



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS
AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA



SEBASTIÃO GILTON DANTAS

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE FOLHAS, CAULE E RAIZ DE
***Melia azedarach* EM ESPÉCIES DE OCORRÊNCIA NA CAATINGA**

Orientador: Manoel Bandeira de Albuquerque

AREIA, PB
SETEMRO, 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS
AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA



SEBASTIÃO GILTON DANTAS

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE FOLHAS, CAULE E RAIZ DE
***Melia azedarach* EM ESPÉCIES DE OCORRÊNCIA NA CAATINGA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

AREIA, PB
SETEMRO, 2018

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

D192p Dantas, Sebastião Gilton.

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE FOLHAS, CAULE E RAIZ
DE *Melia azedarach* EM ESPÉCIES DE OCORRÊNCIA NA
CAATINGA / Sebastião Gilton Dantas. - Areia, 2018.
76f. : il.

Orientação: Manoel Bandeira Albuquerque.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA/PPGA.

1. alelopatia. 2. metabólitos secundários. 3.
Espécies da Caatinga. I. Albuquerque, Manoel
Bandeira. II.
Título.

UFPB/CCA-AREIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERIFICADO DE APROVAÇÃO

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE FOLHAS, CAULE E RAIZ DE
Melia azedarach EM ESPÉCIES DE OCORRÊNCIA NA CAATINGA

AUTOR: SEBASTIÃO GILTON DANTAS

Apresentado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em
AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:

Manoel B. de Albuquerque
Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque/DFCA/CCA-UFPB

Orientador

Cleber Ibraim Salimon
Prof. Dr. Cleber Ibraim Salimon/UEPB - PB

Examinador

Célia Cristina Clemente Machado
Profa. Dra. Célia Clemente Cristina Machado/UEPB - PB

Examinadora

Leonardo Alves de Andrade
Prof. Dr. Leonardo Alves de Andrade DFCA/CCA-UFPB

Examinador

Edna Ursulino Alves
Prof. Dra. Edna Ursulino Alves/DFCA/CCA-UFPB

Examinadora

Aprovada em 28 de setembro de 2018.

Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque

A natureza agoniza
apavorada pela ambição humana
e ambiente cada vez mais severo.

Seja sua mão a socorrê-la,
com sua sabedoria e dedicação
ampliando os conhecimentos
preservando o que ainda resta
aos nossos que a habitarão.

Dedico

A Deus, fonte de amor, perdão e misericórdia;
A minha esposa Ângela, meus filhos Paulo, Ana Olívia e Flávia
que estão o tempo todo em mim;
A minha mãe Ana Francisca, mostrando grandeza no seu silêncio.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças e iluminando meu caminho para que pudesse concluir mais uma etapa da minha vida.

Ao CCA-UFPB onde no ano de 1987 conclui o curso de Agronomia e que mais uma vez é palco do meu crescimento no conhecimento agrário.

Ao PPGA que ofereceu apoio necessário na realização do doutorado.

Ao Instituto Federal do Rio Grande do Norte por ter oportunizado a realização desta etapa na minha vida profissional e pessoal.

Aqui o meu mais expressivo agradecimento àqueles que mesmo num sorriso ou aperto de mão contribuíram para a realização deste trabalho e de modo especial:

Ao meu orientador, Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque pelo respeito, produtivas discussões nos momentos mais cruciais do trabalho, amizade e ensinamentos que tornaram mais ricos o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

A banca examinadora constituída pelos professores: Dra. Célia Cristina Clemente Machado, Dr. Cleber Ibraim Salimon, Dra. Edna Ursulino Alves e Dr. Leonaldo Alves de Andrade, pelo apoio, considerações e ressalvas entre tantas outras atribuições de relevante valor na construção final da Tese.

Aos professores e servidores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, com os quais pude conviver compartilhar experiências... enfim, aprender.

Aos professores, servidores e terceirizados do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), *Campus* Parelhas, em especial a Gerlúzia de Oliveira Azevedo Alves e Elias Nunes Filho, e aos do Laboratório de Ecologia Vegetal do CCA, UFPB, em especial a Edilson Guedes que foram solidários na realização deste trabalho.

Aos demais professores, servidores e terceirizados do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, que de alguma forma contribuíram com sua cordialidade e disposição sempre que necessitei de auxílio.

Aos meus colegas e amigos da pós-graduação em Agronomia, em especial a Fernando Kidelmar Dantas de Oliveira, Rodrigo Ferreira de Souza, Eleide Leite Maia e Emanuel da Costa Alves que muito contribuíram em momentos especiais da minha jornada.

Aos meus irmãos por serem a minha maior fonte de inspiração e força de vontade pra ir adiante.

Aos meus irmãos de afeto Henrique Alexandre do Nascimento e Maria das Vitórias Vieira do Nascimento pela dedicação e carinho sempre que necessário.

A minha mãe Ana Francisca Dantas que através do seu silêncio e olhar carinhoso transmite ensinamento e paz.

Aos meus filhos Flávia Priscila Dantas, Ana Olívia Dantas e Paulo Vítor Dantas por me encher de orgulho por serem pessoas dedicadas, guerreiras e cordiais, mola propulsora da minha luta do viver.

Agradeço de forma mais especial possível à minha esposa Ângela Maria Silva Dantas. A você me faltam palavras para expressar toda a minha gratidão, admiração e amor. Agradeço por estar sempre presente ao meu lado, pela paciência em me ouvir falar sobre a tese e pela ajuda em todas as etapas. Amo você!!!

RESUMO

A Caatinga, está sujeita a diversas formas de agressões ambientais de natureza antrópica, como a introdução de espécies exóticas invasoras, que podem ter atividade alelopática nas espécies nativas, interferindo na germinação das sementes e desenvolvimento inicial destas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial alelopático da espécie exótica *Melia azedarach* Linnaeus sobre as espécies alvo da Caatinga: *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. e *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, pertencentes à família Fabaceae. Os efeitos foram avaliados pela germinação das sementes, índice de velocidade de germinação e tamanho da raiz primária, resultado dos bioensaios com os métodos da solução aquosa, sanduiche e plant-box. Para cada espécie alvo foram utilizados raiz, caule e folhas *M. azedarach* totalizando nove bioensaios. No método da solução aquosa foram utilizados cinco tratamentos com quatro repetições, no método sanduiche foram usados quatro tratamentos e cinco repetições e no método da plant-box foram 36 tratamentos com quatro repetições. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (Teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pela resposta dos bioensaios com os três métodos empregados, constatou-se que o aumento da concentração das soluções aquosas e material seco de *M. azedarach*, provocaram inibição na germinação das sementes, diminuição no IVG e comprimento da raiz das espécies alvo, mais pronunciado pelos compostos da raiz da doadora do que pelos compostos do caule e da folha.

Palavras-chave: alelopatia, metabólitos secundários, espécies da Caatinga

ABSTRACT

The Caatinga is subject to several forms of environmental aggression of anthropic nature, such as the introduction of invasive exotic species, which may have allelopathic activity in the native species, interfering with the germination of the seeds and their initial development. The present work aimed to evaluate the allelopathic potential of the exotic species *Melia azedarach* Linnaeus on the target species of the Caatinga: *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. and *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, belonging to the Fabaceae family. The effects were evaluated by seed germination, germination velocity index and primary root size, bioassay results with aqueous solution, sandwich and plant-box methods. For each target species, root, stem and leaves *M. azedarach* were used, totaling nine bioassays. In the aqueous solution method, five treatments with four replicates were used; in the sandwich method four treatments and five replications were used and in the plant-box method there were 36 treatments with four replicates. The results were submitted to analysis of variance (Test F) and the means were compared by the Tukey test at 5% of probability. By the bioassay response with the three applied methods, it was verified that the increase in the concentration of the aqueous solutions and dry material of *M. azedarach*, caused inhibition in seed germination, decrease in IVG and root length of the target species, more pronounced by compounds of the donor root than by the stem and leaf compounds.

Keywords: allelopathy, secondary metabolites, Caatinga species

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Método da solução aquosa com a disposição das sementes na placa de Petri (A) e das placas no germinador (B)	30
Figura 2.	Método sanduíche com a disposição do substrato, material do indivíduo doador e sementes do indivíduo alvo (A) e disposição das placas no germinador (B).	31
Figura 3.	Disposição das sementes e zona de separação do material da doadora no interior da caixa.	32
Figura 4.	Método plant-box (A), tubo de separação do material de <i>M. azedarach</i> (B) e caixas dispostas no germinador.	32
Figura 5.	Porcentagem de germinação de sementes em <i>P. stipulacea</i> , utilizando o método da solução aquosa da raiz, folha e caule de <i>M. azedarach</i> .	36
Figura 6.	Porcentagem de germinação de sementes de <i>M. tenuiflora</i> , utilizando o método da solução aquosa de raiz, folha e caule de <i>M. azedarach</i> .	37
Figura 7.	Porcentagem de germinação de sementes de <i>B. cheilantha</i> , utilizando o método da solução aquosa de raiz, folha e caule de <i>M. azedarach</i> .	37
Figura 8.	Porcentagem de germinação de sementes em <i>P. stipulacea</i> , utilizando o método sanduíche tendo o indivíduo <i>M. azedarach</i> como doador de raiz, folha e caule.	40
Figura 9.	Porcentagem de germinação de sementes em <i>M. tenuiflora</i> , utilizando o método sanduíche tendo o indivíduo <i>M. azedarach</i> como doador de raiz, folha e caule.	40
Figura 10.	Porcentagem de germinação de sementes em <i>B. cheilantha</i> , utilizando o método sanduíche tendo o indivíduo <i>M. azedarach</i> como doador de raiz, folha e caule.	41
Figura 11.	Porcentagem de germinação de sementes de <i>P. stipulacea</i> , <i>M. tenuiflora</i> e <i>B. cheilantha</i> utilizando o método plant-box tendo o indivíduo <i>M. azedarach</i> como doador de raiz, caule e folha.	42
Figura 12.	Germinação de sementes em <i>P. stipulacea</i> (A), <i>M. tenuiflora</i> (B) e <i>B. cheilantha</i> (C), utilizando o método plant-box, tendo o indivíduo <i>M. azedarach</i> como doadora de raiz, caule e folha.	43

- Figura 13. Índice de velocidade de germinação de *P. stipulacea*, utilizando o método da solução aquosa de *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 44
- Figura 14. Índice de velocidade germinação de sementes de *M. tenuiflora*, utilizando o método da solução aquosa de *M. azedarach* como doador de raiz, folha e caule. 45
- Figura 15. Índice de velocidade de germinação de sementes de *B. cheilantha*, utilizando o método da solução aquosa de *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 46
- Figura 16. Índice de velocidade de germinação de sementes em *P. stipulacea*, utilizando o método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 47
- Figura 17. Índice de velocidade de germinação de sementes em *M. tenuiflora*, utilizando o método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 48
- Figura 18. Índice de velocidade de germinação de sementes em *B. cheilantha*, utilizando o método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 48
- Figura 19. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *P. stipulacea*, oriundas de sementes submetidas ao método da solução aquosa tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 49
- Figura 20. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *M. tenuiflora*, oriundas de sementes submetidas ao método da solução aquosa tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 50
- Figura 21. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *B. cheilantha*, oriundas de sementes submetidas ao método da solução aquosa tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 50
- Figura 22. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *P. stipulacea*, oriundas de sementes submetidas ao método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 52
- Figura 23. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *M. tenuiflora*, oriundas de sementes submetidas ao método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 52

- Figura 24. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *B. cheilantha*, oriundas de sementes submetidas ao método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule. 53
- Figura 25. Comprimento da raiz de plântulas de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha* oriundas de sementes submetidas ao método plant-box tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, caule e folha. 53
- Figura 26. Comprimento de raiz (mm) de plântulas de *P. stipulacea* (I), *M. tenuiflora* (II) e *B. cheilantha* (III), oriundas de sementes submetidas ao método plant-box, tendo (A) Tratamento, (B) raiz, (C) caule e (D) folha de *M. azedarach*. 54

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Características físicas dos extratos aquosos de *M. azedarach*.

35

LISTA DE ABREVIATURAS

°C: Graus Celsius

BOD: *Biochemical Oxygen Demand*

CCA: Centro de Ciências Agrárias

CE: Condutividade elétrica

cm: Centímetros

DIC: Delineamento Inteiramente Casualizado

dS m⁻¹: Decisiemens por metro

IFRN: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

IVG: Índice de Velocidade de Germinação

LEV: Laboratório de Ecologia Vegetal

m: Metro

m²: Metro quadrado

mg: Miligrama

mm: Milímetro

Mpa: Megapascal

p/p: Peso por peso

p/v: Peso por volume

PB: Paraíba

pH: potencial hidrogeniônico

PO: Potencial osmótico

RN: Rio Grande do Norte

UFCG: Universidade Federal de Campina Grande

UFPB: Universidade Federal da Paraíba

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	.....	19
2.1. Caatinga	.....	19
2.2. Bioinvasoras	.....	20
2.3. Alelopatia	.....	22
2.4. <i>Melia azedarach</i> Linnaeus	.....	24
2.5. <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	.....	25
2.6. <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd) Poir.	.....	26
2.7. <i>Bauhinia cheilantha</i> (Bongard) Steudel	.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	.....	28
3.1. Coleta de material	.....	28
3.1.1. Raiz, caule e folha da espécie doadora <i>M. azedarach</i>	.....	28
3.1.2. Sementes das espécies alvo <i>P. stipulacea</i> , <i>M. tenuiflora</i> e <i>B. divaricata</i>	.....	29
3.2. Bioensaios	.....	29
3.2.1. Superação da dormência das sementes de <i>P. stipulacea</i> , <i>M. tenuiflora</i> e <i>B. divaricata</i>	.....	29
3.2.2. Método da solução aquosa	.....	29
3.2.3. Método sanduiche	.....	30
3.2.4. Método plant-box	.....	31
3.3. Variáveis analisadas	.....	33
3.3.1. Porcentagem de germinação	.....	33
3.3.2. Índice de velocidade de germinação	.....	33
3.3.3. Comprimento da raiz	.....	34

3.4. Delineamento estatístico	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Características físicas das soluções dos extratos aquosos de <i>Melia azedarach L.</i>	35
4.2. Porcentagem de germinação	36
4.2.1. Método da solução aquosa	36
4.2.2. Método sanduiche	39
4.2.3. Método plant-box	42
4.3. Índice de velocidade de germinação	44
4.3.1. Método da solução aquosa	44
4.3.2. Método sanduiche	47
4.4. Comprimento da raiz	49
4.4.1. Método da solução aquosa	49
4.4.2. Método sanduiche	51
4.4.3. Método plant-box	53
5. CONCLUSÃO	59
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é uma Floresta Tropical Sazonalmente Seca que está inserida em todos os estados do Nordeste brasileiro, incluindo o Estado de Minas Gerais, o qual é um ambiente de clima tropical quente e seco, pluviosidade baixa e irregular e elevada evapotranspiração ao longo do ano, característico do semiárido, onde é encontrada uma rica diversidade florística, em relação a outras Florestas Tropical Sazonalmente Seca, com cerca de duas mil espécies vegetais (FREIRE et al., 2015; MAIA et al., 2017; SANTOS et al., 2017).

Esta Floresta Tropical Sazonalmente Seca é rica em recursos genéticos quando comparada com outras regiões semiáridas, mas é a terceira Floresta Tropical Sazonalmente Seca mais degradada do mundo, decorrente da ação antrópica em atividades econômicas como: agropecuária, corte de lenha, carvão e mineração (MAIA et al., 2017). Os fatores antrópicos de degradação resultam numa maior dificuldade de proliferação da vegetação nativa neste meio, de forma que para Souza et al. (2015), 80% da vegetação tem modificação em estádios iniciais de regeneração.

A ação antrópica afeta drasticamente a flora da Caatinga, entre outros fatores, a derrubada das matas e a introdução de espécies exóticas invasoras afetam a vegetação nativa, que de acordo com Andrade (2014), as contaminações biológicas atingem praticamente todos os domínios fitogeográficos, incluindo a Caatinga. Dessa forma estima-se que cerca de 20% das espécies vegetais presentes no território brasileiro sejam exóticas, alertando a comunidade científica para as mesmas, uma vez que podem provocar alterações ecológicas drásticas (CARVALHO; JACOBSON, 2005).

No Nordeste, 51 espécies são exóticas invasoras, segundo trabalho desenvolvido por Leão et al. (2011). No *Campus* da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em Souza, PB, o percentual de espécies exóticas foi de 60%, superando as espécies nativas da Caatinga, possivelmente devido a ação de urbanização do *Campus* (SOUZA et al. 2018). Segundo Alvarez et al. (2012), as espécies exóticas invasoras aceleram a degradação e a desertificação da Caatinga sobrepondo-se às espécies nativas.

Entre as estratégias de sobrevivência ao novo meio, as espécies exóticas invasoras, através do metabolismo secundário, produzem substâncias responsáveis pela inibição e defesa natural do indivíduo, evitando a decomposição das suas sementes e o ataque de patógenos e pragas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Esta atividade é denominada de alelopatia, fenômeno em que as substâncias produzidas pelo metabolismo secundário de algumas espécies vegetais são

liberadas no ambiente, provocando alterações morfológicas e metabólicas em outras espécies vizinhas, estimulando ou inibindo o desenvolvimento destas (FIORENZA et al., 2016).

A alelopatia pode desempenhar um papel importante no processo de invasão biológica, o que foi comprovado por trabalhos, em que algumas espécies invasoras exóticas alcançaram altas densidades nas faixas invadidas, com baixas densidades em suas faixas nativas (ALBUQUERQUE et al., 2011). As substâncias alelopáticas, denominadas de aleloquímicos, são variadas de acordo com a espécie e têm ações diversas nas espécies alvo. Segundo Wordell e Chiaradia (2016), a constituição dos aleloquímicos varia de um indivíduo para outro, e a tolerância a estas substâncias também é distinta entre as espécies, sendo algumas mais sensíveis e outras mais resistentes.

A partir da liberação dessas substâncias inibidoras pela cultura anterior, a germinação da subsequente estará comprometida, influenciando na população ideal de indivíduos, ao mesmo tempo, essa toxicidade, prejudicará também o crescimento e desenvolvimento do indivíduo, o que no final irá interferir no rendimento. Contudo, o teor de substâncias alelopáticas me a tolerância aos aleloquímicos varia entre os indivíduos porque algumas têm melhor resistência enquanto outras são mais sensíveis (WORDELL; CHIARADIA, 2016). Para detectar se uma determinada espécie tem potencial alelopático sobre outras, pode-se empregar métodos que evidenciam esta potencialidade. Nestes testes, as principais variáveis avaliadas são a germinação das sementes, a interferência no crescimento e no desenvolvimento das plântulas de outras espécies (SOUZA et al., 2007; SOUZA; ZAMPAR, 2016).

