécie vegetal e o tipo de sal existente. O excesso de sais na água provoca uma redução do potencial osmótico do meio, induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes, o que resulta em uma seca fisiológica. Além disso, o potencial osmótico de íons no embrião pode elevar-se a níveis tóxicos, e esses altos potenciais osmóticos afetam o metabolismo da planta em vários aspectos, além de provocarem mudanças na sua morfologia e prejudicarem a germinação, (DONEEN, 1975).

Apesar do aumento da concentração salina ter reduzido a germinação máxima, não foi possível estabelecer um limite máximo de tolerância a salinidade para Catingueira, pois mesmo a 20 dS m^{-1} as sementes continuavam germinando. Entretanto, o valor de 20 dS m^{-1} pode ser considerado prejudicial à algumas espécies florestais. Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al., (2014) para sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Aroeira-do-sertão) que suportaram a salinidade até os limites de 12 dS m^{-1} , ocorrendo inibição total da germinação das sementes das espécies estudadas a partir de 14 dS m^{-1} em solução de NaCl.

No entanto, o fato das sementes de catingueira apresentarem maior capacidade para germinarem em condições salinas de até 20 dS m^{-1} , dependendo da temperatura, do que as sementes de outras espécies como *Myracrodruon urundeuva* (Oliveira et al., 2014), *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth (Jurema imbira) (LEAL et al., 2015), não é uma evidência que tenham maiores habilidades para vegetar em solos salinos que as demais espécies.

Apesar do estresse salino ser mais inibitório durante a fase de germinação do que em qualquer outro estágio de desenvolvimento (BEWLEY e BLACK, 1982), para diversas espécies vegetais a sensibilidade a salinidade, é conhecida por variar entre os diferentes estádios de desenvolvimento (MASS e HOFFMAN, 1977). A sensibilidade ou tolerância ao fator salinidade não é indicativo de que a planta apresentará comportamento similar fase adulta. Algumas espécies são mais tolerantes à salinidade na fase de planta madura do que na germinação ou fase inicial de crescimento (ROGERS e NOBLE, 1991).

Analisando os resultados do tempo de germinação de 50% do máximo de sementes germinadas ($t.G_{50\%}$), percebeu-se que esse tempo aumentou com a elevação da CE (Figura 10) e diminuiu com o aumento da temperatura (Figura 11).

Figura 10: Médias dos tempos para germinar 50% do máximo de sementes germinadas em função da CE.

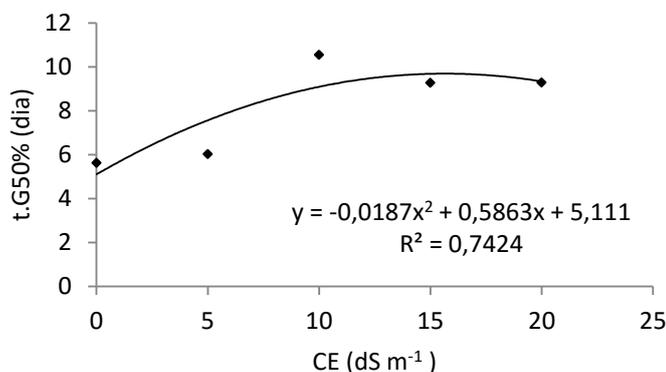
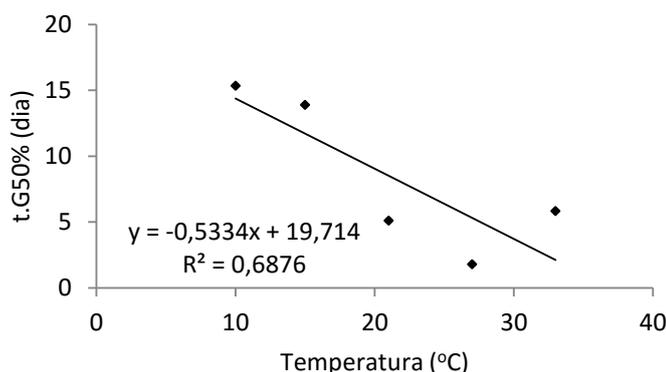


Figura 11: Médias dos tempos para germinar 50% do máximo de sementes germinadas em função da temperatura.



Resultados semelhantes foram encontrados por Holanda et al., (2015), trabalhando com *Mimosa caesalpinifolia Benth.* (Sabiá) observaram que a utilização de temperaturas mais baixas proporcionou um aumento no tempo médio de germinação, quando comparada com temperaturas mais altas, e que a exigência do tempo decresce com o aumento da temperatura.

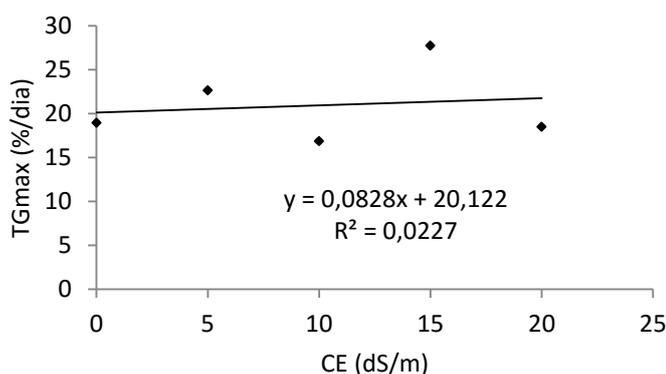
Essa redução do tempo de germinação causado pelo aumento da temperatura ocorre porque a temperatura apresenta grande influência na velocidade de germinação, especialmente por alterar a velocidade de absorção de água e modificar a velocidade das reações químicas, que irão mobilizar ou degradar as reservas armazenadas e a síntese de

várias substâncias para o crescimento das plântulas (BEWLEY e BLACK 1994), e se a velocidade de germinação aumenta, conseqüentemente o tempo de germinação reduz.

Ribeiro et al., (2012), trabalhando com *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) observaram que a salinidade afetou negativamente a velocidade de germinação, podendo-se observar que, com o aumento gradativo da concentração de sais houve um aumento no tempo de germinação, sendo esse aumento resultado da redução do potencial osmótico do meio, que conseqüentemente dificulta a entrada de água nas células e, conseqüentemente, retarda o avanço dos estádios subsequentes.

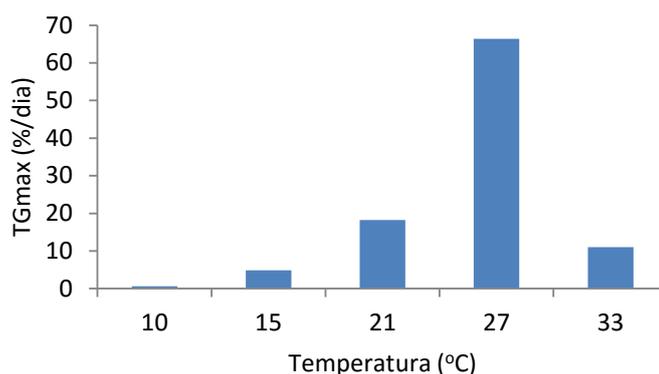
As taxas máximas de germinação não se relacionaram com a CE (Figura 12). Esse resultado difere do encontrado por Ribeiro et al., (2008), que trabalhando com *Mimosa caesalpiniaefolia* constatou que com o aumento gradativo da concentração de sais reduziu a velocidade de germinação. De acordo com Cramer et al., (1994), o grau com que cada componente do estresse salino influencia o crescimento das plantas é dependente de muitos fatores, destacando-se entre eles, espécie vegetal, composição salina do meio, intensidade e duração do estresse e das condições edafoclimáticas.

Figura 12: Médias das taxas máximas de germinação em função da CE.



Por outro lado, a temperatura exerceu certa influência nas taxas máximas de germinação. Até os 27°C constatou-se aumento gradativo dessas taxas a medida que a temperatura aumentou, mas aos 33°C essas taxas reduziram, sendo as maiores taxas de germinação observadas no intervalo de 21°C a 27°C (Figura 13).

Figura 13: Médias das taxas máximas de germinação em função da temperatura.



Resultados semelhantes foram encontrados por Marcos Filho (2005), que constatou que a redução da temperatura, em função dos efeitos sobre a velocidade de absorção e de mobilização de reservas, provoca decréscimo acentuado na taxa de germinação.

Analisando a mesma CE em diferentes temperaturas até os 27°C, foi verificado que, a medida que a aumentou-se a temperatura, as taxas máximas de germinação também aumentaram, porém, aos 33°C essas taxas decresceram. Isso aconteceu para todas CE avaliadas. Constatou-se que em temperatura mais baixa (10°C) a taxa máxima de germinação foi maior no tratamento de maior concentração salina (15 dS m⁻¹), enquanto que em temperatura alta (33°C), o tratamento de maior concentração salina (20 dS m⁻¹) apresentou a menor taxa máxima de germinação (Tabela 2).

Aos 10°C, a menor temperatura estudada, as taxas máximas de germinação para todos as CE mantiveram-se mais baixas em relação às demais temperaturas. Na menor temperatura as sementes levaram maior tempo para germinar 50% do máximo germinado e tiveram a menor porcentagem de germinação acumulada (Tabela 2).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), temperaturas menores ou maiores que a ótima tendem a reduzir a taxa de germinação, expondo as plântulas a fatores adversos por um tempo maior, o que pode ocasionar uma redução no total de sementes germinadas. No entanto, Labouriau e Agudo (1987) afirmam que esse atraso na germinação pode aumentar a probabilidade das plântulas encontrarem condições favoráveis em ambiente instável.

A observação dos dados apontam as taxas de germinação como um fator tão sensível aos efeitos da temperatura quanto o percentual de germinação, uma vez que, em temperaturas menores e maiores que a ótima, tanto as taxas máximas de germinação quanto a germinação máxima sofreram redução. Esses resultados concordam com as afirmações de Heydecker (1977) no qual o aumento do estresse, geralmente, causa inicialmente um decréscimo na velocidade de germinação e posteriormente afeta de maneira negativa a porcentagem de germinação.

Analisando os resultados do tempo da taxa máxima de germinação, observou-se que o mesmo não se relacionou com a CE (Figura 14), porém foi reduzido a medida que aumentou-se a temperatura (Figura 14).

Figura 14: Médias dos tempos das taxas máximas de germinação em função da CE.

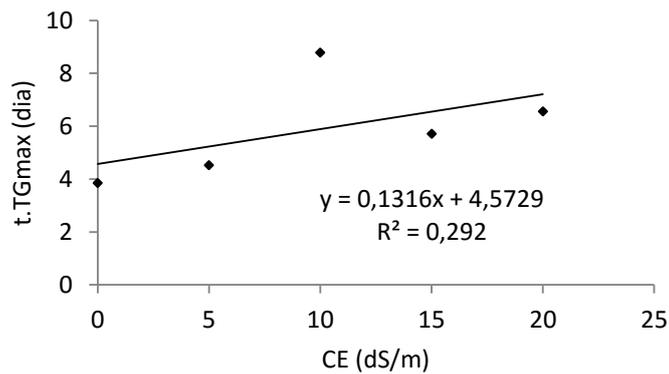
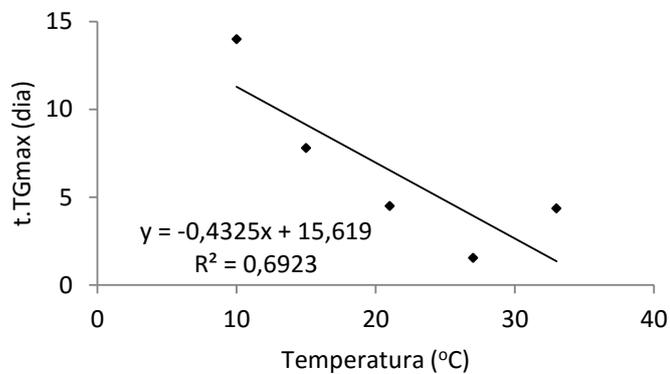


Figura 15: Médias dos tempos das taxas máximas de germinação em função da temperatura.