A espécie *Melia azedarach* Linnaeus, pertencente à família Meliaceae, é um indivíduo originário do Sul da Ásia, provavelmente do Paquistão ou Índia (BOBADILLA, 2004; CABELO, 2006). Na maioria dos países tropicais e subtropicais foi introduzida como ornamental árvore de sombra e para produção de lenha, por suas condições de rusticidade a solos e clima, por ser cultivada em regiões semiáridas da África Oriental e Ocidental (CARVALHO, 1998). A espécie se adapta bem em toda a América, desde o Sudeste dos Estados Unidos, América Central e América do Sul (VENSON, 2003). No Brasil é encontrada em todos os estados do Nordeste, Sudeste, Sul, Centro Oeste e alguns estados da região Norte (FLORA DO BRASIL 2020, 2018). Esta espécie é encontrada nas unidades de conservação federais do Brasil e está incluída entre os cem piores indivíduos exóticos invasores do mundo (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013).

Em *M. azedarach*, são encontrados entre outros aleloquímicos os compostos fenólicos, saponinas e alcalóides, geralmente associados com a defesa vegetal e várias funções ecológicas (HUSSAIN; REIGOSA, 2011).

As espécies *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. e *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, pertencentes à família Fabaceae, são de ocorrência nos estados do Nordeste (FLORA DO BRASIL 2020, 2018), sendo é a família mais numerosa em quase todos os ecossistemas do Brasil, inclusive no Nordeste e na Caatinga, com 603 espécies registradas (BFG, 2015).

Desconhecendo a atividade alelopática que a espécie *M. azedarach* possa ter na flora da Caatinga, neste trabalho o objetivo foi avaliar os efeitos inibitórios que partes deste indivíduo exótico possam provocar na germinação das sementes, índice de velocidade de germinação e comprimento da raiz das plântulas nas espécies alvo de ocorrência na Caatinga: *P. stipulacea*, *M. tenuiflora*, *B. cheilantha*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caatinga

A Caatinga, recente classificada como Floresta Tropical Sazonalmente Seca ocupa uma área de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território brasileiro, abrangendo os Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o Norte de Minas Gerais cujo contingente populacional é em torno de 27 milhões de pessoas, a maioria carente, que sobrevive dos recursos naturais da Caatinga. Neste ambiente, são exploradas diversas atividades econômicas com fins agrosilvopastoris e industriais voltadas especialmente ao ramo de alimentos, farmacêutico, químico e cosméticos. Para a conservação de serviços ambientais há um vasto potencial, uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorado, pode contribuir de forma decisiva no desenvolvimento desta região e do Brasil (BRASIL, 2015).

A cobertura vegetal da Caatinga vem sendo reduzida resultante da associação das condições naturais e ações antrópicas como: intensa prática de queimadas, desmatamento indiscriminado, culturas e técnicas de manejo inadequadas, retirada de matérias-primas essenciais para a produção das cerâmicas, como argila e lenha; atividades essas que, somadas às condições físico ambientais, contribuem para o desequilíbrio ambiental na região (FERREIRA et al., 2016). Segundo o mapeamento do desmatamento da Caatinga efetuado pelo BRASIL (2011), houve uma perda de 45,62% da vegetação natural até o ano de 2009, sendo a perda de habitats naturais um dos problemas enfrentados nesta Floresta Tropical Sazonalmente Seca.

Com a deficiência de estudo e conhecimento da análise da capacidade de suporte deste ambiente, não ocorre uma exploração sistemática dos recursos naturais cujo fato deve estar vinculado a deficiências de estratégias de órgãos públicos, sociedade civil e comunidade em geral, no tocante à conservação desta Floresta Tropical Sazonalmente Seca (PEREIRA; ALMEIDA, 2011).

O desmatamento na Caatinga é visto como uma questão preocupante, porque se estende principalmente em áreas remanescentes, por isso é necessário a execução de um plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento, que contenha propostas vindas do processo participativo que envolve órgãos governamentais e comunidades agrícolas (BRASIL, 2011).

A redução da cobertura vegetal pelo desmatamento pode resultar, dentre outros efeitos ecológicos negativos, no aumento do grau de susceptibilidade a introdução e o estabelecimento de espécies não nativas ou também chamadas de exóticas. A ocorrência de indivíduos exóticos de forma agressiva pode contribuir para aumentar o desequilíbrio ambiental em um meio depreciado pelo uso irracional da vegetação há várias décadas.

2.2. Bioinvasoras

De acordo com as definições adotadas pela Convenção Internacional sobre Diversidade Biológica (BRASIL, 1994), uma espécie é considerada exótica (ou introduzida) quando situada em um local diferente de sua distribuição natural, em que a introdução pode ser direta ou indiretamente realizada por ações humanas (ZILLER et al., 2007). A espécie introduzida é considerada estabelecida quando consegue se reproduzir e gerar descendentes férteis, com alta probabilidade de sobreviver no novo habitat. Caso a espécie estabelecida expanda sua distribuição no novo habitat, ameaçando a biodiversidade nativa, ela passa a ser considerada uma espécie exótica invasora.

Revisando 57 estudos ecológicos, Ehrenfeld (2003), constatou que as espécies exóticas provocam alterações nos ecossistemas com o aumento de seu potencial de invasão global, alterando propriedades ecológicas essenciais como a ciclagem de nutrientes e produtividade vegetal, que geram impactos em nível de cadeias tróficas, estrutura, dominância, distribuição e funções de espécies distribuição de biomassa, densidade de espécies, acúmulo de serrapilheira e de biomassa. Além disso, pode alterar o ciclo hidrológico e o regime de incêndios, levando a uma seleção das espécies existentes e, de modo geral, ao empobrecimento dos ecossistemas (OLIVEIRA NETO, 2014).

As espécies vegetais invasoras, em seu processo de ocupação, aumentam sua área de ocorrência, dominam e eliminam a flora nativa por competição direta. Assim, lentamente, as invasões biológicas vão promovendo a substituição de comunidades com elevada diversidade por comunidades oligoespecíficas, compostas por espécies invasoras, com diversidade reduzida (CONABIO, 2009).

A presença de espécies vegetais exóticas em um ambiente pode interferir no desenvolvimento das nativas, o que pode provocar extinções locais e regionais, mudança na caracterização e homogeneidade de ecossistemas, variações na ecologia local, além de modificações na frequência de incêndios florestais naturais, na diminuição do nível do lençol

freático (ZILLER; DECHOUM, 2013) e alterações nas atividades econômicas (SOUZA et al., 2009).

Em situações nas quais não existem inimigos naturais ou organismos competidores, como patógenos, herbívoros ou predadores na área em que são realizadas as introduções de organismos exóticos, as taxas de crescimento populacional desses indivíduos são muito maiores do que em sua área de distribuição natural, em que interações entre organismos podem restringir tais populações (KEANE; CRAWLEY, 2002).

A fragmentação de habitats e a supressão da vegetação nativa são consequências da atual dinâmica de uso da terra (TABARELLI; GASCON, 2005), bem como são as maiores ameaças à biodiversidade do planeta (MYERS et al., 2000). Em contrapartida, a introdução de espécies exóticas invasoras possui grande potencial para modificar processos biológicos naturais, e o procedimento de invasão biológica atualmente é considerado como a segunda maior ameaça à biodiversidade mundial (BRASIL, 2000; GARDENER et al., 2011).

No Brasil, os primeiros registros de invasões biológicas datam de 1824, com a observação da expansão populacional gradativa do capim africano *Melinis minutiflora* P. Beauv. (ZENI; ZILLER, 2011). A tradição de usar espécies exóticas na arborização de ruas, praças e parques desvaloriza a riqueza da biodiversidade nativa dos municípios e descaracteriza a composição florística natural, favorecendo o desenvolvimento de uma cultura cada vez mais distanciada do ambiente natural circundante (ZILLER, 2007).

A introdução de espécies exóticas pode ser facilmente observada nos centros urbanos do Brasil, onde, por exemplo, árvores e arbustos exóticos têm sido amplamente utilizados no paisagismo (SANTOS et al., 2008). A frequente presença de espécies exóticas em centros urbanos funciona como um importante centro irradiador de invasões biológicas e pode ser considerada uma das principais causas de homogeneização biológica em escala global (McKINNEY, 2006).

De modo geral, diferentes cidades brasileiras utilizam um conjunto similar de espécies exóticas nas arborizações públicas. Quando são utilizadas árvores exóticas reconhecidamente invasoras, cujas sementes são dispersas por aves e morcegos, os riscos de invasão e da consequente perda de biodiversidade são maiores (ZALBA, 2007). O impacto sobre a biodiversidade é relevante, porque o número de espécies e os tipos presentes em uma determinada área têm consequências diretas sobre a funcionalidade do ecossistema.

Determinadas espécies podem mediar fluxos de energia e matéria diretamente ou podem alterar as condições abióticas como, por exemplo, os nutrientes do solo, interferindo

nas taxas funcionais do ecossistema. Em adição aos seus efeitos sobre o atual funcionamento dos ecossistemas, a diversidade de espécies influencia resiliência a resistência dos mesmos às mudanças ambientais (CHAPIN III et al., 2000).

Pela experiência internacional, a estratégia mais eficiente para enfrentar o problema é evitar novas introduções (ZILLER et al., 2007), uma vez que, trabalhando-se com estratégias de prevenção, os custos são menores e as chances de resolver os problemas são maiores quando comparadas às estratégias de controle pós-invasão. Os custos de controle de uma espécie exótica invasora são crescentes com o passar do tempo, e, por vezes, em estágios avançados de invasão, torna-se praticamente impossível a sua erradicação. Por isso, é importante que governos estaduais e municipais reconheçam o quanto antes as ameaças das invasões biológicas nos seus territórios para adotar medidas de prevenção e controle das espécies exóticas invasoras, em concordância com a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras e o compromisso do Brasil com a Convenção Internacional sobre Diversidade Biológica (BRASIL, 1994).

Assim como em outros ecossistemas, a Caatinga tem sido vítima da bioinvasão vegetal, sujeita a exploração antrópica, seja econômica ou de subsistência da comunidade local. A bioinvasora pode interferir na germinação das sementes e crescimento inicial da vegetação nativa, por meio da produção de metabólitos secundários, que atuam de forma diversa, podendo provocar ações na regeneração da flora nativa, num fenômeno biológico denominado de alelopatia.

2.3. Alelopatia

Alelopatia se refere aos efeitos benéficos ou prejudiciais de um indivíduo sobre outro, pelo lançamento de aleloquímicos através de lixiviados, exsudação das raízes, volatilização ou decomposição em sistemas naturais e agrícolas. Estas substâncias são liberadas no solo, podendo inibir a germinação de sementes ou estabelecimento de determinados indivíduos (GUPTA et al., 2007). Este termo foi introduzido pela primeira vez pelo pesquisador Hans Molisch em 1937, do grego *allelon* = de um para o outro, *pathós* = sofrer, segundo Willis (2010), sendo que outros organismos podem ter alelopatia, sendo mais evidente entre os indivíduos.

As biomoléculas responsáveis pelos efeitos alelopáticos, denominadas de aleloquímicos, são produtos naturais que podem ser metabólitos diretos, subprodutos de outros processos metabólicos ou produtos da decomposição de compostos ou biomassa

(GOETZE; THOMÉ, 2004), os quais são frequentemente nocivos para os indivíduos que os produzem se não forem armazenados numa forma não tóxica ou liberados antes de se acumularem internamente até atingirem níveis tóxicos (GLIESSMAN, 2000).

Essas substâncias são encontradas em diversas concentrações, em partes variadas do indivíduo e durante seu ciclo vital, mas após a liberação destes compostos em quantidades suficientes, pode ocorrer inibição ou estímulo à germinação, crescimento e desenvolvimento de indivíduos, como também interferência no desenvolvimento de microrganismos (GOLDFARB et al., 2009).

Os aleloquímicos atuam na fisiologia dos indivíduos, principalmente sobre a divisão, alongamento e ultraestrutura celular, hormônios responsáveis pelo crescimento, permeabilidade das membranas celulares, abertura estomática, fotossíntese, respiração, síntese proteica, metabolismo de lipídios e ácidos graxos (FERREIRA; AQUILA, 2000). Os aleloquímicos variam em concentração, localização no indivíduo e composição, sendo que seus efeitos podem ser visualizados por meio da germinação ou desenvolvimento do indivíduo, respondendo a nível molecular e celular (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

A inibição da germinação das sementes e do crescimento inicial das plântulas são as etapas mais afetadas nas interações alelopáticas (BORELLA; PASTORINI, 2011) porque os aleloquímicos são liberados para o ambiente por diferentes processos como: (1) exsudação e deposição na superfície das folhas com subsequente lavagem pela chuva; (2) exsudação de componentes voláteis pela parte aérea; (3) decomposição de resíduos e (4) exsudação da raiz (QASEM, 2001; OLOFSDOTTER et al., 2002; CHON et al., 2006; ALBUQUERQUE et al., 2011). Conforme relatos de Silva e Aquila (2006), a decomposição de resíduos vegetais, destaca-se como a fonte de aleloquímicos mais importante, porém, o processo de liberação não é uniforme e pode variar de acordo com o ecossistema.

Entre os fenômenos de alelopatia e competição há diferenças porque na competição ocorre a disputa por recursos limitados em um meio, enquanto na alelopatia os compostos oriundos do metabolismo secundário de uma espécie vegetal são liberados, impedindo a germinação ou o desenvolvimento de outras espécies (SEVERINO et al., 2008).

A função principal desses metabólitos consiste em defender o indivíduo contra predadores herbívoros, ataques de fitopatógenos e estresses ambientais, além de atuar como sinalizadores para atrair polinizadores e dispersores (WINK, 2003). A presença desses metabólitos nos indivíduos é parcialmente explicada pelo fato dos indivíduos serem desprovidos de sistema locomotor, o que as levou a desenvolver, ao longo da evolução,

sistemas de defesa e proteção (ARALDI, 2011). De modo geral, dentre os aleloquímicos descobertos nos indivíduos, destacam-se os grupos químicos dos flavonóides, saponinas, naftoquinonas, taninos, ligninas e poliacetilenos (FERREIRA; AQUILA 2000).

A alelopatia pode estar relacionada ao sucesso dos indivíduos invasores, com a ação negativa destes indivíduos sobre outros, liberando compostos aleloquímicos no ambiente (HIERRO; CALLAWAY, 2003). Entre as espécies exóticas invasoras cultivadas no Brasil, com ação alelopática, encontrada inclusive em unidades de conservação, está a *M. azedarach*, incluída entre as 100 piores espécies exóticas invasoras do mundo (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013; BIBI et al., 2016).

Na identificação de espécies vegetais com capacidade alelopática é importante escolher métodos adequados, uma vez que muitos agentes podem afetar a atividade alelopática, como idade do indivíduo, tipo de órgão vegetal, cultivar e diversos fatores ambientais podem aumentar ou reduzir a liberação de aleloquímicos (ALBUQUERQUE et al., 2011). Ainda segundo os autores, entre as técnicas, a mais comum é a utilização de placas de Petri, sendo parte de um estudo mais elaborado em pesquisa empregando-se solução aquosa de material do doador, o método sanduíche que consiste em colocar material seco do indivíduo doador entre camadas de ágar no interior de placas com diversas cavidades, sobre o ágar é colocado sementes do indivíduo alvo e método plant-box cuja intenção é ligar a inibição do crescimento das plântulas alvo com a concentração de exsudatos do indivíduo doador.

2.4. *Melia azedarach* Linnaeus

A espécie *Melia azedarach* L., conhecida popularmente como cinamomo, pertence à família Meliaceae e é uma árvore ornamental, de crescimento rápido e distribuição mundial, sendo nativa da Pérsia, Índia e China, mas amplamente difundida em regiões da África, América do Sul, Austrália, Japão, entre outros (KINGSBURY et al., 1964). As suas folhas são muito utilizadas contra hospedeiros indesejáveis que repelem animais, sendo possível extrair delas e dos frutos verdes ou maduros taninos, compostos fenólicos não tânicos e esteroides (DANTAS et al., 2000). Esta espécie vegetal está amplamente distribuída nos domínios geográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (FLORA DO BRASIL, 2020, 2018).

Além disso, a espécie contém saponinas e o alcalóide azaridina, que é um narcótico com ação sobre o sistema nervoso central, considerado um agente tóxico para suínos, aves e

outros animais (OJASTI et al., 2001). Os metabólitos secundários, como compostos fenólicos, saponinas e alcalóides, são geralmente associados com a defesa vegetal contra herbívoros e patógenos, e estes compostos únicos podem estar envolvidos em várias funções ecológicas (HUSSAIN; REIGOSA, 2011).

Os aleloquímicos presentes em raiz, caule e folha de *M. azedarach*, segundo pesquisa de Gumilar et al. (2017) são no total de 13 aleloquímicos, sendo observados na raiz os fenóis eugenol, 4-Alil-2,6-dimetoxifenol e 2,6-Dimetoxifenol e os ácidos graxo, nonóico e esteárico. Na folha constataram-se os fenóis p-cresol e 3,5-xilenol, os ácidos graxos, oléico e láurico e o terpenóide fitol, enquanto no caule verificou-se os fenóis 4-Alil-2,6-dimetoxifenol, 2,6-Dimetoxifenol e siringaldeído, o ácido graxo, oléico e os álcoois coniferílico e 2,5-álcool dimetoxibenzil.

Os 18 tipos diferentes de componentes químicos (ácidos fenólicos e seus derivados, ácidos graxos ômega-3, alcalóides, metil cetonas (aleloquímicos voláteis), ácidos graxos insaturados, cetonas aromáticas, benzofurano, ácido propargílico, benzoxepina, ácido fluorobenzólico, siliciclobutano e ácido palmítico) foram relatados com efeito inibitório na germinação e crescimento de indivíduos em bioensaios, seja na forma de extrato ou como serapilheira (KUMAR et al., 2017).

A atividade alelopática desta espécie pode trazer prejuízo à germinação de sementes e/ou estabelecimento de indivíduos de espécies nativas da Caatinga, a exemplo de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha*.

2.5. *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke

Piptadenia stipulacea (Benth.) Ducke é uma espécie da família Fabaceae, conhecida vulgarmente no Nordeste do Brasil como carcará, cassaco, jurema branca e rasga-beiço, que é uma árvore pequena com cerca de 2-4 m de altura, com casca castanho-claro fortemente armada por acúleos vigorosos (FERREIRA, 2012). Ainda segundo os autores, suas folhas são alternas, compostas, flores em espigas com 4 a 8 cm de comprimento, de cor clara, na extremidade dos ramos onde se encontram até três espigas por axila de folha, seu fruto é uma vagem de cor castanho-pálido com superfície ondulada nas áreas onde ficam as sementes e a madeira é de cor clara.