Esses resultados estão de acordo com Mayer e Poljakoff-Mayber (1989) e Betoni (2009) quando afirmam que o aumento da temperatura aumenta a velocidade de germinação diminuindo o tempo necessário para que as sementes germinassem.

3.3 TESTE DE EMERGÊNCIA SOB EFEITO DO PETRÓLEO

Para todos os tempos (minuto) de imersão de sementes em petróleo testados, o modelo explicou bem o fenômeno de emergência, e isso é indicado pelos altos valores de coeficiente de determinação (R^2) que variaram de 0,9652 a 0,9944 (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros do modelo ($E_{máx}$, α''' , e n'''), coeficiente de determinação (R^2), tempo necessário para emergir de 50% do máximo de sementes emergidas ($t.E_{50\%}$, dia), tempo da taxa máxima de emergência ($t.TE_{máx}$, dia) e taxa máxima de emergência ($TE_{máx}$, % dia⁻¹) de sementes de catingueira em função do tempo (minuto) de imersão em petróleo.

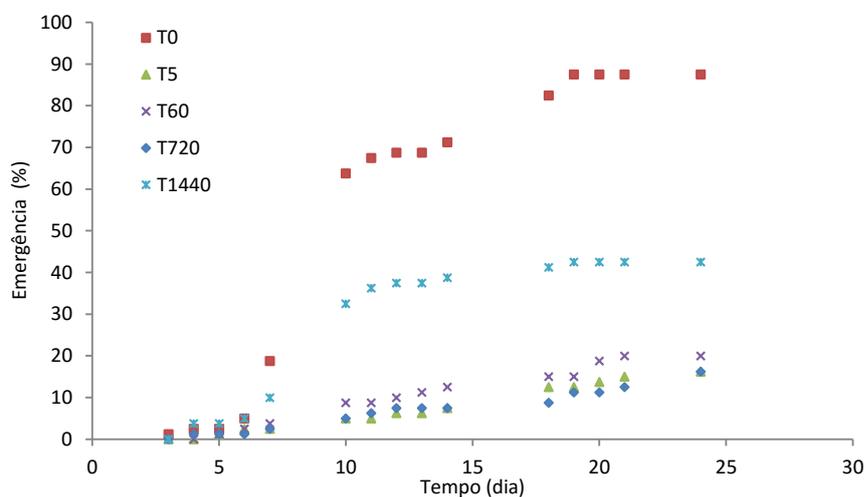
	T0	T5	T60	T720	T1440
$E_{máx}$	86,01	33,13	25,60	18,88	42,24
α'''	0,1128	0,0422	0,0696	0,0631	0,1200
n'''	5,21	2,16	2,48	2,30	5,74
R^2	0,9870	0,9905	0,9819	0,9652	0,9944
$t.E_{50\%}$	8,87	23,70	14,37	15,84	8,33
$t.TE_{máx}$	8,23	14,89	10,17	10,55	7,84
$TE_{máx}$	13,10	0,94	1,31	0,83	7,50

Na Tabela 4 percebe-se que a o tratamento testemunha (T0) e o tratamento de maior tempo de imersão (T1440) emergiram mais que os demais, obtiveram os menores tempos para emergir 50% do máximo de sementes emergidas, bem como as maiores taxas máximas e os menores tempos das taxas máximas de emergência. Apesar do $t.E_{50\%}$, $TE_{máx}$ e $t.TE_{máx}$ serem bastante semelhantes para esses dois tratamentos, a $E_{máx}$ do T0 (86,01%) foi maior que o dobro da emergência do T1440 (42,24%), indicando que o petróleo interfere negativamente na emergência de sementes de catingueira.

A emergência iniciou-se igualmente lenta para todos os tratamentos, porém, por volta do 7º dia após a sementeira constatou-se um aumento em sua porcentagem no T0 e no T1440, continuando baixa nos demais tratamentos, permanecendo assim até a conclusão do experimento. A estabilização da emergência ocorreu mais cedo no T0 e no

T1440, aproximadamente no 19º dia, e nos demais tratamentos a ocorreu em um tempo maior (Figura 16).

Figura 16: Emergência de sementes de Catingueira imersas em petróleo por diferentes tempos (minutos), em função do tempo.



Pérez-Hernández et al., (2013) trabalhando com *C. odorata*, *H. campechianum* e *T. rósea* constataram que a presença de petróleo em altos níveis no solo acelerou e aumentou a emergência de sementes. Adam e Duncan (2002) também mencionaram que, algumas espécies vegetais em solo com hidrocarbonetos de petróleo aumentam a taxa de emergência, e que existe um "fator" que faz com que o petróleo estimule a emergência de certas espécies. Esse aumento da emergência devido à presença de petróleo, parece estar associado com um aumento na entrada de água para dentro do endosperma da semente, de tal modo que as modificações enzimáticas no começo da emergência ocorrem em menos tempo (RIVERA-CRUZ e TRUJILLO, 2004), e alguns compostos de petróleo parecem funcionar como hormônios promotores de crescimento (BOSSERT e BARTHA, 1984; SALANITRO et al., 1997).

Considerando nossos resultados, apesar do petróleo não ter acelerado, nem aumentado a emergência das sementes de Catingueira, e do T0 ter alcançado a maior porcentagem de emergência, bem como a maior taxa máxima de emergência, o fato do T1440 ter apresentado maior percentual de germinação entre os tratamentos de imersão, pode ser explicado pelo fato de que as sementes desta espécie ainda encontravam-se frescas e tinham um revestimento provavelmente permeável, e ao passarem o maior

tempo em contato com o petróleo permitiram a entrada de alguns hidrocarbonetos, e estes agiram como hormônios promotores e aceleradores da emergência comparada aos demais tratamentos de imersão.