Espécie pioneira caducifólia, sua floração ocorre na estação chuvosa, mas pode também ser encontrada na estação seca, seguida pela frutificação que se estende até a estação seca a qual ocupa facilmente capoeiras e margens de estrada, tolerante a elevados níveis de

perturbação da vegetação e é uma árvore com capacidade de fixar nitrogênio no solo através de simbiose com bactérias na sua raiz (FERREIRA, 2012). Nativa da Caatinga é utilizada na medicina popular como anti-inflamatório, a partir da tintura preparada com a casca do caule (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2002). Segundo Flora do Brasil 2020 (2018), esta espécie é encontrada em estados do Nordeste do Brasil, com exceção do Maranhão.

2.6. *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.

Espécie pertencente à família Fabaceae, típica da região semiárida do Brasil, popularmente conhecida como jurema preta (CRONQUIST, 1981), cujo indivíduo é arbustivo de 5 a 7 m de altura, possuindo hastes de mais de 1,5 m de altura, com acúleos esparsos, eretos e bem agudos (OLIVEIRA, 2003). Espécie encontrada nos estados do Nordeste e Sudeste (FLORA DO BRASIL, 2020, 2018).

A espécie possui grande potencial como indivíduo regenerador de terrenos erodidos sendo indicadora de uma sucessão secundária progressiva ou de recuperação, uma vez que no início da sucessão ecológica formam matas quase que sozinhas, com a queda dos folíolos que se refazem continuamente, há a cobertura do solo com uma camada que se decompõe formando húmus e participa também da recuperação do teor de nitrogênio do solo, preparando, dessa forma, o solo para o aparecimento de outros indivíduos mais exigentes (MAIA, 2012).

A sua utilização é na produção de estacas, lenha, forragem e fenação (PEREIRA et al., 2005). Sendo o caule excelente fornecedor de madeira, especialmente para a geração de calor, porque se conseguem temperaturas mais elevadas, enquanto na medicina popular a casca do caule é a principal parte do indivíduo utilizado no tratamento de diversas enfermidades como queimaduras e inflamações (FARIA, 1984).

2.7. *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel

Espécie pertencente à família Fabaceae, conhecida popularmente como mororó ou pata de vaca (VAZ; TOZZI, 2005), de porte pequeno, chegando a atingir até 3,5 m de altura, folhas com lóbulos arredondados, pecíolos com 2 a 3 cm de comprimento, inflorescências com cerca de 5 cm de comprimento, pétalas brancas e os frutos do tipo legume deiscente (QUEIROZ, 2009), o caule é duro, com cascas fibrosas e ausência de espinhos (LORENZI; MATOS, 2008). A espécie é propagada sexuadamente, contudo em suas sementes detectou-se a presença de dormência tegumentar, o que dificulta a rápida produção de indivíduos uniformes

em campo (SEIFFERT-SANINE, 2006). São encontradas em estados do Nordeste, Sudeste e Centro Oeste (FLORA DO BRASIL, 2020, 2018).

As suas aplicações são relevantes como forrageira, madeireira e combustível, podendo ser encontrada em quintais agroflorestais ou em áreas de mata da Caatinga (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2002; VAZ; TOZZI, 2005). Este indivíduo tem também importância medicinal, usada na medicina popular para o tratamento da diabetes (BARBOSA-FILHO et al., 2005).

Espécies desse gênero são classificadas na escala de sucessão vegetal como pioneiras tardias devido ao crescimento moderadamente rápido (LORENZI, 1992). Seus exemplares são utilizados na recomposição vegetal, no reflorestamento de áreas degradadas e também na arborização de ruas (ARAUJO et al., 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, PB e no Laboratório de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Parelhas, RN. As três metodologias empregadas foram: método da solução aquosa, método sanduíche e método plant-box, utilizando raiz, folha e caule de *M. Azedarach* como indivíduo doador e sementes de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha* como indivíduos alvo.

3.1. Coleta de material

3.1.1 Raiz, folha e caule da espécie doadora *M. azedarach*

As amostras vegetais para os bioensaios do indivíduo doador *M. azedarach*, foram coletadas em oito indivíduos adultos, altura média de 6 metros, localizados nas proximidades do Laboratório de Botânica do CCA-UFPB, Areia, PB, coordenadas 6° 58' 00,90" S e 35° 42' 49,50" O, no mês de junho de 2017.

As folhas estavam completamente formadas, com bom aspecto fitossanitário e foram colhidas na altura média da copa das árvores (BIONDI; REISSMANN, 1992). Na amostragem do sistema radicular, um retângulo de 1,5 m² foi demarcado na base de cada indivíduo e retirou-se a camada superficial com o auxílio de uma foice e a uma profundidade de 0-10 cm foi coletado o material radicular (ARALDI, 2011). Cascas do caule foram coletadas manualmente a altura aproximada de 1,5 m e utilizada a parte interna das mesmas (OLIVEIRA, 2014).

O material coletado foi acondicionado em sacos de papel devidamente etiquetados, transportado ao LEV e colocado para secar em estufa de circulação forçada a 65 ± 2 °C até peso constante (PÉREZ-CORONA et al., 2013). As amostras de raiz foram lavadas com água destilada para retirada do solo aderido às mesmas, em seguida foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e envolvidos em sacos de papel por sete dias em temperatura ambiente até o uso nos bioensaios (FUJII et al., 2004).

3.1.2. Sementes das espécies alvo *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha*

As sementes dos indivíduos alvo, oriundas de frutos maduros (vagens secas) foram colhidas manualmente de 10 árvores adultas por espécie de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha* e acondicionadas em sacos de papel (NOGUEIRA; MEDEIROS, 2007), em seguida foram transportadas ao laboratório de Biologia do IFRN, Campus Parelhas, RN. As sementes foram retiradas das vagens, selecionadas manualmente para eliminação daquelas visivelmente mal formadas e atacadas por pragas e doenças. Logo em seguida foram acondicionadas em potes de vidro permanecendo em ambiente de sala (MEDEIROS; EIRA, 2006) por dez dias, até o uso nos bioensaios. As vagens secas de *P. stipulacea* foram colhidas nas proximidades das coordenadas 6° 46' 15" S e 36° 00' 26" O, de *M. tenuiflora* nas coordenadas 6° 45' 43" S e 36° 01' 07" O e de *B. cheilantha* a 6° 46' 45" S e 35° 59' 39" O, no mês de agosto de 2017, na zona rural do Município de Barra de Santa Rosa, PB.

3.2. Bioensaios

Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB e no Laboratório de Biologia do IFRN, Campus Parelhas, RN.

3.2.1. Superação da dormência das sementes de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha*

As sementes de cada espécie receberam o devido tratamento para superação da dormência, sendo que em *P. stipulacea* (BENEDITO et al., 2017) e *M. tenuiflora* (FARIAS et al., 2013) foi realizada a imersão das sementes em ácido sulfúrico 95% por 10' e em *B. cheilantha* foi realizada a imersão em ácido sulfúrico por 5' (OLIVEIRA et al., 2012b). Durante a imersão, as sementes foram constantemente agitadas com bastão de vidro, objetivando maior ação do ácido (ALVES et al., 2006). Após a retirada das sementes do ácido sulfúrico, as mesmas foram colocadas em uma peneira e lavadas por três minutos em água corrente.

3.2.2. Método da solução aquosa

Os extratos aquosos foram obtidos tritando-se por um minuto em liquidificador, 25 g do material seco do indivíduo doador (raiz, folha ou caule) com 100 mL de água destilada, em

seguida as soluções foram mantidas em frascos fechados, na ausência da luz por 24 horas para extração dos compostos hidrossolúveis (THOMAZINI et al., 2000).

Após este período os extratos foram filtrados em papel filtro produzindo o extrato concentrado, considerado 100%, diluindo-se este para obtenção das demais concentrações, que foram de 75, 50 e 25% e no tratamento controle utilizou-se água destilada (considerada 0%). Nas soluções foi mensurado o pH com phmetro manual, Kasvi K39-0014P e a condutividade elétrica com condutivímetro MS Tecnopon mCA150P, sendo que neste método utilizaram-se cinco tratamentos e quatro repetições.

As placas de Petri esterilizadas (90 x 15 mm) receberam dois discos de papel germitest esterilizados e o devido extrato em quantidade equivalente a três vezes o peso do papel seco utilizado em cada placa (BRASIL, 2009). Cada placa recebeu 25 sementes dos indivíduos alvo, *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha*, uniformemente distribuídas. Em seguida as placas foram tampadas, etiquetados e dispostas aleatoriamente em germinador do tipo *Biological Oxygen Demand* (B.O.D.) regulada a 25 °C constante, com fotoperíodo de 12/12 horas durante 10 dias (Figura 1).



Figura 1. Método da solução aquosa com a disposição das sementes na placa de Petri (A) e das placas no germinador (B).

Durante a manipulação dos materiais, mãos e bancadas passaram por um processo de assepsia com solução de hipoclorito de sódio de 2,0 a 2,5 p/p.

3.2.3. Método sanduíche

Neste bioensaio, adaptado de Fujii et al. (2003), foram utilizados quatro tratamentos com os materiais (raiz, folha e caule) do indivíduo doador em três quantidades: 10, 25 e 50 mg, sendo o grupo controle sem material da mesma (0 mg) em cinco repetições. Como material foram utilizadas placas para cultura de tecidos com seis poços de 10 cm² de área e volume de 10 mL (Kasvi) e cada placa representou uma repetição.

O meio de cultura foi preparado com solução de ágar (MerK) a 0,50% (p/v), esterilizado em autoclave por 15 minutos a 115 °C e em seguida colocado em banho-maria a temperatura constante de 45 °C. Desta solução, 5 mL foi colocada em cada poço das placas que, após atingir a temperatura ambiente, cada poço recebeu pedaços do material (raiz, folha ou casca) de *M. azedarach* e mais 5 mL da solução sobre o material, sendo que o grupo controle não recebeu o material do indivíduo doador (Figura 2).

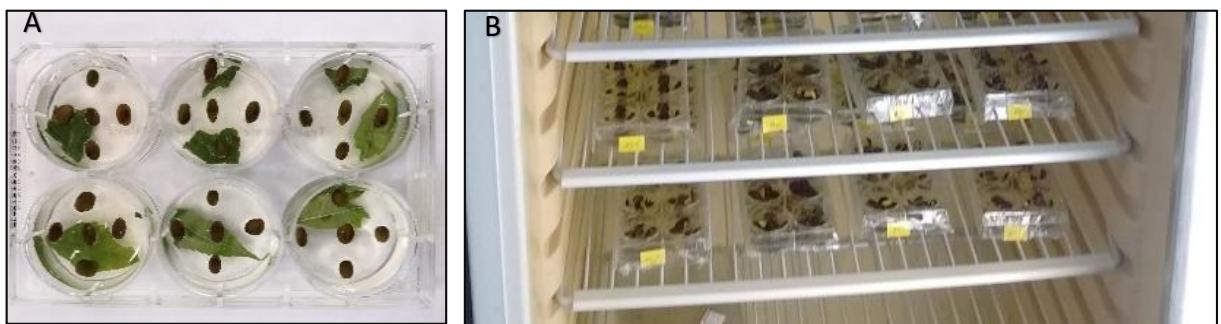


Figura 2. Método sanduíche com a disposição do substrato, material do indivíduo doador e sementes do indivíduo alvo (A) e disposição das placas no germinador (B).

Após atingir temperatura ambiente foram colocadas cinco sementes por poço dos indivíduos alvo (*P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha*), totalizando trinta sementes por placa, em que cada uma foi envolvida em filme de PVC, etiquetadas e dispostas aleatoriamente em germinador regulado a 25 °C constante, com fotoperíodo de 12/12 horas durante sete dias (Figura 2).

Nos dois bioensaios, as avaliações foram realizadas diariamente, no mesmo horário, para contagem do número de sementes germinadas, cujo critério foram aquelas com 2 mm ou mais de raiz primária emitida (HADAS, 1976). As placas receberam água destilada seis dias após montagem no bioensaio da solução aquosa, para suprir a umidade nos papeis e em ambos bioensaios as placas permaneceram em lugar fixo durante todo o experimento, para evitar mudança de irradiância nas sementes (RANA; SANTANA, 2004). Após esse período foi encerrado o bioensaio com a mensuração do comprimento das raízes com régua graduada.

3.2.4. Método plant-box

Neste bioensaio, adaptado de Fujii et al. (2007), foram utilizadas caixas de acrílico de 100 mm de altura e 60 x 60 mm de base e em dois lados das caixas foram colocadas marcas

guia a cada 10 mm, como base ao posicionamento das sementes, iniciando-se a 5 mm das margens da caixa (Figura 3).

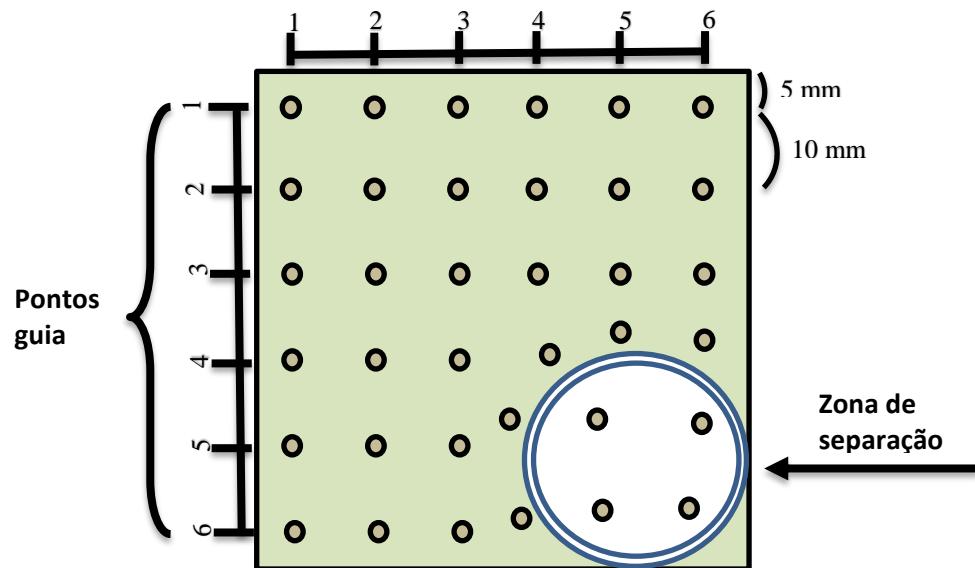


Figura 3. Disposição das sementes e zona de separação do material da doadora no interior da caixa.

Tubos de plástico para germinação de sementes com 85 mm de altura e diâmetro de 30 mm foram cortados lateralmente para abertura de janelas e no interior do tubo foi acondicionado lateralmente malhas de nylon (Figura 4).



Figura 4. Método plant-box (A), tubo de separação do material de *M. azedarach* (B) e caixas dispostas no germinador.

O meio de cultura foi preparado com solução de ágar (MerK) a 0,75% (p/v), esterilizado em autoclave por 15 minutos a 115 °C e em seguida colocado em banho-maria a temperatura constante de 45 °C.

Os tubos para germinação receberam 200 g de material (raiz, folha ou caule) de *M. azedarach*,aderidas com fita adesiva em uma das arestas internas da caixa, que foi preenchida com ágar até a altura de 65 mm. Após o ágar atingir a temperatura ambiente as sementes dos indivíduos alvo (*P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha*) foram distribuídas sobre o ágar, seguindo as marcas guia nas laterais da caixa, segundo modelo (Figura 4B) e as caixas foram envolvidas com adesivo preto até a altura do ágar, para evitar fototropismo radicular. A abertura superior foi coberta com filme plástico para evitar a contaminação por microrganismos sendo em seguida dispostas em germinador regulado a 25 °C constante, com fotoperíodo de 12/12 horas por cinco dias (Figura 4B).

Os compostos de Riboflavina e Dextrano azul com peso molecular de 376 e 2.000, respectivamente, em cuja escala estão os compostos aleloquímicos conhecidos (FUJII et al., 2007), tiveram uma velocidade de migração de 1 cm por dia na mesma solução de ágar usada neste experimento, de forma que após este período foi realizada a medição das raízes com régua graduada.

3.3. Variáveis analisadas

3.3.1. Porcentagem de germinação das sementes

A contagem das sementes germinadas foi realizada no final do bioensaio e para cálculo da porcentagem de germinação foi empregada a fórmula de Ferreira e Borghetti (2004), sendo.

$$\% \text{ germinação} = (\Sigma n_1 \cdot N^{-1}) \cdot 100$$

em que:

Σn : número total de sementes germinadas e

N : número de sementes dispostas para germinar.

3.3.2. Índice de velocidade de germinação (IVG)

Para determinação desta variável foi realizada contagem diária de germinação a mesma hora e para o cálculo foi empregada a fórmula de Ferreira e Borghetti (2004), sendo.

$$\text{IVG} = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots G_n/N_n$$

em que:

G_1, G_2, \dots, G_n : número de sementes germinadas a cada dia e

N_1, N_2, \dots, N_n : número de dias após a semeadura.

3.3.3. Comprimento da raiz

O comprimento da raiz primária medida do coleto até a extremidade da raiz da plântula, em mm, foi efetuado com o emprego de régua graduada, no final dos bioensaios.

3.4. Delineamento experimental e análise estatística

Os experimentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão quadrática. No método da solução aquosa foram utilizados cinco tratamentos com quatro repetições, no método sanduíche foram quatro tratamentos e cinco repetições e no método plant-box foram trinta e seis tratamentos com quatro repetições. Na análise de variância e comparação de médias foi utilizado o software livre SISVAR 5.6 e na produção dos gráficos foi utilizado os softwares SciDAVis e SigmaPlot 12.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características físicas das soluções dos extratos aquosos de *Melia azedarach L.*

As características físicas da diluição da solução concentrada nas diferentes partes (raiz, caule e folha) do indivíduo de *M. azedarach*, inclusive da água destilada, considerada como concentração de 0 %, utilizada na preparação das soluções (grupo controle), tiveram variação de pH entre 5,19 a 7,50, condutividade elétrica (CE) entre 0,022 a 1,912 dS m⁻¹ e potencial osmótico (PO) entre 0,0006 a 0,00542 MPa (Tabela 1). Em testes alelopáticos, o pH deve estar entre 4,00 e 7,00 e o potencial osmótico deve ser menor que -0,2 MPa (GATTI et al., 2004). O processo germinativo é inibido em pH menor que 3,0 e superior a 8,0 (MALHOTRA, 1930; JANSEN; CRONIN, 1953). Portanto, os registros efetuados nas soluções aquosas deste trabalho, estão dentro dos padrões considerados adequados à germinação de sementes e crescimento de plântulas.

Os menores valores de pH foram verificados nas soluções obtidas do caule em contrapartida com as soluções da raiz, em que os foram valores mais elevados, enquanto nas soluções produzidas com folhas e naquelas de caule, houve redução do pH à medida que aumentou a concentração da solução, fato inverso obtido com a solução da raiz. Os menores valores da condutividade elétrica e potencial osmótico foram obtidos nas soluções das folhas e os maiores valores nas soluções das raízes, cujos valores aumentaram com o aumento da concentração das soluções (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas dos extratos aquosos de *M. azedarach*.