Por outro lado, hidrocarbonetos de petróleo no solo tendem a formar uma camada hidrófoba que cobre a semente, interrompendo a troca de gases (LI et al., 1997; SAWATSKY e LI, 1997). Esta barreira física tem sido apontada como a principal causa do atraso de emergência das sementes quando a concentração e o tipo de petróleo não são tóxicos as espécies vegetais (CHAIÑEAU et al., 1997; ADAM e DUNCAN, 2002). É o que possivelmente ocorreu nos tratamentos T5, T60 e T720, onde o tempo de imersão provavelmente foi insuficiente para permitir a entrada de alguns hidrocarbonetos, impedindo estes de agirem como hormônios promotores e aceleradores da emergência, além de reduzir as taxas máximas de emergência, consequentemente aumentar tanto o tempo da taxa máxima, quanto o tempo necessário para emergir 50% do total de sementes emergidas.

Normalmente, a ecotoxicidade do petróleo têm sido avaliada em relação a emergência de sementes (UDO e FAYEMI, 1975; ADAM e DUNCAN, 2002) que, de um modo geral, é inibida no solo contaminado com hidrocarbonetos de petróleo (SALANITRO et al., 1997). Tanto o efeito tóxico do petróleo quanto as condições desfavoráveis do solo pode inibir a emergência (MERKL et al., 2004), sendo que os hidrocarbonetos do petróleo podem entrar na semente e alterar as reações metabólicas e até matar o embrião (BAKER, 1970; CHAIÑEAU et al., 1997).

O efeito do petróleo na emergência de sementes de Catingueira variou entre os tempos de imersão, e apesar de alguns de seus compostos funcionarem como hormônio promotor de crescimento no T1440, a emergência das sementes em todos os tratamentos foi afetada negativamente pela presença do petróleo, indicando que em caso de acidentes ambientais com derrame de petróleo, as sementes de esta espécie presentes no banco de sementes podem ser negativamente afetadas e terem sua germinação máxima reduzida.

É interessante e recomendável que testes de fitorremediação com essa espécie sejam executados, uma vez que a mesma conseguiu emergir na presença de petróleo. Para sabermos se é possível utilizar essa espécie em programas de recuperação de áreas degradadas por derrames de petróleo, é necessário determinar a sua capacidade no que

diz respeito à degradação de hidrocarbonetos de petróleo no solo. Sendo importante a utilização de espécies arbóreas devido ao grande potencial dessas na fitorremediação, devido à sua alta longevidade, biomassa e profundas raízes que podem penetrar e corrigir as camadas mais profundas do solo.

4. CONCLUSÃO

- A salinidade reduz as taxas máximas de absorção água e conseqüentemente a absorção acumulada e sua posterior germinação, e prolonga o tempo necessário para germinar 50% da germinação máxima, e o tempo da taxa máxima de germinação.
- A salinidade até 5 dS m⁻¹ é considerada limiar, pois não interfere negativamente na germinação das sementes de Catingueira.
- O aumento da temperatura reduz o tempo gasto na absorção de 50% do máximo de água absorvida, como também o tempo necessário para germinar 50% da germinação máxima, e o tempo da taxa máxima de germinação.
- 24,79°C é a temperatura ótima para a germinação de sementes de Catingueira, sendo a mínima igual a 9,73°C e a máxima de 39,85°C
- De modo geral, o petróleo afeta negativamente a emergência das sementes de Catingueira.
- O tratamento testemunha e o tratamento de maior tempo de imersão em petróleo emergiram mais que os demais tratamentos, obtiveram os menores tempos para emergir 50% do máximo de sementes emergidas, bem como os menores tempos das taxas máximas de emergência e as maiores taxas máximas de emergência.

REREFÊNCIAS

- ABDO, M.T.V.N.; PAULA, R.C. Temperaturas para a germinação de sementes de capixingui (*Croton floribundus*– Spreng – Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 135-140. 2006.
- ACHUBA, F. I. The effect of sublethal concentrations of crude oil on the growth and metabolism of Cowpea (*Vigna unguiculata*) seedlings. **The Environmentalist**, v. 26, n. 1, p. 1720. 2006.
- ASHRAF, M.; ZAFAR, R.; ASHRAF, M. Y. Time-course changes in the inorganic and organic components of germinating sunflower achenes under salt (NaCl) stress. **Flora**, v. 198, n. 1, p. 26-36. 2003.
- ADAM, G.; DUNCAN, H. J. Influence of diesel fuel on seed germination. **Environmental Pollution**, v. 120, n. 2, p. 363-370. 2002.
- ADAM, G.; DUNCAN, H. The effect of diesel fuel on common vetch (*Vicia sativa* L.) plants. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 25, n. 1, p. 123-130. 2003.
- ALBUQUERQUE, M.C.F.; RODRIGUES, T. J.D.; MENDONÇA, E.A.F. Absorção de água por sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth determinada em diferentes temperaturas e disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, p. 206-215. 2000.
- ALMEIDA, W. F. Efeitos da salinidade sobre a germinação e o desenvolvimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Dissertação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, 2009.
- ALBUQUERQUE, M. C. F.; COELHO, M. F. B.; ALBRECHT, J. M. F. Germinação de sementes de espécies medicinais do Cerrado. In: COELHO, M.F.B.; COSTA JÚNIOR, P.; DOMBROSKI, J. L.D. **Diversos olhares em etnobiologia, etnoecologia e plantas medicinais**. Cuiabá: UNICEN Publicações, p.157-181. 2003.
- ALVES, E. U et al. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 169-178. 2002.
- ALVES, E. U et al. Superação da dormência em sementes de *Poincianella pyramidalis* Tull. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.3, p.405-415. 2007.
- AMORIM, J. R. A et al. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 167-176. 2002.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149-163. 1981.