Órgão	Característica	Concentração (%)				
		T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
FOLHA	pH	6,50	6,44	6,39	6,35	6,34
	CE (dS m ⁻¹)	0,022	0,347	0,642	0,932	1,204
	PO* (MPa)	-0,0006	-0,0098	-0,0181	-0,0263	-0,0341
CAULE	pH	6,50	5,56	5,32	5,23	5,19
	CE (dS m ⁻¹)	0,022	0,413	0,686	1,075	1,207
	PO* (MPa)	-0,0006	-0,0116	-0,0194	-0,0305	-0,0407
RAIZ	pH	6,50	6,62	6,70	6,81	7,00
	CE (dS m ⁻¹)	0,022	0,495	0,985	1,510	1,912
	PO* (MPa)	-0,0006	-0,0140	-0,0279	-0,0427	-0,0542

*Calculada a partir dos valores de condutividade elétrica das soluções nutritivas, segundo Junior (2008), através da equação PO = 0,28 x CE.

CE - condutividade elétrica; PO - potencial osmótico.

A germinação de sementes é influenciada diretamente pelo potencial de hidrogênio (pH) e concentração das soluções aquosas, uma vez que estas podem conter carboidratos, aminoácidos e ácidos orgânicos, entre outros, mascarando a interferência dos aleloquímicos por provocar variação na concentração iônica e ser osmoticamente ativos nas soluções (REIGOSA; PEDROL, 2002; MAIA et al., 2013).

4.2. Porcentagem de germinação

4.2.1. Método da solução aquosa

No método da solução aquosa, para os tratamentos houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade na porcentagem de germinação de sementes de *P. stipulacea* com ação da solução aquosa de raiz de *M. azedarach*, em *M. tenuiflora* com ação da solução aquosa da raiz, da folha e do caule do indivíduo doador e em *B. cheilantha* com ação da solução aquosa da raiz e do caule do indivíduo doador (Figuras 5, 6 e 7). Ainda de acordo com as figuras, entre as soluções aquosas das partes do indivíduo doador, naquela da raiz houve efeito significativo a 5% de probabilidade em *P. stipulacea* e *M. tenuiflora* em relação à folha e ao caule, sendo que para os últimos não se verificou diferença significativa entre si, enquanto não houve efeito significativo entre as partes do indivíduo de *B. cheilantha*. O coeficiente de variação foi de 11,31 em *P. stipulacea*, 5,62 em *M. tenuiflora* e de 13,35 em *B. cheilantha*.

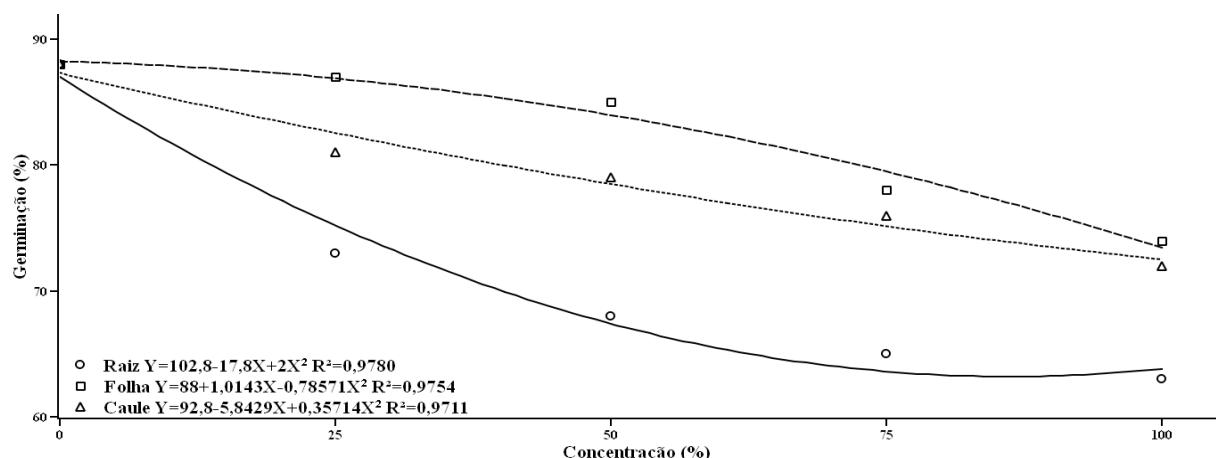


Figura 5. Porcentagem de germinação de sementes em *P. stipulacea*, utilizando o método da solução aquosa da raiz, folha e caule de *M. azedarach*.

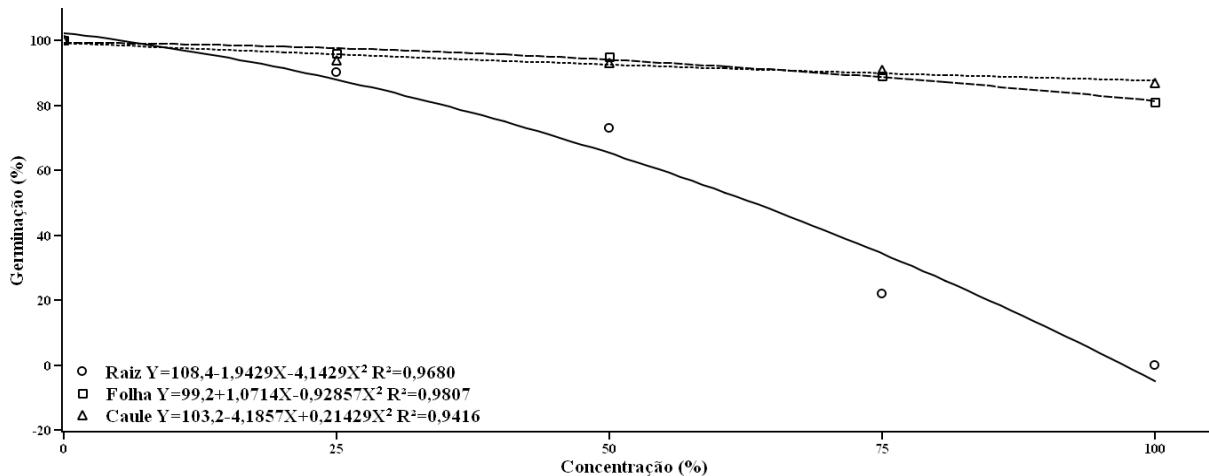


Figura 6. Porcentagem de germinação de sementes de *M. tenuiflora*, utilizando o método da solução aquosa de raiz, folha e caule de *M. azedarach*.

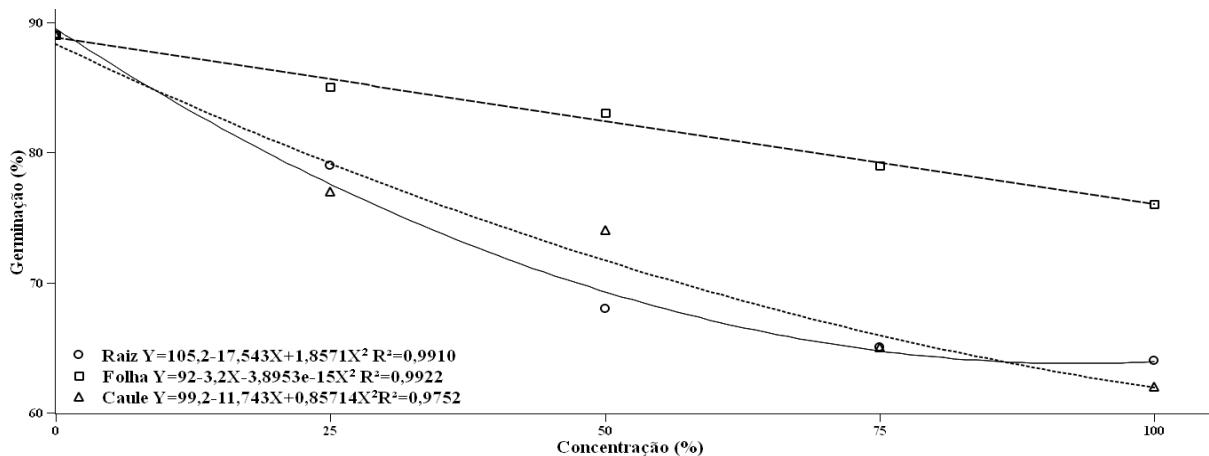


Figura 7. Porcentagem de germinação de sementes de *B. cheilanthes*, utilizando o método da solução aquosa de raiz, folha e caule de *M. azedarach*.

Na espécie *P. stipulacea*, o efeito da solução aquosa da raiz, caule e folha de *M. azedarach*, provocou redução na porcentagem de germinação das sementes, do grupo controle ao tratamento mais concentrado, acentuando-se com a solução da raiz do indivíduo doador, reduzindo 28% na germinação. Nas soluções aquosas da folha e do caule os resultados foram semelhantes e menos pronunciados que da raiz, com redução de 16 e 18%, respectivamente, tendo a folha menor impacto na germinação das sementes (Figura 5).

Pela análise de regressão observou-se que o aumento da concentração da solução aquosa de *M. azedarach*, houve tendência de estabilização do efeito da solução da raiz na germinação de sementes de *P. stipulacea*, a partir da concentração de 75%, enquanto para a solução do caule verificou-se um efeito linear e da folha tende a intensificar o efeito na

diminuição da germinação de sementes com o aumento da concentração da solução aquosa (Figura 5).

Na *M. tenuiflora*, no grupo controle a germinação foi de 100% e o tratamento da solução aquosa com raiz do indivíduo doador foi mais pronunciado em relação às soluções da folha e do caule (Figura 6), caso semelhante ao de *P. stipulacea*. Ainda de acordo com os dados da figura, a solução aquosa mais concentrada da raiz inibiu completamente a germinação das sementes de *M. tenuiflora*, enquanto que o efeito das soluções da folha e do caule foram mínimos e semelhantes na germinação das sementes, com a solução da folha a inibição da germinação ficou em 19% e com o caule com 13%.

Com a espécie *B. cheilantha*, a solução aquosa da raiz de *M. azedarach* também influenciou na diminuição da germinação das sementes, equiparando-se ao efeito da solução do caule, em que a sua solução mais concentrada teve um efeito maior relação à da raiz, com redução de 30 e 28%, respectivamente e para a solução da folha a redução foi de 14%, com efeito linear e discreto (Figura 7).

No método da solução aquosa, para a da raiz de *M. azedarach* ocorreu a maior ação inibitória da germinação das sementes nas espécies estudadas, sendo que em *B. cheilantha* o resultado da solução da raiz foi similar à do caule, enquanto que a solução da folha foi o que menos atingiu a germinação das sementes nas espécies consideradas. Em bioensaio com quatro bioinvasoras, Araújo (2016) concluiu que o extrato aquoso com folhas de *M. azedarach* inibiu completamente a germinação de sementes de *Sesamum indicum* L.

Em ordem decrescente, a sequência de redução na germinação das sementes nas espécies com a solução aquosa da raiz foi a seguinte, *M. tenuiflora*>*P. stipulacea* = *B. cheilantha*, com a solução da folha apresentou a sequência *M. tenuiflora*>*P. stipulacea*>*B. cheilantha* e a sequência da solução do caule foi *B. cheilantha*>*P. stipulacea* >*M. tenuiflora*.

Em bioensaio com *M. azedarach* e *M. alba*, Majeed et al. (2017), concluíram que extratos aquosos de folhas de ambas espécies, tiveram forte alelopatia inibitória na germinação das sementes de *Triticum aestivum* L., sendo o extrato de *M. azedarach* mais fitotóxico que de *M. alba*. No presente trabalho, a solução aquosa de folhas de *M. azedarach* inibiu a germinação das sementes de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha* em menor porcentagem que as soluções do caule e da raiz, podendo-se presumir que raiz e caule de *M. azedarach* possuam maior concentração de aleloquímicos, ou que estes produzam compostos com potencial aleloquímico não encontrados na folha.

Em experimento com solução aquosa de folhas de *Melia dubia*, Parmar et al. (2018) evidenciaram que os aleloquímicos tiveram potencial de inibição na germinação das sementes e crescimento inicial de plântulas de *Capsicum frutescens* L. e *Solanum melongena* L. mas de forma diferenciada. Resultados semelhantes foram verificados neste trabalho, em que os indivíduos alvo responderam de forma diferenciada aos extratos de *M. azedarach*. Segundo Bibi et al. (2016), extratos aquosos de folhas, caule e sementes de *M. azedarach* inibiram a germinação de sementes de *Penisitum americanum* L., com o aumento da concentração.

O extrato aquoso de folhas jovens de *M. azedarach*, contendo aleloquímicos solúveis provocaram a inibição na absorção de água e atividade de α -amilase durante a germinação de sementes de *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv em comparação com o controle (PHUWIWAT et al., 2012). A absorção de água por embebição é o processo inicial na germinação das sementes, para que as atividades metabólicas sejam ativadas provocando o crescimento do eixo embrionário e o estabelecimento das plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

4.2.2. Método sanduíche

No método sanduíche, constatou-se efeito significativo, ao nível de 5% de probabilidade, dos tratamentos e partes do indivíduo (raiz, folha e caule) de *M. azedarach* na porcentagem de germinação nas espécies analisadas, cujo coeficiente de variação foi de 13,49% em *P. stipulacea*, de 24,70% em *M. tenuiflora* e de 11,06% em *B. cheilantha*.

Em *P. stipulacea*, a menor porcentagem de germinação das sementes (58%) foi observada com soluções da raiz de *M. azedarach*, e a menor interferência na germinação (22%) foi provocada pela solução do caule. A maior sensibilidade à germinação das sementes de *P. stipulacea* foi com a solução de raiz quando comparado às demais partes do indivíduo doador (Figura 8).

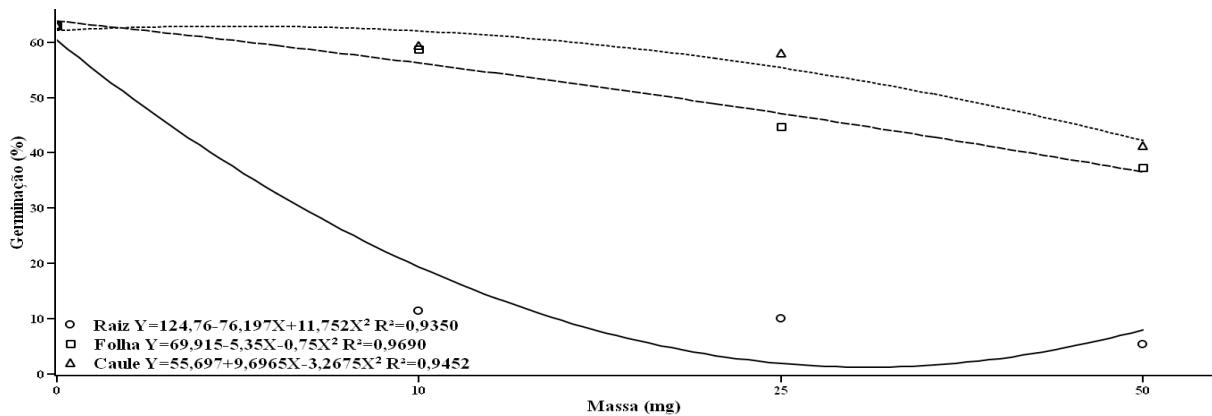


Figura 8. Porcentagem de germinação de sementes em *P. stipulacea*, utilizando o método sanduíche tendo o indivíduo *M. azedarach* como doador de raiz, folha e caule.

Nas sementes de *P. stipulacea* houve decréscimo na germinação a partir do tratamento com 10 mg da massa da raiz do indivíduo doador, enquanto os efeitos da folha e do caule foram semelhantes e menor que o da raiz, com tendência a reduzir a germinação com o aumento da massa da folha e do caule (Figura 8).

Com a espécie *M. tenuiflora* a resposta aos efeitos das partes de *M. azedarach* foram semelhantes ao da *P. stipulacea*, com efeito maior da raiz, reduzindo a germinação em 59%, em relação ao controle, sendo que o caule, com redução na germinação das sementes de 40%, foi o que menos afetou a germinação (Figura 9).

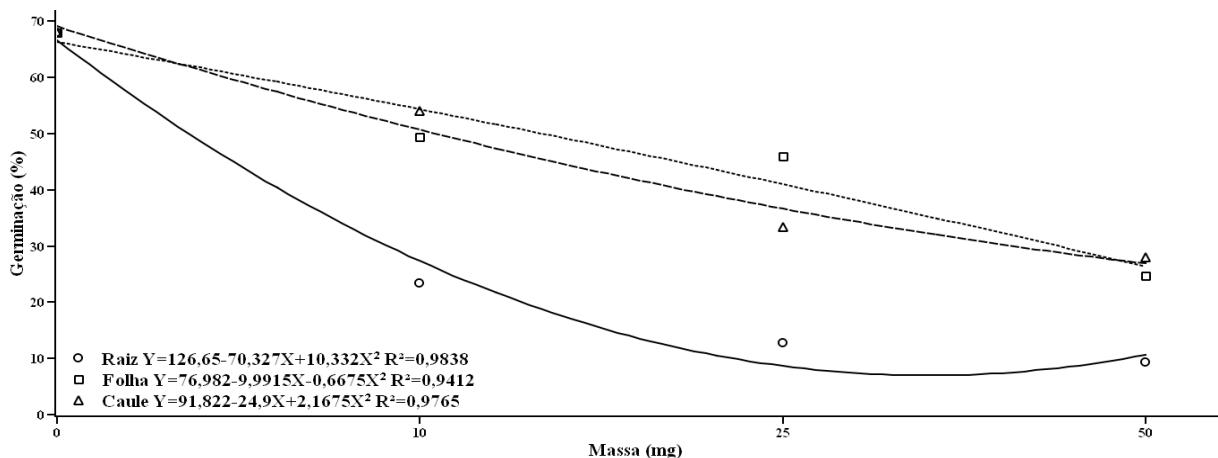


Figura 9. Porcentagem de germinação de sementes em *M. tenuiflora*, utilizando o método sanduíche tendo o indivíduo *M. azedarach* como doador de raiz, folha e caule.

Pelos dados obtidos de *M. tenuiflora* empregando o método sanduíche, evidenciou-se efeito maior da raiz na germinação, ficando o caule e a folha com efeitos menores e semelhantes (Figura 9).

A maior porcentagem de germinação das sementes de *B. cheilantha* no método sanduíche, com efeito das partes do indivíduo doador foi de redução da germinação semelhante às duas espécies citadas anteriormente, enquanto com a utilização da raiz houve redução na germinação de 62% e o caule de 37%, em relação ao grupo controle (Figura 10).