- ANDRADE, L.A et al. Análise da cobertura de duas fisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, v.11, n. 3, p. 253-262. 2005.
- ANDRADE, A. P et al. Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos “pulsos-reservas”. In: SIMPÓSIO DA 43ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006.
- ANDRADE, L.A. **Ecologia da faveleira na caatinga**: Bases para a exploração como lavoura xerófila. Campina Grande: Aclilson Impressos, 2007. 168 p.
- ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N. Processos ecológicos mantenedores da diversidade vegetal na caatinga: estado atual do conhecimento. In: CLAUDINO-SALES, V. (Org.) **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2003, p.115-128.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16. 2004.
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. O banco de sementes de um trecho de Floresta Atlântica Montana (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 319-328. 1999.
- BAKER, J. M. The effects of oils on plants. **Environmental Pollution**, v. 1, n. 1, p. 27-44. 1970.
- BAKER KD, PAULSEN MR, VAN-ZWEDEN J. Hibrid and drying rate effects on seed corn viability. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n. 2, p. 499-506. 1991.
- BAMIDELE, J. F.; AGBODIGI, O. M. Toxic of odidi petroleum oil and its water soluble faction on three aquatic macrophytes, **Nigerian Journal of Science and Environment**, Zaria, v. 2, n. 1, p. 113–121. 2000.
- 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. (Orgs.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Universitária UFPE, 2003. p.657-693.
- BARDELLI-DA-SILVA, M. Y. **Influência do solo contaminado com óleo diesel na germinação, crescimento e morfo-anatomia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs (Euphorbiaceae)**. Curitiba, 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- BARRERA, E.; NOBEL, P. S. Physiological ecology of germination for the columnar cactus *Stenocercus queretaroensis*. **Journal of Arid Environments**, London, v. 53, n. 3, p. 297-306. 2003.
- BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H.; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 59-64. 2004.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego, Academic Press, 1998. 666 p.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C.; LI, X. Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds. **Plant Species Biology**, v. 15, n. 2, p. 139-152. 2000.

BETONI, R. **Salinidade e temperatura na resposta fisiológica de sementes e anatomia radicular de plântulas de Guazuma ulmifolia LAM. (Sterculiaceae) e Caesalpinia ferrea MART. (Fabaceae)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal, 2009.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **The Physiology and Biochemistry of Seeds**. Springer-Verlag, v. 2, 1982. 375 p.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seed physiology of development and germination**. 2ed. Plenum Press, New York. 1994.

BEWLEY, J. D. **Seed germination and dormancy**. The plant cell: 9, 1997.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H.W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer. Third Edition, 2013. 392p.

BONA, C.; SANTOS, G. O. **Adaptações morfo-fisiológicas de espécies vegetais crescendo em solo contaminado com petróleo**. Curitiba: FUNPAR – UFPR, 2003. Relatório Técnico.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.83-136.

BOSSERT, I.; BARTHA, R. (1984). The fate of petroleum in soil ecosystems. In R. M. Atlas (Ed.), **Petroleum microbiology** (pp. 434–476). New York: Macmillan

BRADFORD, K. J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, Y.; GALILI, G. (Ed.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. cap.3, p.351-356.

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, n. 4, p. 15-21. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

BRUNO, R. L. A et al.. Tratamentos prégerminativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpinioefolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, p. 136-143. 2001.

- CARDOSO, V. J. M. Germinação. In: KERBAURY, G.B. (Ed). **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2008, p. 384-408.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CASTELLANI, T. T.; STUBBLEBINE, W. H. Sucessão secundária em mata tropical mesófila após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 16, p. 181-203. 1993.
- CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.. Embebição e Reativação do Metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 152; 153.
- CETNARSKI FILHO, R.; NOGUEIRA, A. C. Influência da temperatura na germinação de diásporos de *Ocotea odorifera* (Vellozo) *Rohwer* (canela-sassafrás). **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 191-198, 2005.
- CHAÎNEAU, C. H.; MOREL, J. L.; OUDOT, J. Phytotoxicity and plant uptake of fuel oil hydrocarbons. **Journal of Environmental Quality**, v. 26, p.1478-1483. 1997.
- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560. 2009.
- CHUPAKHINA, G. N.; MASLENNIKOV, P. V. Plant adaptation to oil stress. **Russian Journal of Ecology**, v. 35, n. 5, p. 290-295. 2004.
- CLARK, JR. R. C., BROWN, D. N. Petroleum properties and analyses in biotic and abiotic systems. In: MALIS. D. C. **Effects of petroleum on Arctic and Subartic environments in organisms**. Nature and fate of petroleum. New York: Academic Press, 1977.
- COPELAND, L. O; McDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 3. ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.
- CORREIA, K. G. et al. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência. Agrônômica**, v. 40, n. 4, p. 514-521. 2009.
- CRAMER, G. R.; MASS, E. V.; HOFFMEN, G. J. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal Irrigation Drainage Division**, v. 103, p. 115-134. 1994.
- DALLING, J. W.; SWAINE, M. D.; GARWOOD, N. C. Soil seed bank community in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. **Journal of Tropical Ecology**, v.13, n. 5, p. 659-680. 1997.
- DILMA M. B. M. TROVÃO, P. D. F, LEONALDO A. A; JOSÉ D. N. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.

DINIZ, M. C. M. M. **Desenvolvimento e rebrota da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob estresse hídrico, em associação com fungos micorrízicos *Bradyrhizobium***. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1999.

DONEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculture. In: POLJAKOFF - MAYBER, A.; GALE, J. (ed). **Plants in saline environments**. Berlin: Springer-Verlag. 1975. p. 56-64.

DONOVAN, T. J.; DAY, A. D. Some effects of high salinity on germination and emergence of barley (*Hordeum vulgare* L. emend Lani.). **Agronomy Journal**, v. 61, p. 236- 238. 1969.

DORN, P. B.; VIPOND, T. E.; SALANITRO, J. P.; WISNIEWSKI, H. L. Assessment of the acute toxicity of crude oils in soils using earthworms, microtox and plants. **Chemosphere**, v. 35, n. 5, p. 845-860. 1998.

DRUMOND, M. A, et al. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. Petrolina: Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável, 2000. 88 p.

ESTEVEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Australis**, v. 12, n. 4, p. 662-679. 2008.

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

FERNANDES, A. G. Biodiversidade do Semi-Árido Nordeste. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, p. 119-124, 1992. Edição dos Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 1992, São Paulo.

FERREIRA, L. G. R.; REBOUCAS, M. A. A. Influência da hidratação/desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 609-615. 1992.