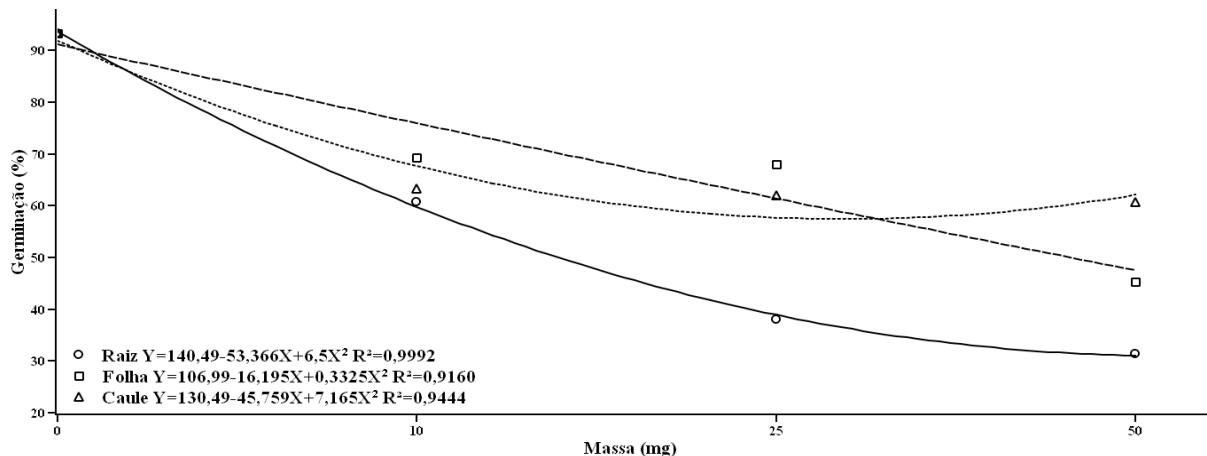


Figura 10. Porcentagem de germinação de sementes em *B. cheilantha*, utilizando o método sanduíche tendo o indivíduo *M. azedarach* como doador de raiz, folha e caule.

A análise de regressão em *B. cheilantha* evidencia o maior efeito da raiz a partir de 10g na germinação, em relação às demais partes do indivíduo, sendo que com o aumento da massa houve uma tendência da folha superar o caule na redução da germinação das sementes (Figura 10).

No método sanduíche, a ação da raiz de *M. azedarach* foi a que mais afetou negativamente a germinação das sementes nas espécies em estudo, enquanto para o caule e folha o efeito foi semelhante entre si e pequeno na germinação das sementes das espécies estudadas. No trabalho de Parmar et al. (2018), empregando serapilheira de *Melia dubia*, constatou-se o efeito alelopático em *Capsicum frutescens* L. e *Solanum melongena* L.

No método sanduíche neste trabalho, o efeito inibitório da folha e do caule de *M. azedarach* na germinação das sementes de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha* foi pequeno efeito, sendo mais pronunciado quando resultante da raiz do indivíduo doador. Utilizando o método sanduíche, Amini et al. (2016) observaram que a germinação de sementes de *Lactuca sativa* foi afetada por flores e frutos de *M. Azedarach*. Em trabalho com ação alelopática de folhas *M. azedarach*, Morais (2015) destacou a sua ação no atraso da germinação de sementes *Vigna unguiculata* (L) Walp.

Em ordem decrescente, a sequência das massas da raiz, da folha e do caule foi igual na germinação das sementes, na ordem seguinte, *B. cheilantha* >*M. tenuiflora*>*P. stipulacea*.

A porcentagem de germinação das sementes de *P. stipulacea* e *M. tenuiflora* foi maior no método da solução aquosa em relação ao método sanduíche, ocorrendo o inverso em *B. cheilantha*. Shinwari et al. (2017), utilizando o método sanduíche comprovou o efeito inibitório de 80 a 100% na germinação de sementes de *Lactuca sativa* com folhas de *M. azedarach*. Em outro trabalho, o emprego de extratos aquosos de folhas de *M. azedarach* resultaram na inibição da germinação de sementes de *Solanum lycopersicum* em todas as concentrações, aumentando a atividade inibitória com aumento na concentração dos extratos (PASTORINI et al., 2012).

Entre os dois métodos empregados perceberam-se respostas diferenciadas nos resultados da ação fitotóxica das partes de *M. azedarach* na porcentagem de germinação das espécies alvo. A ação da raiz foi mais pronunciada em todas as espécies, demonstrando um maior efeito alelopático em contrapartida os efeitos do caule e raiz do indivíduo doador foram similares, com tendência de ação maior do caule que da folha na diminuição da porcentagem de germinação das sementes das espécies.

4.2.3. Método plant-box

No método plant-box a menor porcentagem de germinação ocorreu quando utilizou-se raiz de *M. Azedarach*, com 35% de germinação para *P. stipulacea*, 54% para *M. tenuiflora* e 64% para *B cheilantha*. As respostas da folha e caule do indivíduo doador foram semelhantes nas três espécies, com pequena interferência na germinação das sementes (Figura 11).

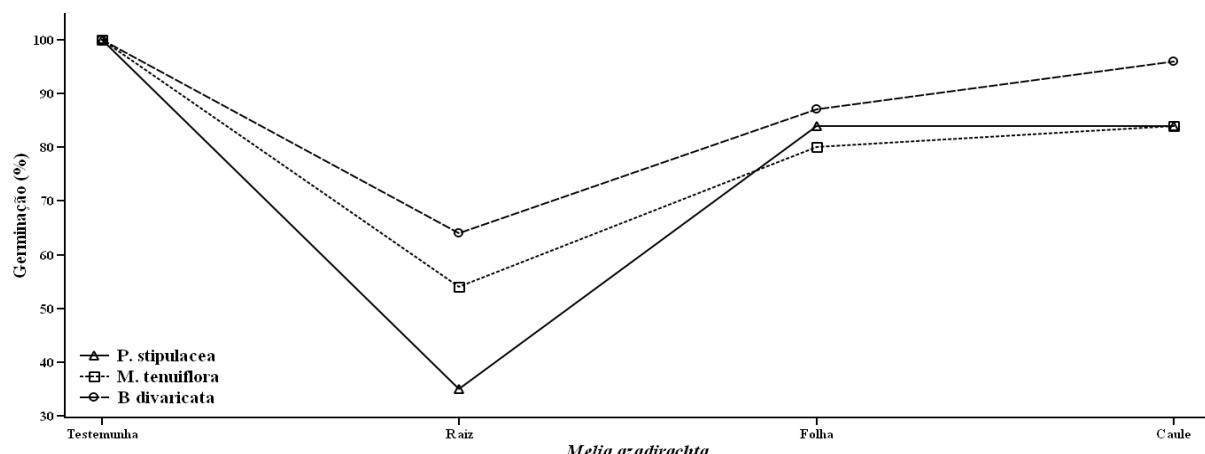


Figura 11. Porcentagem de germinação de sementes de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha* utilizando o método plant-box tendo o indivíduo *M. azedarach* como doador de raiz, caule e folha.

Nas três espécies a germinação das sementes aconteceu nos pontos mais distantes de onde foi colocado material de *M. azedarach*, no entanto, nas espécies alvo a raiz do indivíduo

doador provocou efeito mais acentuado que a folha e o caule, uma vez que nestes últimos, a germinação foi maior, acontecendo a inibição da mesma nas proximidades de onde foi colocado o material do indivíduo doador (Figura 12).

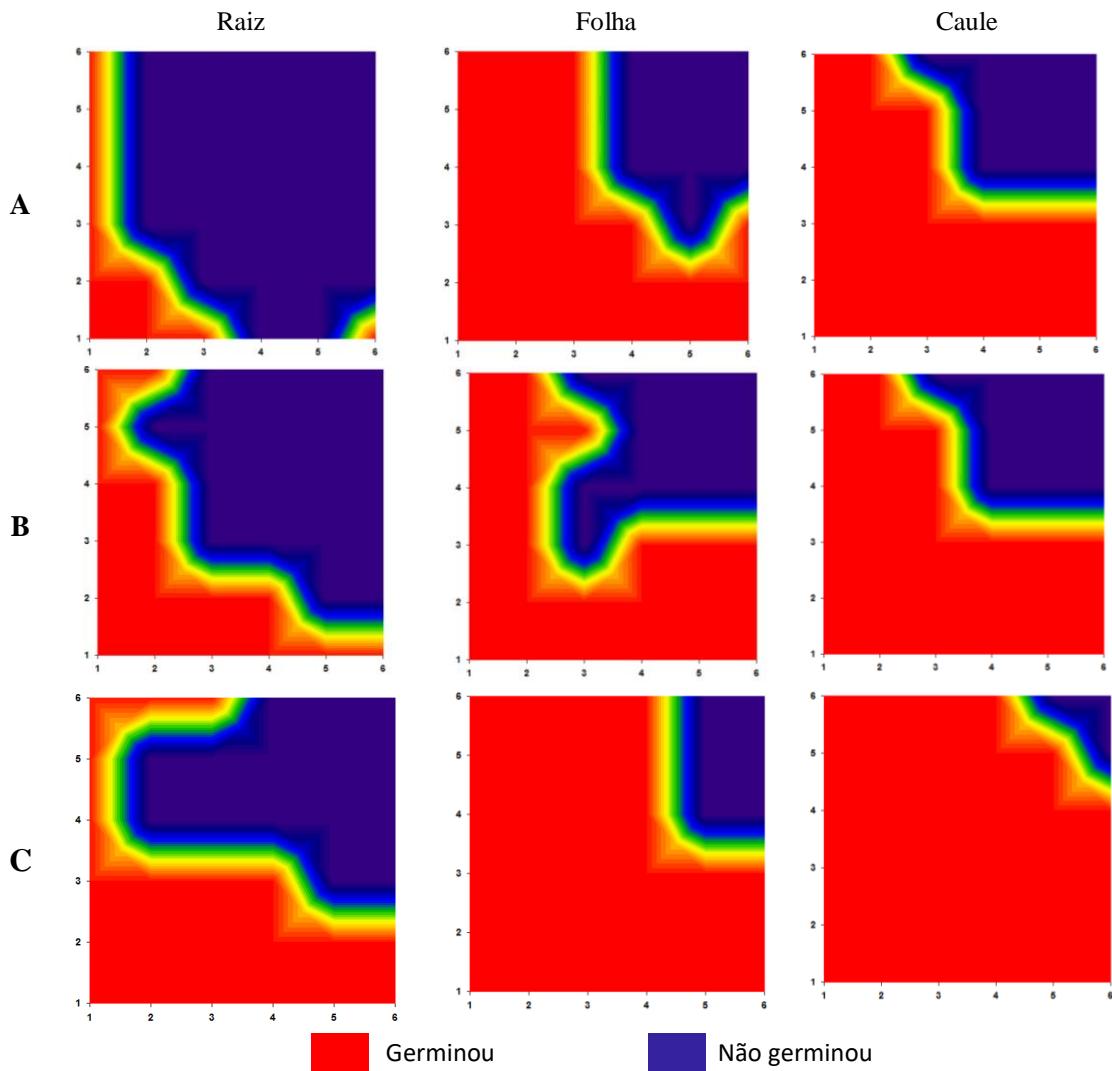


Figura 12. Germinação de sementes em *P. stipulacea* (A), *M. tenuiflora* (B) e *B. cheilantha* (C), utilizando o método plant-box, tendo o indivíduo *M. azedarach* como doador de raiz, caule e folha.

O doador se encontra na posição x=6, y=6.

No grupo controle, a porcentagem de germinação das sementes das três espécies foi maior (100%) no método plant-box, no método da solução aquosa a maior porcentagem de germinação (100%) foi das sementes de *M. tenuiflora*, seguido das de *B. cheilantha* e *P. stipulacea*, com 89 e 88%, respectivamente. No método sanduíche a maior germinação (93%) ocorreu nas sementes de *B. cheilantha*, seguido de *M. tenuiflora* (67%) e *P. stipulacea* (63%). Em todas as situações, a germinação está próxima a verificada em outros trabalhos, como em

sementes de *P. stipulacea* tratadas com ácido sulfúrico por 15' cuja germinação foi de 72%, a germinação de sementes de *M. tenuiflora* com o mesmo tratamento deste trabalho resultou em 88% e em sementes de *Bauhinia forticata* L. tratadas com ácido sulfúrico por 5' a germinação foi de 80% (OLIVEIRA et al., 2012a; FARIAS et al., 2013; SOUZA, 2013).

4.3. Índice de velocidade de germinação (IVG)

4.3.1. Método da solução aquosa

No método da solução aquosa, o efeito dos tratamentos foi significativo ao nível de 5% de probabilidade no índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *P. stipulacea* com a ação da raiz e folha de *M. azedarach*, em *M. tenuiflora* e *B. cheilantha*, com ação da raiz, folha e caule do indivíduo doador. Entre as partes do indivíduo doador nas diferentes espécies houve efeito significativo ao nível de 5%, com coeficiente de variação de 12,71, 5,12 e 13,58%, respectivamente.

Em sementes de *P. stipulacea*, o IVG mais afetado foi provocado pela raiz de *M. azedarach*, com redução a partir da concentração de 25% da solução aquosa, seguido pela ação da folha a partir da mesma concentração. A redução do IVG do tratamento controle da raiz do indivíduo doador ao de maior concentração da solução aquosa foi de 2,38, da folha foi de 2,02 e do caule de 0,66, mostrando que o caule apresentou uma pequena diferença entre os tratamentos (Figura 13).

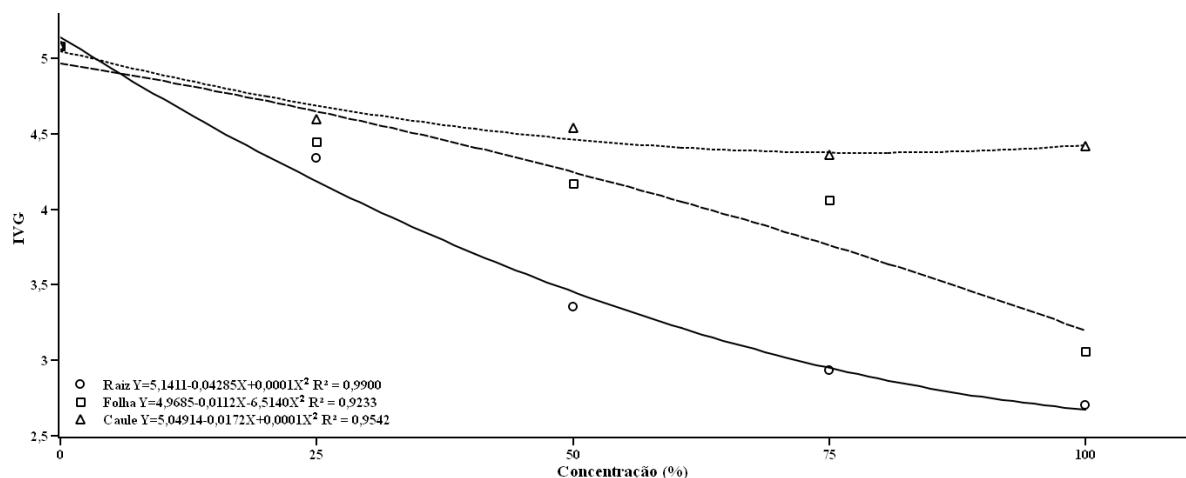


Figura 13. Índice de velocidade de germinação de *P. stipulacea*, utilizando o método da solução aquosa de *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

O efeito da solução da raiz de *M. azedarach* na redução do IVG de sementes de *P. stipulacea* tende a diminuir com o aumento da concentração da solução aquosa, entretanto verificou-se efeito linear entre os tratamentos com soluções de folha e caule (Figura 13).

Nas sementes de *M. tenuiflora* o resultado do IVG foi semelhante ao da espécie anterior, com a solução da raiz do indivíduo doador tendo efeito mais pronunciado em relação as demais partes do indivíduo, diferindo entre o IVG do tratamento controle e do tratamento mais concentrado, de 8,18 e o caule com o menor efeito, de 1,87 (Figura 14). As três partes do indivíduo doador tiveram efeito praticamente linear, decrescendo o IVG proporcionalmente ao aumento da concentração aquosa.

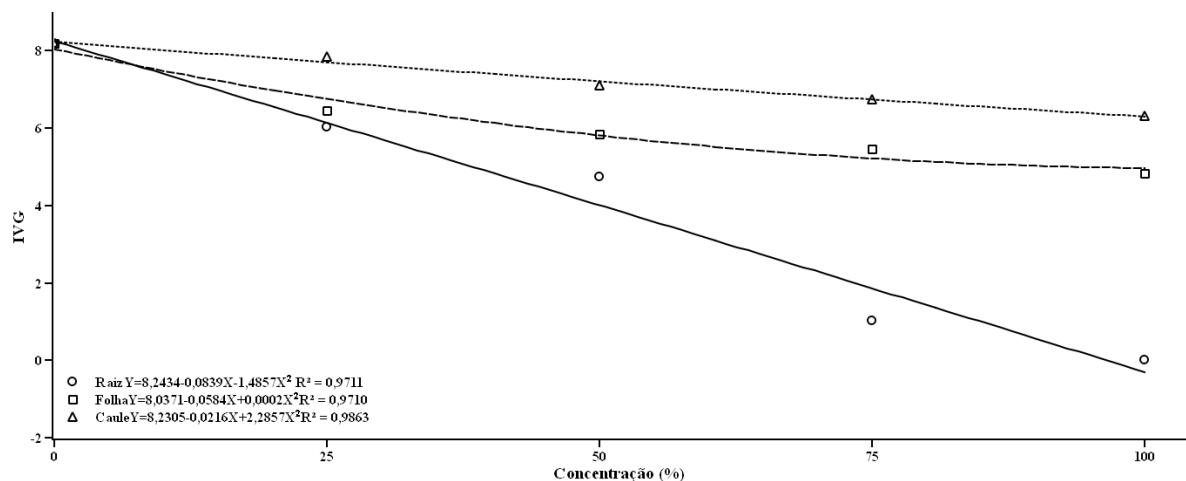


Figura 14. Índice de velocidade germinação de sementes de *M. tenuiflora*, utilizando o método da solução aquosa de *M. azedarach* como doador de raiz, folha e caule.

Quanto a *B. cheilantha*, a ação da solução aquosa do caule e da raiz do indivíduo doador foi mais intensa na redução do IVG, evidenciando que com a solução mais concentrada, a redução com a solução do caule foi superior a da raiz, com valores de 2,84 e 1,92 respectivamente, tendo a solução da folha promovido uma redução de 1,23, o que difere dos demais tratamentos anteriores, em que a solução raiz se sobressaiu em relação as demais partes do indivíduo. O aumento da concentração da solução aquosa tende a reduzir o IVG das sementes submetidas à solução do caule, enquanto que na raiz há uma redução na diminuição do IVG a partir do tratamento com 25% da concentração da solução aquosa (Figura 15).