FERREIRA, G et al. Curva de absorção de água em sementes de atemoia (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.) cv. gefner. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 121-124. 2006.

FIGUEIREDO, J. M. **Revegetação de áreas antropizadas da Caatinga com espécies nativas**. 60 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB, 2010.

FIGUEIRÔA, J. M et al. Madeiras. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; PAREYN, F.G.C.; FIGUEIRÔA, J. M.; SANTOS, A.G. (Orgs.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Editora Universitária, 2005. p.101-133.

FLORES, J.; BRIONES, O. Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropicaldesert: effects of soil water potential and tem perature. **Journal of Arid Environments**, v. 47, n. 4, p. 485-497. 2001.

- FLORES, A. V et al. Germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* schott em diferentes temperaturas. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1147-1154. 2014.
- FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeito de sais e da temperatura na germinação de sementes de olho-de-dragão (*Anadenanthera pavonina* L.-Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, p. 70-77. 1999.
- FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. Germinação de sementes de olho de dragão (*Anadenanthera pavonina* L.) ação de poliaminas na atenuação do estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 14-20. 2001.
- FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: EMBRAPA-Florestas, doc. 40, 2000.
- FRANCELINO, M. R et al. Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 79-86, 2003.
- FREITAS, R. M . O. et al., Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 54-58, 2010.
- GALINDO, C. A. M.; LANDGRAF, P. R.C.; PÓLO, M. Avaliação da eficiência de tratamentos para superação de dormência sobre a velocidade de absorção de água e seus efeitos na germinação de sementes de mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*). In: XI Reunião Latinoamericana de Fisiologia Vegetal/XXIV Reunião Argentina de Fisiologia Vegetal/ I Congresso Uruguaio de Fisiologia Vegetal. **ACTAS**. Punta del Lesta, Uruguay. 262p. 2002.
- GALINDO, C. A. M. **Absorção de água, germinação e dormência de sementes de mucuna preta**. Dissertação. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp. JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL., 2006.
- GALVÃO, T. B et al. Embebição de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) e cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) na presença de nacl. **Anais... IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa, PB – 2010.
- GIACHINI, R. M et al. Influência da escarificação e da temperatura sobre a germinação de sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby e J.W. Grimes (sete cascas). **Acta Amazonica**. v. 40, n. 1, p. 75-80. 2010.
- GÓIS, V. A.; TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 64-67. 2008.
- GUEDES, R. S et al. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de Amburana. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 57-64 . 2010
- GUEDES, R. S et al. Estresse salino e temperaturas na germinação e vigor de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2 p. 279 – 288. 2011.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, Article ID 701596, 18 pages, 2014.

HARDESTY, L. H.; BOX, T. W.; MALECHEK, J. C. Season of cutting affects biomass production by coppicing browse species of the Brazilian caatinga. **Journal of Range Management**, v. 41, n. 6, p. 447-80. 1988.

HENDRICKS, S. B.; TAYLORSON, R. B. Variation in the germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, v. 58, p. 7-11, 1976.

HEYDECKER, W. Stress and seed germination: an agronomic view. In: KHAN, A.A. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. **North-Holland Publishing Company**, p.237- 282. 1977.

HOLANDA, A. E. R; MEDEIROS FILHO, S; DIOGO, I. J. S. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth. - Fabaceae). **Gaia Scientia**, v. 9, n. 1, p. 22-27. 2015.

HORIBE, I. Y.; CARDOSO, V. J. M. Efeito do nitrato na germinação isotérmica de sementes de *Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu. **Naturalia**, v. 26, p. 175-189, 2001.

HUGUENIN, M. T.; HAURY, D. H.; WEISS, J. C.; HELTON, D.; MANEN, C.; REINHARZ, E.; MICHEL, J. **Injury assessment** - guidance document for natural resource damage assessment under the oil pollution act of 1990. Damage Assessment and Restoration Program National Oceanic and Atmospheric Administration Maryland, 1996. 222p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 20 de abril de 2015.

IPEF. **Reflorestamento**. Disponível em: <<http://www.ipef.com.br/>>, Acesso em: 10 de fevereiro de 2015.

JELLER, H; PEREZ, S.C.J.G. A. Efeito da salinidade e da semeadura em diferentes profundidades na viabilidade e no vigor de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Brasileira Sementes**, v.19, n. 2, p. 219-225. 1997.

JOSHI, A. J.; MALI, B. S.; HINGLAJIA, H. Salt tolerance at germination and early growth of two forage grasses growing in marshy habitats. **Environmental and Experimental Botany**, v.54, n. 3, p.267-274, 2005.

KRAMER, P. J.; KOZLOZWISKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

KUMAR, N.; PAMIDIMARRI, S.D.V.N.; KAUR, M.; BORICHA, G.; REDDY, M.P. Effects of NaCl on growth, ion accumulation, protein, proline contents and antioxidant

- enzymes activity in callus cultures of *Jatropha curcas*. **Biologia**, v.63, n.3, p.378-382. 2008
- LABOURIAU, L. G.; PACHECO, A. On the frequency of isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant and Cell Physiology**, v. 19, n. 3, p. 507-512. 1978.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA,1983.174p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.
- LARSON, L. A. The effect soaking pea seeds with or without seedcoats has on seedling growth. **Plant Physiology**, v. 43, n. 1, p. 255-259. 1968.
- LEAL, C. C. P. et al. Emergence and early development of seedlings of *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.) irrigated with brackish water. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 759-766. 2015.
- LeDEUNF, Y. Hydration des semences de pois (*Pisum sativum* L.). **Seed Science and Technology**, v. 17, n. 3, p. 471-483. 1989.
- LIMA, M. G. S et al. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 54-61. 2005.
- LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 93-99. 2009.
- LOPES, A. C. A.; NASCIMENTO, W. M. Dormência em sementes de hortaliças. – Brasília, DF: **Embrapa**, 2012. 28 p.
- LABOURIAU, L.; AGUDO, M. On the physiology of germination in *Salvia hispanica* L. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.59, n. 1, p.3756. 1987.
- LEMES, E. Q; LOPES, J. C. Temperaturas cardinais para germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de Paineira. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 179-186, 2012.
- LI, X.; FENG, Y.; SAWATSKY, N. Importance of soil– water relations in assessing the endpoint of bioremediated soils: plant growth. **Plant and Soil**, v. 192, n. 2, p. 219–226. 1997.
- LIMA, J. D et al. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 513-518. 2006.
- LIMA, C. R. et al. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 216 – 222. 2011.

- KRAMER, P. J. e KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.
- KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: Proceedings of the Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stress. Nebraska: INTSORMIL, p. 65-79, 1993.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division of the American Society of Civil Engineering**, v. 103, p. 115–134. 1977.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica, Leitura & Arte, 2004.
- MAIA, C. E. et al. Crescimento do meloeiro Orange Flesh em função do preparo do solo e construção do camalhão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p.41-47. 2009.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MAYER, A. C.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. London: PergamonPress, 1989. 270p.
- MEDEIROS, A et al. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quiabo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABH, 2006.
- MERKL, N.; SCHULTZE-KRAFT, R.; INFANTE, C. Phytoremediation in tropics- the effect of crude oil on the growth of tropical plants. **Biorremediation Journal**, v. 8, n. 3-4, p. 177-184. 2004.
- MERKL, N., SCHULTZE-KRAFT, R., INFANTE, C. Assesment of tropical grasses and legumes for phytoremediation of petroleum-contaminated soils. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 165, p. 195-209, 2005.
- MERKL, N.; SCHULTZE-KRAFT, R.; INFANTE, C.; Phytoremediation in the tropics – influence of heavy crude oil on root morphological characteristics of graminoids. **Environmental Pollution**, v.138, n.1, p. 86-91. 2005 b.
- MISRA, N.; DWIVEDI, U. N. Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. **Plant Science**, v. 166, n. 5, p.1135-1142. 2004.
- MOURA, J. C. M. **Biomonitoramento da eficiência quântica fotossintética em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz, em áreas do trópico semiárido paraibano**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, 2012.
- MUNDIM, R. C.; SALOMÃO, A. N. Tratamentos pré-germinativos para superação da dormência de sementes de escova-de-macaco (*Apeiba tibourbou* Aubl. - Tiliaceae). In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 11, Foz do Iguaçu, 1999. Informativo **ABRATES**, Curitiba, v.9, n.1/2, p.81, 1999. (Resumos).

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645-663. 2005.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681. 2008.

NASSIF, S. M. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.): influência dos tratamentos para superar a dormência e profundidade de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p. 172-179. 1997.

NETO, G. M. N et al. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento inicial da leucena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 257-260. 1999.

NIMER, R et al. Influência de alguns fatores da planta sobre o grau de dormência em sementes de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 5, n. 2, p. 111-119. 1983.

NOGUEIRA, R. J. M. C. N. **Expressões fisiológicas em aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.) em condições adversas.** 207f. Tese (Doutorado em Ciências – Ecologia e Recursos Naturais) –Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

NOGUEIRA, N. W. Grau de dormência das sementes de jucá em função da posição na vagem. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 39-42. 2010.

NOY-MEIR, I. Data transformation in ecological ordination. I. Some advantages of non-centering. **Journal of Ecology**, n. 61, v. 2, p. 329-341. 1973.

OLIVEIRA, O. F. **Caatinga**. Mossoró: ESAM, 1976. 86p.

OLIVEIRA, A. M et al. Salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* FR ALL). **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 39-42. 2007.

OLIVEIRA, G, M. Germinação de sementes de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) e mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong) Stend.) em diferentes condutividades elétricas. **Revista SODEBRAS**, v. 9, n. 104, p. 70-73. 2014.

PACHECO, M. V et al. Germinação de sementes de *Apeibua tibourbou* Aubl. submetidas ao estresse salino. **Revista Cerne**, v. 13, p. 41-46. 2007.

PELEGRINI, L. L et al. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 511-519. 2013.

PÉREZ-HERNÁNDEZ, I et al. Tolerance of four tropical tree species to heavy petroleum contamination. **Water Air & Soil Pollution**, v. 224, p. 1637. 2013.

PFEISTER, J. A.; MALECHEK, J. C. Dietary selection by goats and sheep in deciduous woodland of Northeastern Brazil. **Journal of Range Management**, v. 39, n. 1, p. 24-28. 1986.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília, AGIPLAN, 1977. 289p.

POPINIGIS, F. Tamanho da semente de guaraná e sua influência na emergência e no vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 5, n. 1, p. 81-91. 1983.

PRISCO, J. T. Alguns aspectos da fisiologia do "stress" salino. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 3, p. 85-94. 1980.

PROBERT, E. H. The role of temperature in germination ecophysiology. In: FENNER, M. **The ecology of regeneration in plant communities**. 2.ed. Wallingford: Cab International, 1993. p. 285-325.

AMOLIYA, P. J.; PANDEY, A. N. Effect of increasing salt concentration on emergence, growth and survival of seedlings of *Salvadora oleoides* (Salvadoraceae). **Journal of Arid Environments**, v. 51, n. 1, p. 121-132. 2002.

RAMOLIYA, P. J.; PANDEY, A. N. Effect of salinization of soil on emergence, growth and survival of seedlings of *Cordia rothii*. **Forest Ecology and Management**, v. 176, n. 1, p. 185-194. 2003.

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P. Efeito da temperatura e do substrato sobre a germinação de sementes de visgueiro do igapó (*Parkia discolor* Benth) Leguminosae, Mimosoideae. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, p. 123-133, 2003.

RANIERI, B. D et al. Germinação de sementes de *Lavoisiera cordata* Cogn. e *Lavoisiera francavillana* Cogn. (Melastomataceae), espécies simpátricas da Serra do Cipó, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 4, p. 523-530. 2003.

REBOUÇAS, A. C. M. N. **Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de três espécies arbóreas medicinais da caatinga**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009.

REZENDE, I. M. **Efeito do solo contaminado por óleo diesel na germinação de sementes e morfoanatomia de plântulas e tirodendron de Schinus terebinthifolius Raddi (Anarcadiaceae)**. Curitiba, 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná.