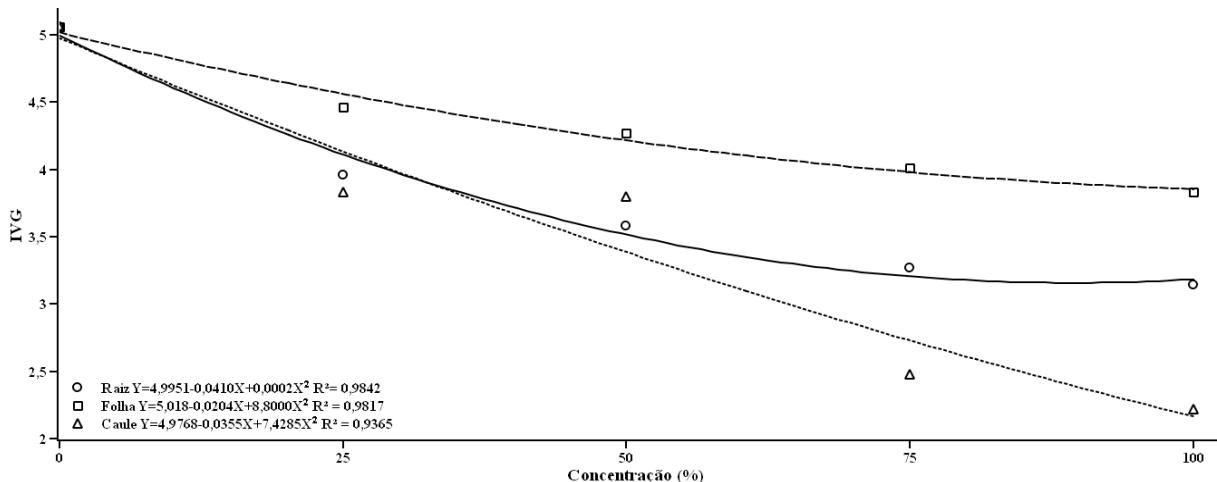


Figura 15. Índice de velocidade de germinação de sementes de *B. cheilantha*, utilizando o método da solução aquosa de *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

No método da solução aquosa os resultados do IVG de *P. stipulacea* e *M. tenuiflora* foram parecidos, sendo a inibição do IVG com soluções aquosas na sequência raiz>folha>caule. Em *B. cheilantha* quem mais afetou a germinação das sementes foi a solução aquosa do caule, seguido pela da raiz e por último da folha.

Em ordem decrescente, a sequência da solução aquosa da raiz na redução do IVG das sementes das espécies foi a seguinte: *M. tenuiflora*>*P. stipulacea*>*B. cheilantha*, na solução aquosa da folha foi *M. tenuiflora*>*P. stipulacea*>*B. cheilantha* e para a solução aquosa do caule foi *B. cheilantha*>*M. tenuiflora*>*P. stipulacea*.

Com a utilização dos extratos aquosos contendo material das partes de *M. azedarach* e em todas as espécies alvo ocorreu decréscimo no IVG. Resultado semelhante foi obtido por Pastorine et al., (2012), utilizando extrato de folha seca de *M. azedarach* em *Lycopersicon esculentum* Mill. Segundo Ferreira e Borghetti (2004), quanto maior o IVG, maior o vigor das sementes porque esta variável está relacionada com o número de sementes germinadas por dia.

Um fator que pode ser atribuído ao atraso na germinação e redução no IVG das sementes dos indivíduos alvo é a presença de aleloquímicos nos extratos aquosos, fato observado pela diminuição do IVG com o aumento da concentração dos mesmos, sugerindo diminuição do vigor das sementes. Os extratos de folhas de *M. azedarach* possuem entre seus compostos ativos, a azadiractina, um limonóide, de ação inseticida e citotóxica (ARAUJO et al., 2009).

4.3.2. Método Sanduíche

No método sanduíche, os tratamentos tiveram efeito significativo no IVG ao nível de 5% de probabilidade e para as espécies também houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade nas médias entre as partes do indivíduo de cada espécie, com exceção de *M. tenuiflora* que não ocorreu diferença significativa entre folha e caule do indivíduo doador.

Em *P. stipulacea*, utilizando o método sanduíche, a maior redução no IVG foi provocada por partes da raiz de *M. azedarach*, sendo a diminuição do tratamento controle ao de maior concentração de 5,98, enquanto que com partes da folha a redução foi de 3,89 e com o caule foi reduzido em 3,52. A regressão quadrática mostra que a partir do tratamento de 75 mg da raiz a ação no IVG é atenuada, sendo que a folha e o caule apresentam uma sequência mais proporcional entre o aumento da massa do órgão da doadora e diminuição do IVG (Figura 16).

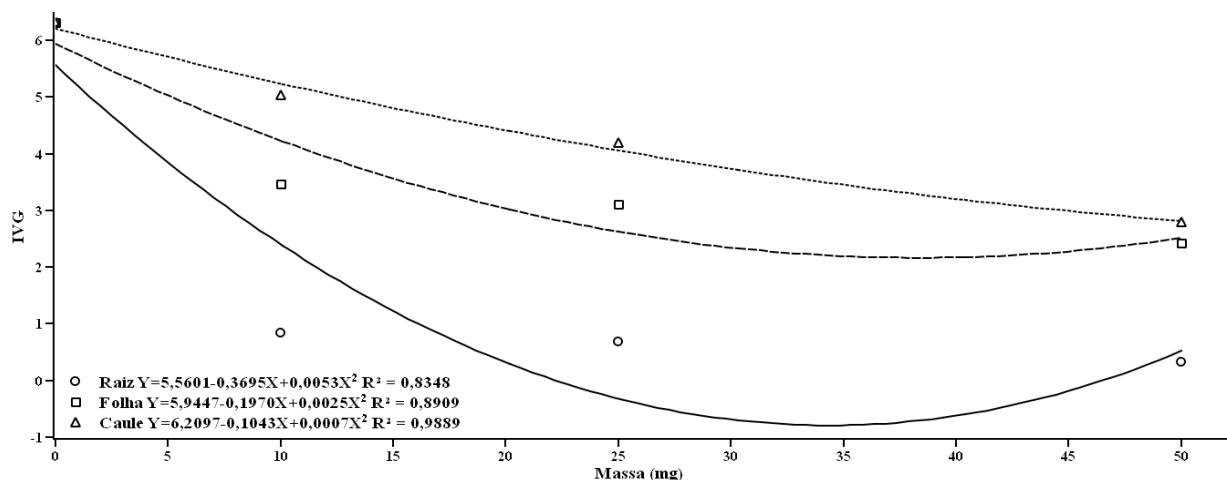


Figura 16. Índice de velocidade de germinação de sementes em *P. stipulacea*, utilizando o método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

Com relação a *M. tenuiflora*, o resultado foi semelhante ao da *P. stipulacea*, em que o efeito inibitório da raiz do indivíduo doador no IVG foi de 4,96, maior em relação à folha (3,79) e ao caule (3,59), sendo que esta última foi o que menos afetou o IVG (Figura 17). As partes do indivíduo doador tiveram efeito semelhante, diminuindo o IVG proporcionalmente ao aumento da sua massa.

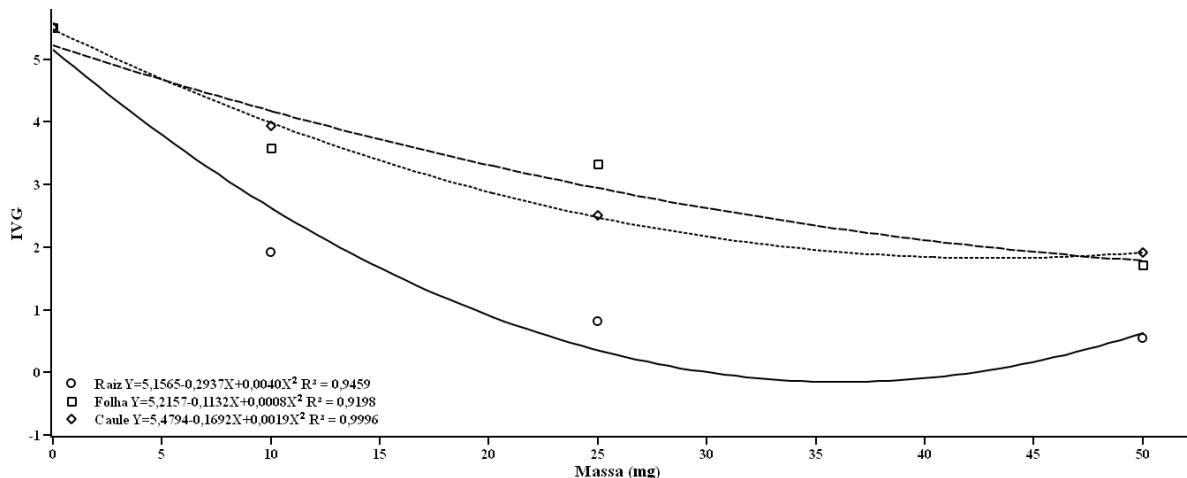


Figura 17. Índice de velocidade de germinação de sementes em *M. tenuiflora*, utilizando o método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

A maior redução no IVG das sementes de *B. cheilantha* (6,74) ocorreu quando se utilizou a raiz do indivíduo doador a partir do tratamento de 10 mg, com a utilização da folha a redução do IVG de 5,78 e com o caule a redução foi de 4,8 sendo este último com menor efeito na redução do IVG. A raiz tende a estabilizar o efeito na redução do IVG a partir do tratamento de 25 mg. A folha permanece proporcional ao aumento da massa do indivíduo doador, havendo redução do IVG. O efeito da folha foi maior que o caule até o tratamento de 25 mg, a partir deste, a redução do IVG tende a diminuir (Figura 18).

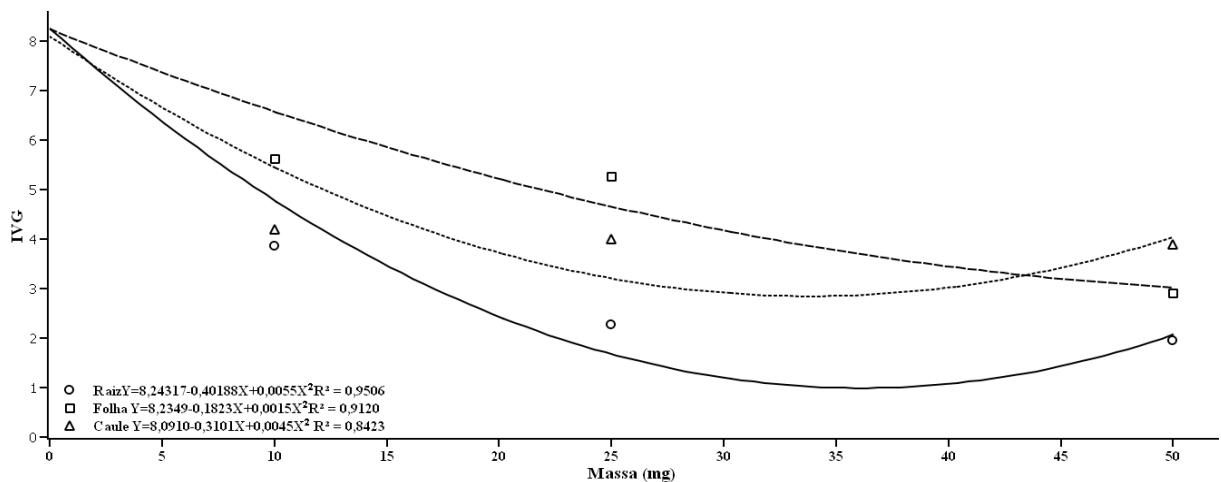


Figura 18. Índice de velocidade de germinação de sementes em *B. cheilantha*, utilizando o método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

Os extractos aquosos de *M. azedarach*, em todas as concentrações do bioensaio, tiverem efeito significativo no IVG de sementes de *Triticum aestivum* L. quando comparados ao grupo controle (MAJEEED et al., 2017).

4.4. Comprimento da raiz

4.4.1. Método da solução aquosa

No método da solução da raiz e do caule de *M. azedarach* observou-se diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade no comprimento de raiz de plântulas de *P. stipulacea*, como também das suas três partes em *M. tenuiflora* e *B. cheilantha*. Entre as soluções aquosas das partes do indivíduo doador, apenas para a *M. tenuiflora* constatou-se diferença significativa ao nível de 5%. O coeficiente de variação foi de 11,73% em *P. stipulacea*, 16,12% em *M. tenuiflora* e 10,14% em *B. cheilantha*.

Na espécie *P. stipulacea*, o menor comprimento da raiz ocorreu no tratamento com raiz do indivíduo doador, com uma redução de 9,70 mm entre o tratamento controle e o de solução com maior concentração. A menor interferência no comprimento da raiz foi provocada pela solução da folha, com redução de 4,95 mm, não tendo efeito significativo entre as médias, enquanto com a solução do caule a redução foi de 8,97 mm. A solução da raiz foi a que mais interferiu no comprimento da raiz das plântulas de *P. stipulacea* e com o aumento da sua concentração, a partir de 75% houve uma tendência de estabilizar a ação da mesma. O comportamento das soluções do caule e da folha foi semelhante, em que o aumento da concentração da solução aquosa aumentou proporcionalmente a interferência no comprimento da raiz (Figura 19).

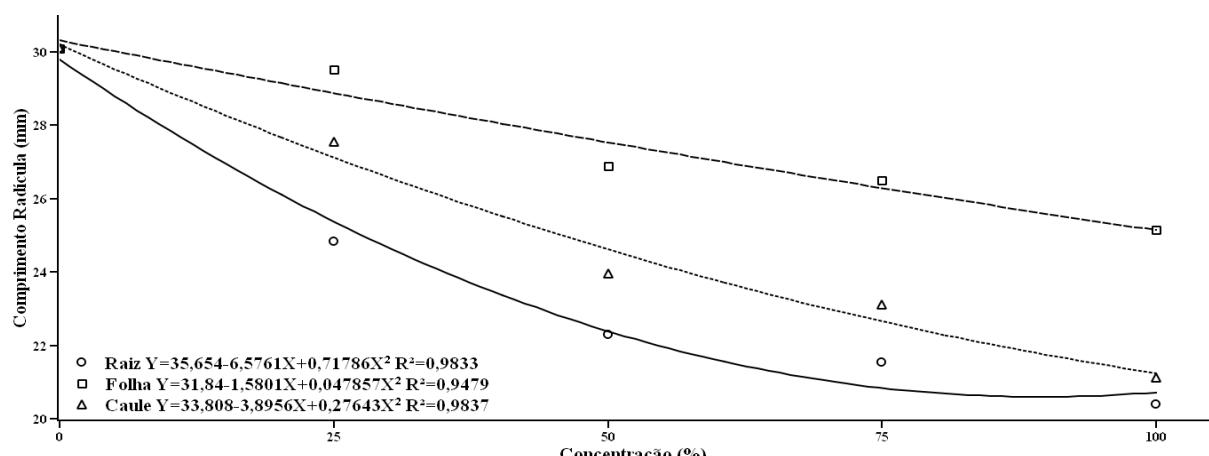


Figura 19. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *P. stipulacea*, oriundas de sementes submetidas ao método da solução aquosa tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

Com relação a *M. tenuiflora*, os resultados foram semelhantes ao da *P. stipulacea*, com maior interferência no comprimento da raiz com a solução da raiz do indivíduo doador, tendo diferença entre o controle e a maior concentração da solução aquosa de 20,66 mm. A solução da folha foi a que menos interferiu na redução do comprimento da raiz, com redução

de 0,80 mm enquanto que a solução do caule interferiu em 1,31 mm. A solução da raiz e a do caule tende a reduzir a interferência na redução do comprimento da raiz, a partir da concentração de 75%, enquanto que a solução da folha tende a permanecer constante na redução do comprimento da raiz até a solução mais concentrada (Figura 20).

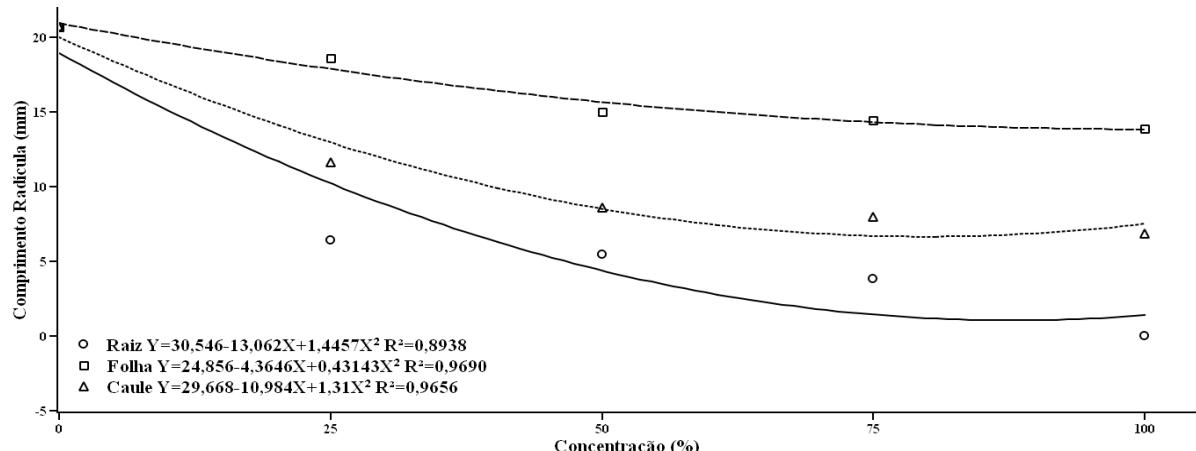


Figura 20. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *M. tenuiflora*, oriundas de sementes submetidas ao método da solução aquosa tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

Em *B. cheilantha*, o resultado diferiu do obtido nas duas espécies anteriores porque nesta, a maior interferência no comprimento da raiz foi da solução da folha do indivíduo doador, com redução de 3,21 mm, enquanto que a solução do caule foi a que menos interferiu, com redução de 2,51 mm e a solução da raiz proporcionou uma redução de 3,02 mm (Figura 21).

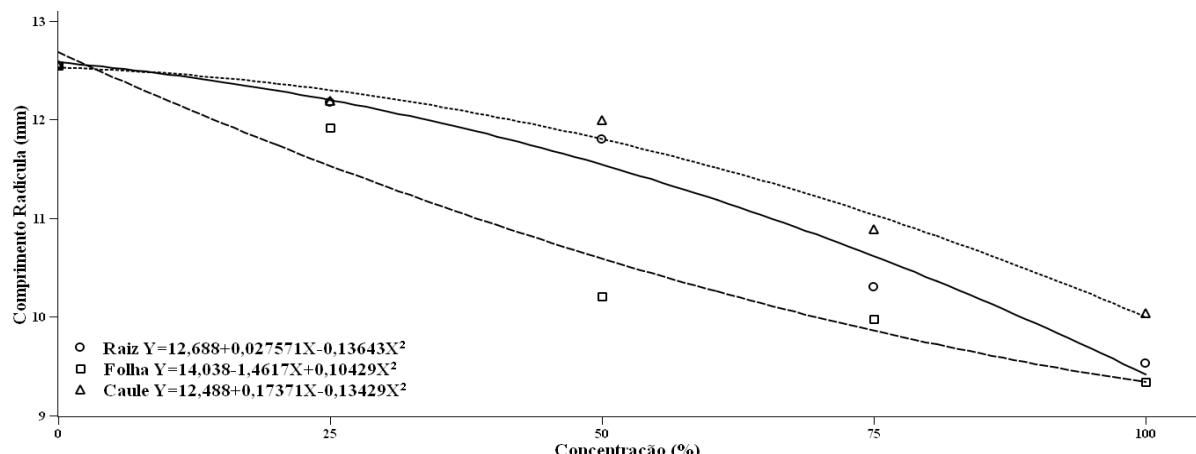


Figura 21. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *B. cheilantha*, oriundas de sementes submetidas ao método da solução aquosa tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

Os efeitos das soluções aquosas, a partir da solução de 75% da solução da folha tende a amenizar a interferência no comprimento da raiz, enquanto que a solução da raiz tende a incrementar mais o efeito, juntamente com a solução do caule (Figura 21). Parmar et al.

(2018) relataram que o extrato aquoso foliar de *M. dubia*, reduziu a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação das sementes e o crescimento radicular de plântulas de *Capsicum frutescens* L. e *Solanum melongena* L. sendo que em relação ao comprimento da raiz das plântulas de tomate, todos os extratos de folhas frescas e secas e de frutos o inibiram, sendo o efeito diretamente proporcional ao aumento da concentração, fato semelhante foi relatado por Tur et al. (2012) em plântulas de tomate expostas a extratos de *M. azedarach*.

Extratos aquosos de *M. azedarach*, tiverem efeito significativo na diminuição da radícula das plântulas de *Triticum aestivum* L. quando comparados ao grupo controle (MAJEED et al., 2017). Segundo Bibi et al. (2016), extratos aquosos de folhas, caule e sementes de *M. azedarach* inibiram o crescimento da raiz de plântulas de *Penisitum americanum* L., com o aumento da concentração. O sistema radicular é a parte do vegetal mais sensível à ação dos aleloquímicos, devido ao maior tempo de contato com os extratos aquosos, comprometendo o desenvolvimento da raiz (CHON et al., 2000; HOFFMANN et al., 2007). Para Albuquerque (2015), o extrato aquoso de *Azadirachta indica* A. Juss, indivíduo da mesma família de *M. azedarach*, demonstrou efeito inibitório no crescimento na parte aérea e radicular das ervas daninhas *Bidens pilosa* L., *Cenchrus echinatus* L., *Desmanthus virgatus* L. Willd e *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby.

4.4.2. Método Sanduíche

Pelo método sanduíche, a média dos tratamentos teve resultado significativo ao nível de 5% em *P. stipulacea* e *M. tenuiflora* com ação da raiz do indivíduo doador e em *B. cheilantha* com ação das três partes analisadas, para as quais ocorreu resultado significativo entre as médias da mesma forma que entre os tratamentos.

Em *P. stipulacea*, a maior diminuição no comprimento da raiz foi entre o tratamento controle e aquele com maior massa, cuja redução foi de 2,52 mm. No tratamento com o caule observou-se o menor efeito, com redução de 0,25 mm e com a folha a redução foi de 0,43 mm, com estas duas últimas partes sem diferença significativa entre os tratamentos. No método da solução aquosa, a raiz também foi responsável pelo maior efeito negativo no comprimento da raiz, mas foi o tratamento da solução da folha que se destacou com o menor efeito. A raiz do indivíduo doador tende a diminuir a ação sobre a redução do comprimento radicular das plântulas teste, a partir do tratamento com 25 mg, enquanto a folha e o caule

demonstraram comportamento semelhante, com maior efeito no tratamento com a folha (Figura 22).

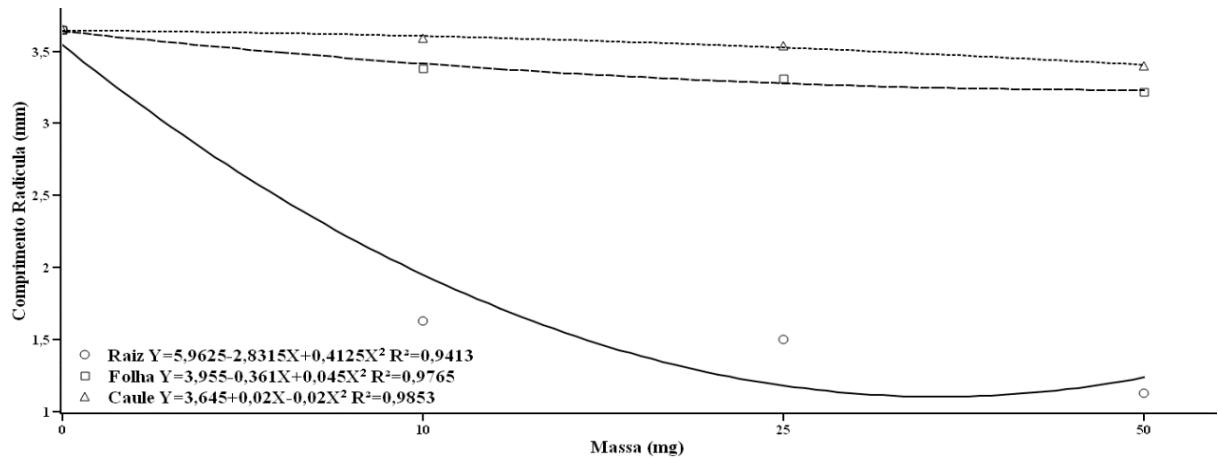


Figura 22. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *P. stipulacea*, oriundas de sementes submetidas ao método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

O comprimento da raiz das plântulas de *M. tenuiflora* foi mais afetado pelo material da raiz do indivíduo doador (1,83 mm) e com menor intensidade pelo material da folha (0,53 mm), enquanto que o material do caule foi o que menos afetou o comprimento da raiz das plântulas (0,30 mm). O aumento da concentração do material da raiz do indivíduo doador tende a aumentar a inibição no crescimento da raiz das plântulas de *M. tenuiflora*, enquanto que o aumento da concentração do material da folha e do caule mostrou pequeno efeito no comprimento da raiz das mesmas (Figura 23).

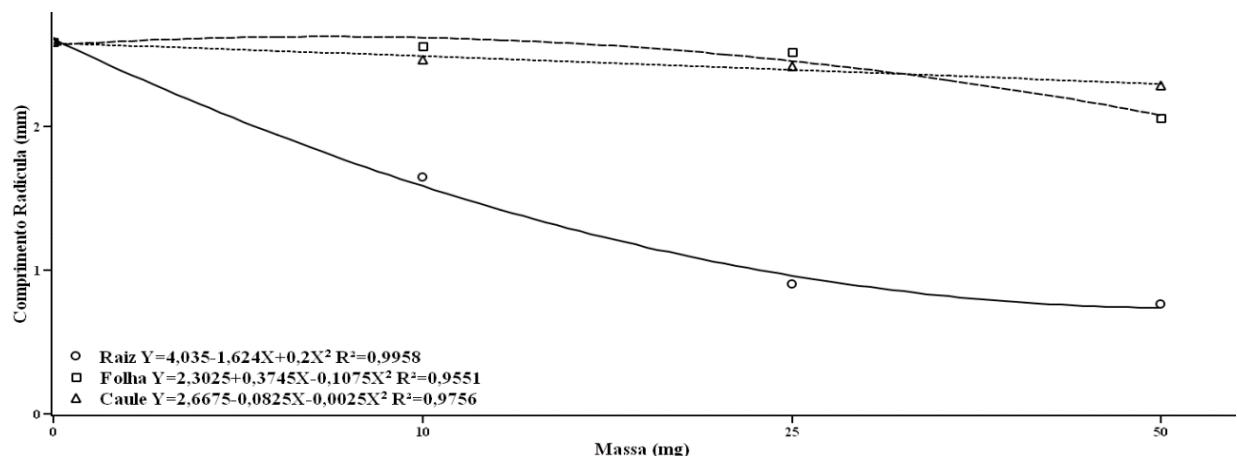


Figura 23. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *M. tenuiflora*, oriundas de sementes submetidas ao método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

Quanto a *B. cheilantha*, a raiz do indivíduo doador proporcionou a maior redução no comprimento da raiz (2,83 mm) das plântulas teste, entre o grupo controle e o tratamento com

maior massa da raiz, próximo ao tratamento com a folha, que reduziu em 2,82 mm, enquanto o menor efeito foi provocado pelo caule, que reduziu em 2,73 mm. As partes do caule e da raiz do indivíduo doador tendem a diminuir o efeito sobre o comprimento da raiz, a partir do tratamento com 25 mg, em contrapartida o tratamento da folha tende a aumentar o efeito (Figura 24).

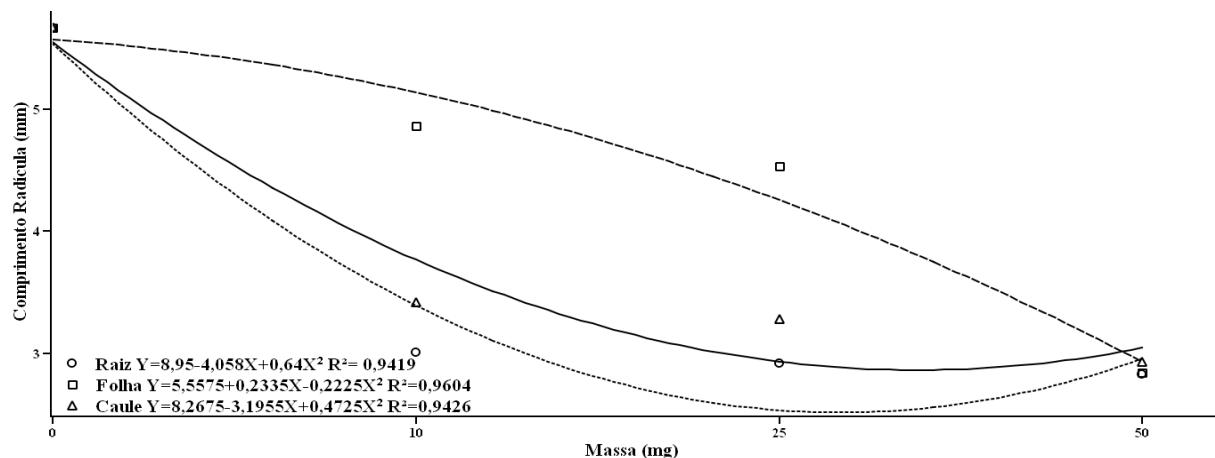


Figura 24. Comprimento da raiz (mm) de plântulas de *B. cheilantha*, oriundas de sementes submetidas ao método sanduíche tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, folha e caule.

4.4.3. Método Plant-Box

No método plant-box, foi observado que a raiz foi a parte do indivíduo de *M. azedarach* que mais afetou o comprimento da radícula nas espécies em estudo, seguido pela folha e por último o caule (Figura 25).

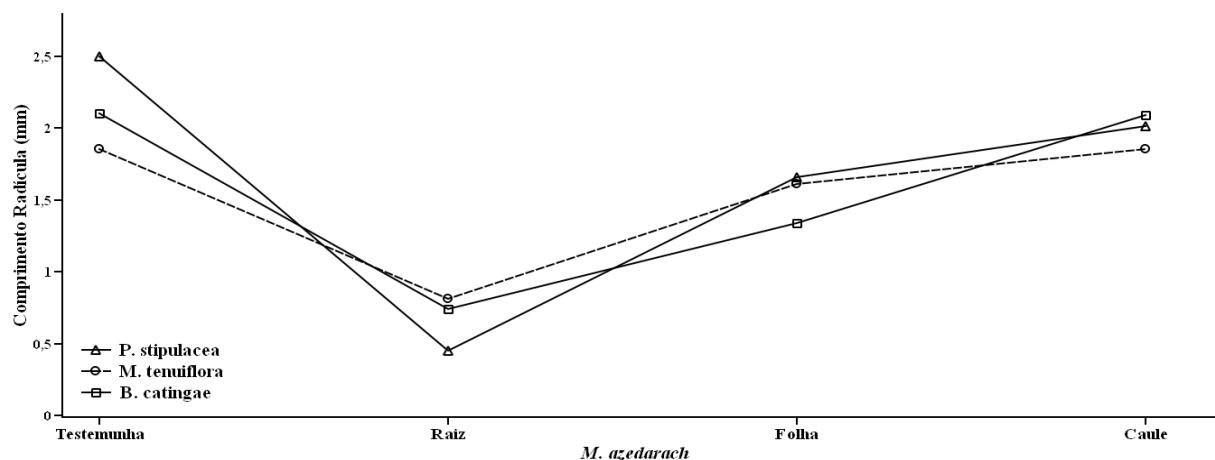


Figura 25. Comprimento da raiz de plântulas de *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha* oriundas de sementes submetidas ao método plant-box tendo *M. azedarach* como indivíduo doador de raiz, caule e folha.

Neste método, o material de *M. azedarach* afetou o crescimento da raiz, quanto mais próximo a plântula da receptora ficou do material, menor o crescimento da raiz das plântulas, supondo-se que o material do indivíduo doador possui aleloquímicos que interferem no crescimento da raiz (Figura 26).

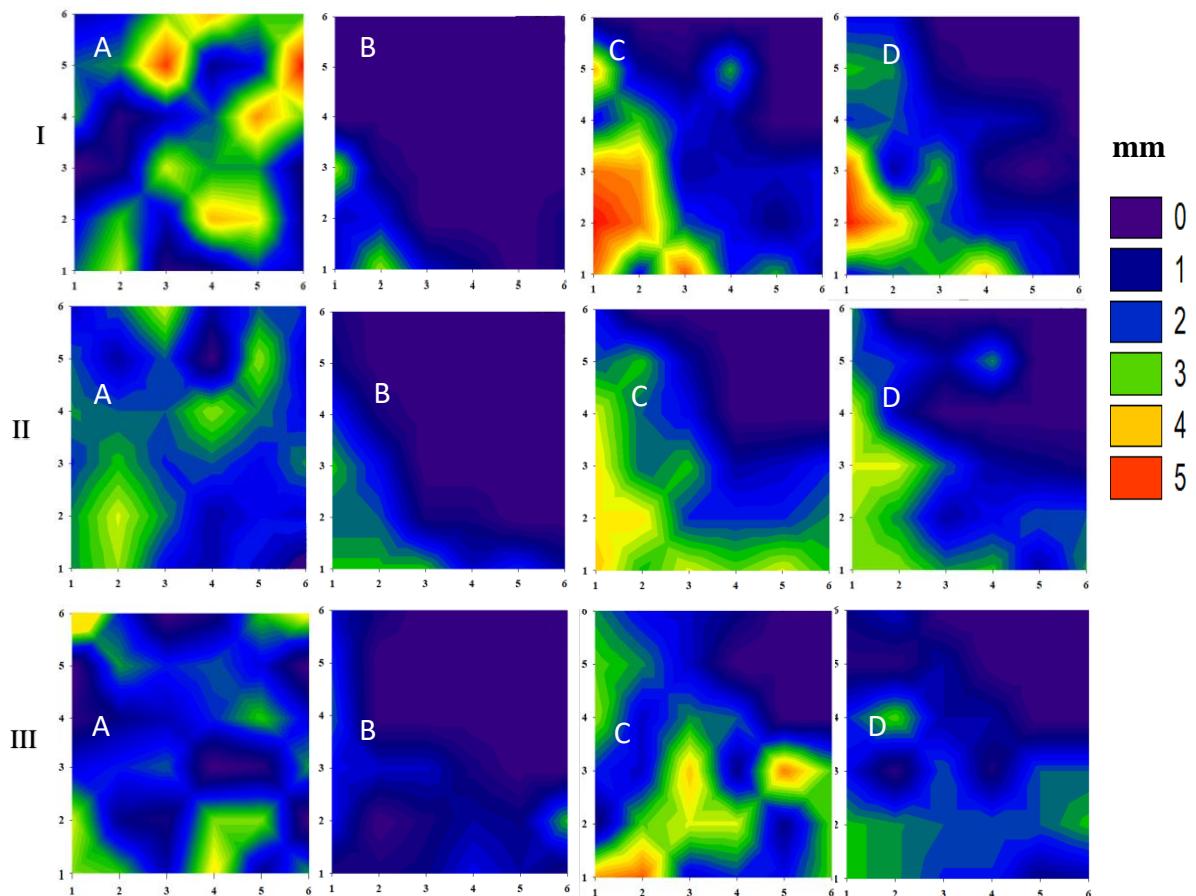


Figura 26. Comprimento de raiz (mm) de plântulas de *P. stipulacea* (I), *M. tenuiflora* (II) e *B. cheilantha* (III), oriundas de sementes submetidas ao método plant-box, tendo (A) Tratamento, (B) raiz, (C) caule e (D) folha de *M. azedarach*.

O doador se encontra na posição x=6, y=6.

Neste trabalho, os aleloquímicos da raiz de *M. azedarach*, foram mais efetivos na inibição do crescimento da raiz que os da folha e do caule, nas três espécies analisadas. Para Gumilar et al. (2017), entre as soluções aquosas de raiz, caule e folha de *M. azedarach* no crescimento de raiz de *Glycine max*, a ação mais efetiva foi do caule. Possivelmente a concentração dos extratos deve ter atuado de forma diferenciada porque a concentração dos extratos foi baixa.

Dentre os componentes químicos com ação alelopática verificados em *M. azedarach*, Gumilar et al. (2017), constatou 13 diferentes tipos de aleloquímicos, dos quais cinco estão na

raiz, cinco na folha e seis no caule. Segundo Kumar et al. (2017), 18 tipos diferentes de componentes químicos foram localizados em folhas jovens, maduras e senescentes misturadas de *M. azedarach*, relatados com efeito inibitório na germinação e crescimento de indivíduos em bioensaios, seja na forma de extrato ou como serapilheira.

Os compostos aleloquímicos podem interferir no sistema hormonal dos indivíduos, agindo nos hormônios de crescimento, tais como auxina, citocinina e giberelina, essenciais na divisão e alongamento celular (AISAH et al., 2018) em que a atividade das citocininas pode ser afetada por compostos fenólicos, importantes no processo da mitose (PEBRIANI, 2013).