RIBEIRO, M. C. C et al. Tolerância do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) à salinidade durante a germinação e o desenvolvimento de plântulas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 123-126. 2008.

RIBEIRO, R. C et al. Germinação de sementes e produção de mudas de catingueira-verdadeira em água bioessalina. **Informativo Abrates**, v. 24, n. 3, p. 50-54. 2014.

- RIBEIRO-REIS, R. C. Tolerância a estresses abióticos em sementes de *Erythrina velutina* Willd. (leguminosae - Papilionoideae) nativa da caatinga. **Informativo Abrates**, v. 22, n. 3, p. 28-31. 2012.
- RIVERA-CRUZ, M. C., TRUJILLO, N. A. Estudio de toxicidad vegetal en suelos con petróleo nuevo e intemperizado. **Interciencia**, v. 29, n. 7, p. 369–376. 2004.
- RIZZINI, C. T. Nota sobre um embrião dormente em leguminosa esclerodérmica. **Rodriguésia**, v. 29, n. 42, p. 33-39. 1977.
- RODRIGUES, F. C. M. P. **Manual de Análise de Sementes Florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 100p.
- RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Heterogeneidade florística das matas ciliares. Pp. 45-71. In RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP, São Paulo, 2000.
- ROGERS, M. E.; NOBLE, C. L. The effect of NaCl on the establishment and growth of balansa clover (*Trifolium michelianum* Sasi. Var. *Balansae* Boiss.). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 44, p. 785-798. 1991.
- ROY, J. L et al. Relationship between water repellency and native and petroleum-derived organic carbon in soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, n. 2, p. 583-590. 2003.
- SALANITRO, J. P et al. Crude oil hydrocarbon bioremediation and soil ecotoxicity assessment. **Environmental Science and Technology**, v. 31, n. 6, p. 1769–1776. 1997.
- SALANITRO, J et al. Crude oil hydrocarbon bioremediation and soil ecotoxicity assessment. **Environmental Science & Technology**, v. 31, n. 6, p. 1769-1776. 1997.
- SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. **Revista Brasileira de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 232-242. 2006.
- SANTANA, J. A. S et al. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Poincianella pyramidalis* Tul. (Catingueira) na Caatinga do Seridó. **Revista Brasileira de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 1, p. 116-122. 2011.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294. 1998.
- SANTOS, G. O. **Crescimento, nutrição e estrutura do lenho juvenil de três espécies florestais com potencial de fitorremediação em solos contaminados com petróleo**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

SANTOS, J. P.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Richness and distribution of useful woody plants in the semiarid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 5, p. 652-663. 2008.

SAWATSKY, N.; LI, X. Importance of soil–water relations in assessing the endpoint of bioremediated soils II. Water-repellency in hydrocarbon contaminated soils. **Journal of Plant Soil**, v. 192, p. 227–236. 1997.

SGUAREZI, C. N et al. Avaliação de tratamentos pré germinativos para melhorar o desempenho de sementes de café. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 152-161. 2001.

SILVA, F. F. S.; DANTAS, B. F. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de diferentes procedências. **Revista Sodebras**, v. 8, n. 90, p. 40-43. 2013.

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. - Rhamnaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 2, p. 25-31. 1998.

SILVA, L. B. et al. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. **Acta botânica brasílica**, v. 23, n. 2, p. 436-445. 2009.

SILVA, M. B. R. et al. Crescimento de plantas jovens da espécie florestal favela (*Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm) em diferentes níveis de salinidade da água. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**. V. 5- n. 2. 2005.

SILVA, M. J et al. Seleção de três cultivares de algodoeiro para tolerância a germinação em condições salinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 655-659. 1992.

SIMÃO, E. **Aspectos ecofisiológicos da germinação, sobrevivência e desenvolvimento inicial de *Styrax camporum* Pohl. (Styracaceae)**. 2009. 111 f. Tese (Instituto de Biociências) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2009.

SOUZA, F. H. D.; MARCOS FILHO, J. The seed coat as a modulator of seedenvironment relationships in Fabaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24., n. 4., p. 365-375. 2001.

SPADETO, C et al. Estresse salino e hídrico na germinação de sementes de garapa (*Apuleia leiocarpa* (VOGEL.) J. F. Macbr.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14; p. 539-551. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2006.

THOMPSON, K.; GRIME, J. P.; MASON, G. Seed germination in response to diurnal fluctuations of temperature. **Nature**, v. 267, p. 147-149. 1977.

- TOWNSEND, C. E.; MCGINNIES, W. J. Mechanical scarification of Cicer milkvetch (*Astragalus cicer* L.) seed. **Crop Science**, v. 12, p. 392-394. 1972.
- TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes: Tecnologia e Produção**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1997. p.224.
- UDO, E. J.; FAYEMI, A. A. A. The effect of oil pollution of soil on germination, growth and nutrient uptake of corn. **J. Environ. Qual., Madison**, v. 4, n. 2, p. 537-540. 1975.
- VARELA, V. P.; COSTA, S. S.; RAMOS, M. B. P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev) - Leguminosae, Caesalpinoideae. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 1, p.35-39. 2005.
- VERTUCCI, C. W.; LEOPOLD, C. A Dynamics of imbibition by soybean embryos. **Plant Physiology**, v. 72, n. 1, p. 190-193. 1983.
- VIEIRA, I. G.; FERNADES, G. D. Métodos de Quebra de Dormência de Sementes. Piracicaba: IPEF-LCF/ESALQ/USP, **Informativo Sementes IPEF**, nov-1997.
- VIDAVER, W.; HSIAO, A.I. Secondary dormancy in light sensitive lettuce seeds incubated anaerobically or at elevated temperature. **Canadian Journal of Botany**, v. 53, p. 2557-2560, 1975.
- VOIGT, E.L et al. Source-sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, n. 1, p. 80-89, 2009.
- WIELEWICKI, A. P.; LEONHARDT, C.; SCHLINWEIN, G. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 191-197. 2006.
- ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n. 1, p.161-176, 2004.