Diversos estudos demonstraram que aleloquímicos presentes em *M. azadirach* inibiram a germinação e crescimento de indivíduos receptores (MULATU et al., 2011; SHAPLA et al., 2011; PHUWIWAT et al., 2012; AKACHA et al. 2013; KUMAR et al., 2017; THAKUR et al., 2017). Neste trabalho, pode ter sido liberado no extrato aquoso ou no ágar, aleloquímicos hidrossolúveis presentes nas partes do indivíduo doador, provocando efeito inibitório na porcentagem e velocidade de germinação das sementes assim como no comprimento da raiz das plântulas oriundas de sementes das espécies receptoras, com o aumento da concentração dos extratos no meio. Os ambientes mais concentrados de aleloquímicos podem ser um meio estressante para a espécie alvo no bioensaio, podendo resultar em impacto no aparato metabólico que atua na germinação das sementes, enquanto uma menor concentração pode estimular uma eficiente coordenação hormonal e enzimática para uma germinação bem sucedida.

Dessa forma pode-se afirmar que os indivíduos que crescem em ambiente induzido aleloquimicamente podem sofrer alterações na funcionalidade das enzimas, absorção de água e minerais, permeabilidade da membrana celular e atividade fotossintética correspondente a germinação reduzida, crescimento de plântulas e acúmulo de matéria seca (MAJED et al., 2012; MUHAMMAD; MAJED, 2014). Neste estudo, os resultados sugerem que aleloquímicos presentes em *M. azedarach* têm efeito diferenciado na espécie do indivíduo alvo, seja na porcentagem ou velocidade de germinação, bem como no comprimento da raiz.

Nos métodos utilizados e nas espécies receptoras, a germinação das sementes foi reduzida a partir do tratamento com menor ao de maior concentração com partes do indivíduo doador em relação ao grupo controle. Para Akacha et al. (2013), os aleloquímicos desequilibram o estado oxidativo das células, interferindo na atividade das enzimas catalase, ascorbato peroxidase, guaiacol peroxidase e nos níveis de H₂O₂ dos pigmentos assimilatórios clorofila “a” e “b” e carotenóides. A adição de lixiviados ou a incorporação de resíduos

vegetais no ambiente de crescimento de outro indivíduo resulta em efeito inibitório sobre a germinação e o crescimento, devido ao esgotamento do conteúdo de nitrogênio ou impedimento dos processos fisiológicos das plântulas que crescem em tal ambiente (ALKHATIB et al., 1997).

A resposta de germinação e crescimento dos indivíduos alvo aos aleloquímicos pode ser devida a várias razões, de forma que diversos efeitos fisiológicos podem ser atribuídos a ação dos aleloquímicos de *M. azedarach* nos indivíduos, como redução no crescimento, absorção de água e nutrientes minerais, íons, potencial hídrico da folha, pressão de turgescência, seca fisiológica e potencial osmótico, contribuindo na inibição da germinação, crescimento e biomassa de plântulas em laboratório (BARKOSKY; EINHELLIG, 2003; REZAEINODEHI et al., 2006; BAGAVATHY; XAVIER, 2007). Os aleloquímicos diminuem a condutância estomática induzindo a produção de ABA, o que indiretamente impacta as taxas de fotossíntese, transpiração, respiração e desacoplamento da fosforilação oxidativa (AKACHA et al., 2013).

Os efeitos dos aleloquímicos na germinação das sementes e crescimento da raiz, também podem ser atribuídos ao fato de que a morte celular e o escurecimento dos tecidos ocorrem com frequência na zona apical radicular, por ser uma área com intensa atividade de divisão celular, sendo esta afetada, quando as raízes são expostas a agentes alelopáticos (DING et al., 2007).

A atividade fitotóxica dos componentes químicos presentes em *M. azedarach* é sugerida em diversos trabalhos, relatando a ação inibitória na germinação, crescimento e fitomassa em diversas espécies vegetais. O eugenol foi relatado por diversos autores pela ação fitotóxica na germinação em uma variedade de sementes como, *Taraxacum officinale* L., *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv., *Phalaris minor* Retz., *Ageratum conyzoides* L., *Leptochloa chinensis* (L.) Ness, *Bidens pilosa* L. e *Commelina benghalensis* L. e ação inibitória na germinação e crescimento da raiz de *Avena fatua* L. (AHUJA et al., 2014).

O mecanismo inibitório dos fenólicos provoca a degradação da estrutura da membrana plasmática, a modificação da membrana ou a perda da ATPase (EINHELLIG, 1996), de forma que a maior concentração de eugenol na raiz pode ser um dos envolvidos na maior ação fitotóxica deste órgão na redução da porcentagem e velocidade de germinação, assim como no crescimento da raiz das espécies analisadas neste trabalho.

Outros aleloquímicos presentes em *M. azedarach* e sugeridos com ação alelopática foram o ácido nonanóico, com efeito fitotóxica controlando o crescimento de cianobactérias

em ambientes aquáticos (TECHE et al., 2016). Este ácido, na concentração de 0,00975% (v/v) controlou o crescimento de *Lemna minor* em 99%, três dias após a aplicação (WEBBER, 2014). Os efeitos do 4-Alil-2,6-dimetoxifenol foram comparados com o eugenol nas raízes de *Fagopyrum esculentum* Moench (KALINOVA et al., 2011). Os ácidos esteárico, láurico, oléico, álcool coneferílico, siringaldeído e o fitol tiveram efeito inibidor na germinação de sementes de espécies variadas (TERRONES et al., 2007; KALINOVA et al., 2011; ANGELINI et al., 2014). O ácido láurico afetou o crescimento de indivíduos (WANG et al., 2010) e o P-cresol pode interromper o processo de fotossíntese e a respiração de indivíduos aquáticos (BILDERBACK, 1981). A interação entre os componentes químicos alelopáticos pode produzir uma ação inibitória mais efetiva do que de um componente isolado (AISAH et al., 2018).

Neste trabalho, os extratos da raiz de *M. azedarach* foram mais efetivos na inibição da germinação das sementes que os da folha e do caule, nas três espécies analisadas. Gumilar et al. (2017), comprovou a ação mais efetiva da solução aquosa do caule de *M. azedarach* em relação a raiz e folha na germinação de sementes de *Glycine max* (L.), possivelmente pelo fato de a concentração dos extratos ter atuado de forma diferenciada. Segundo Rice (1984), uma determinada concentração de compostos orgânicos pode ter efeito inibitório e em outras concentrações efetuar estímulo ao vegetal. Todas as partes dos indivíduos podem produzir aleloquímicos, podendo a natureza e a quantidade variar em função da idade e da parte do indivíduo, entre outros fatores como as condições climáticas em que a mesma está inserida (BORGES et al., 1994).

Os aleloquímicos de *M. azedarach* sobre a germinação de sementes de *Raphanus sativus* L., provocaram um desequilíbrio no estado oxidativo das células, alterações na peroxidação lipídica da membrana e no vazamento de eletrólitos (AKACHA et al., 2013). Durante a germinação, as enzimas hidrolisam reservas endospérmicas em uma forma que possam ser utilizadas pelo eixo embrionário em desenvolvimento (MUNIZ et al., 2007), estando as enzimas α e β -amilases envolvidas no principal sistema de degradação de amido das sementes (FRANCO et al., 2002). A absorção de água e a atividade da α -amilase são inibidas por aleloquímicos dos extratos aquosos de *M. azedarach* e causam inibição durante o processo de germinação em comparação com o controle (PHUWIWAT et al., 2012).

Para ativar o metabolismo no interior em grande parte das sementes é necessário um nível adequado de umidade (CHON et al., 2006), por isso a inibição na absorção de água pode limitar a ativação de enzimas específicas requeridas para o metabolismo de reserva na

semente e, portanto, há uma redução na germinação. Estas descobertas podem ser atribuídas ao efeito inibitório dos extratos aquosos de *M. azedarach* na germinação de sementes *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B. cheilantha* neste trabalho.

No fruto de *M. azedarach* foi detectado o aleloquímico catequina, que desempenha um papel alelopático importante (AMINI et al., 2016), especialmente porque estudos demonstraram que a secreção de catequina a partir de raízes de ervas daninhas é influenciada negativamente nas interações indivíduo-indivíduo (BAIS; KAUSHIK, 2010).

M. azedarach vem sendo estudada pela sua ação inseticida e medicinal, sendo conhecida pela sua capacidade de produzir compostos cianogênicos, pela presença de saponinas e do alcalóide azaridina ou mangrovina em frutos verdes (SAITO; LUCHINI, 1998; SEFFRIN et al., 2008). A presença destes compostos poderia explicar a baixa porcentagem e o atraso na germinação, o índice de velocidade de germinação reduzido e a falta de cotilédones no tratamento com extratos de frutos a 4%. Os alcalóides são compostos cíclicos, contendo nitrogênio em sua cadeia, podendo atuar como inibidores da germinação, devido ao seu poder quelante e/ou citotóxico (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). As saponinas, taninos e os compostos fenólicos estão entre os aleloquímicos comumente citados como responsáveis por causarem efeitos diretos e indiretos sobre a germinação e morfologia.

A resposta da germinação e crescimento dos indivíduos alvo aos aleloquímicos pode ser devida a várias razões, podendo-se afirmar que os indivíduos que crescem em ambiente induzido aleloquimicamente podem sofrer alterações na funcionalidade das enzimas, absorção de água e minerais, permeabilidade da membrana celular e atividade fotossintética correspondente a germinação reduzida, crescimento de plântulas e acúmulo de matéria seca ou estimulação nestes parâmetros (MAJEEED et al., 2012; MUHAMMAD; MAJEEED, 2014).

5. CONCLUSÃO

Nos extratos aquosos e na matéria seca da raiz, caule e folha da espécie exótica invasora *M. azedarach* há compostos aleloquímicos que interferem na porcentagem e velocidade de germinação das sementes, como também no crescimento da raiz das plântulas das espécies alvo de ocorrência na Caatinga: *P. stipulacea*, *M. tenuiflora* e *B cheilantha*.

As soluções aquosas e o material seco da raiz do indivíduo doador exercem maior atividade inibitória na germinação, diminuindo o índice de velocidade de germinação das sementes e o comprimento das raízes das plântulas nas espécies alvo, com o aumento da concentração das soluções aquosas ou do material seco do indivíduo doador em todos os métodos empregados para avaliar a atividade alelopática, seguido pelo efeito dos compostos do caule e por último dos da folha.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interferência de determinadas espécies vegetais, através de metabólitos secundários (aleloquímicos) na germinação e crescimento de outras espécies tem chamado a atenção da comunidade científica, a qual procura entender o peso deste fenômeno na organização das espécies em seu ambiente natural, em situações de invasão biológica ou até mesmo como possível fonte de novas moléculas herbicidas. Entretanto, para os estudos focados em bioensaios entre espécies florestais existe uma grande lacuna que necessita ser sanada, principalmente com as espécies de ocorrência na Caatinga, onde a investigação científica é mais escassa do que em outros ecossistemas brasileiros.

As metodologias empregadas neste trabalho produziram respostas coesas quanto à interferência da espécie *M. azedarach* sobre as variáveis analisadas nas espécies florestais, denominadas de espécies alvo. Adaptação de metodologias é essencial para aumentar as possibilidades de pesquisa em meio onde o investimento não é suficiente, como na adaptação do método plant-box utilizado neste trabalho, uma vez que os resultados obtidos são confiáveis em relação às metodologias mais tradicionais empregadas na maioria dos trabalhos.

Estes estudos do potencial alelopático de *M. azedarach* em indivíduos florestais de ocorrência na Caatinga são essenciais no processo de investigação, de forma que possa instigar a outros trabalhos que pretendam enveredar nesta área e trilhar um longo caminho no estabelecimento da ação citotóxica das espécies vegetais. Os ensaios realizados em laboratório neste trabalho são essenciais para que se possa inferir a possibilidade deste fenômeno estar ocorrendo no campo e fornecer dados úteis que subsidiem pesquisadores ou tomadores de decisão, sobre a introdução de espécies exóticas na Caatinga que tenham o potencial de se tornarem espécies invasoras.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUJA, N. et al. Eugenol-inhibited root growth in *Avena fatua* involves ROS-mediated oxidative damage. **Pesticides Biochemical Physiology**, v. 118, p. 64-70, 2014.
- AISAH, S.; SULISTIJORINI, S.; SETYAWATI, T. Allelopathy potential of *Alpinia malaccensis* (Burm. F.) Roxb. to invasive species *Merremia peltata* (L.) Merrill. **Journal of Tropical Life Science**, v. 8, p. 123-129, 2018.
- AKACHA, M.; BOUGHANMI, N. G.; HAOUALA, R. Effects of *Melia azedarach* leaves extracts on radish growth and oxidative status. **International Journal of Botany and Research**, v. 3, p. 29-42, 2013.
- ALBUQUERQUE, M. B. et al. Efeito do extrato aquoso das folhas de nim indiano (*Azadirachta indica*) sobre o crescimento inicial de indivíduos daninhos. **Gaia Scientia**, v. 9, p. 1-6, 2015.
- ALBUQUERQUE, M. B. et al. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 31, p. 379-395, 2011.
- ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de Caatinga no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, p. 273-285, 2002.
- AL-KHATIB, K.; LIBBEY, C.; BOYDSTON, R. Weed suppression with brassica green manure crops in green pea. **Weed Science**, v. 45, p. 439-445, 1997.
- ALVAREZ, I. A. et al. **Arborização urbana no semiárido: espécies potenciais da Caatinga.** Documentos 243, Embrapa Florestas, 2012, 29 p.
- ALVES, E. U. et al. Ácido sulfúrico na superação da dormência de unidades de dispersão de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). **Revista Árvore**, v. 30, p. 187-195, 2006.

AMINI, S. et al. Evaluation of allelopathic activity of 68 medicinal and wild plant species of Iran by sandwich method. **International Journal of Horticultural Science and Technology**, v. 3, p. 243-253, 2016.

ANDRADE, L. A. Invasão biológica na Caatinga e ecossistemas associados: um problema emergente. **Informativo ABRATES**, v. 24, p. 55-59, 2014.

ANGELINI, P. et al. Identification and bioactivity of the growth inhibitors in *Tuber* spp. methanolic extracts. **Plant Biosystems**, v. 149, p. 1000-1009, 2014.

ARALDI, D. B. **Interferência alelopática de extratos de *Haveneia dulcis* Thunb. na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan.** 2011. 218 f. Tese (Doutorado em Ciências florestais) - Centro de Ciências Rurais, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ARAÚJO, T. F. M. **Potencial alelopático de espécies arbóreas sobre a germinação e crescimento inicial do gergelim.** 2016. 33 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

ARAÚJO, S. A. C. et al. Usos potenciais de *Melia azedarach* L. (Meliaceae): um levantamento. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 141-148, 2009.

ARAÚJO, E. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Composição florística e fitossociológica de três áreas de Caatinga de Pernambuco. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, p. 595-607, 1995.

BAGAVATHY S.; XAVIER G.S.A. Effects of aqueous extract of *Eucalyptus globulus* on germination and seedling growth of sorghum. **Allelopathy Journal**, v. 20, p. 395-402, 2007.

BAIS, H. P.; KAUSHIK, S. Catechin secretion and phytotoxicity: fact, not fiction. **Communicative & Integrative Biology**, v. 3, p. 468-470, 2010.

BARBOSA-FILHO, J. M. et al. Plants and their active constituents from South, Central, and North America with hypoglycemic activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, p. 392-413, 2005.

BARKOSKY R. R.; EINHELLIG F. A. Allelopathic interference of plant-water relationships by parahydroxybenzoic acid. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 44, p. 53-58, 2003.

BENEDITO, C. P. et al. Dormancy overcoming, temperatures and substrates on germination of *Mimosa tenuiflora* Willd seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 125-134, 2017.

BFG - The Brazil Flora Group. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, p. 1085-1113, 2015.

BIBI, S. et al. Allelopathic effects of *Thuja orientalis* L. and *Melia azedarach* L. on seed germination of *Penisitum americanum* L. **International Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, p. 140-143, 2016.

BILDERBACK, D. E. Impatiens pollen germination and tube growth as a bioassay for toxic substances. **Environmental Health Perspectives**, v. 37, p. 95-103, 1981.

BIONDI, D.; REISSMANN, C. B. Estudo de amostragem para análise química foliar do dedaleiro (*Lafoensia pacari* St. Hill.) na arborização urbana. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, p. 601-604, 1992.

BOBADILLA, E. A. **Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción**. 2004. 118 f. Dissertação (Maestria em Tecnologia de Madera, Celulosa y Papel) - Universidad Nacional de Misiones, Misiones, 2004.

BORELLA, J.; PASTORINI, L. H. Influência alelopática de *Phytolacca dioica* L. na germinação e crescimento inicial de tomate e picão-preto. **Biotaemas**, v. 22, p. 67-75, 2011.

BORGES, E. E. L.; SILVA, G. F.; LOPES, E. S. Avaliação de substâncias alelopáticas em vegetação de uma floresta secundária. **Revista Árvore**, v. 18, p. 275-286, 1994.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biomassas brasileiras**, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomassas/caatinga>>. Acesso em: 20 maio 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Subsídios para a elaboração do plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Caatinga**. Brasília: MMA, 2011, 128 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária, MAPA/ACS. 2009, 395 p.

BRASIL. Lei Nº 9.985, de 18 julho de 2000. **Institui o sistema nacional de unidade de conservação da natureza**. Brasília, 2000, 16 p.

BRASIL. Decreto Nº 2, de 3 de fevereiro de 1994. Dispõe sobre a CDB. **Convenção da diversidade biológica 1992**. Diário Oficial da União, Brasília, 4 de fevereiro de 1994, s. 1, p. 1693.

CABEL, S. R. **Micropopulação do cinamomo (*Melia azedarach* L.)** 2006. 96 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CARVALHO, F. A.; JACOBSON, T. K. B. **Invasão de indivíduos daninhos no Brasil**: uma abordagem ecológica. In: Anais do I Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras, Brasília, DF, 2005, 19 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 4ed., 2012, 590 p.

CARVALHO, P. E. R. Espécies introduzidas alternativas às dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* para reflorestamento no Centro-Sul do Brasil. In: GALVÃO, A. P. M., coord. **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. EMBRAPA Florestas, p. 75-99, 1998.

CHAPIN III, F. S.. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, v. 405, p. 234-242, 2000.

CHON, S. U.; COUTTS, J. H.; NELSON, C. J. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 715-720, 2000.

CHON, S. U.; JENNINGS, J. A.; NELSON, C. J. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) autotoxicity: Current status. **Allelopathy Journal**, v. 18, p. 57-80, 2006.

CONABIO. Resolução CONABIO n. 5 de 21 de outubro de 2009. **Dispõe sobre a estratégia nacional sobre espécies exóticas invasoras**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/arquivos/resolucao_conabio05_estratgia_32a_nacional_especies_exoticas_invasoras_15.pdf. Acesso em: 10/07/2018.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia University Press, 1981, 1262 p.

DANTAS, D. A. et al. **Estudo fitoquímico dos frutos de *Melia azedarach* L. (Cinamomo, Meliaceae)**. In: Resumos do Encontro de Pesquisa e Iniciação Científica da UNIDERP, Campo Grande, MS, v. 2, p. 119-120, 2000.

DING, J. et al. Physiological basis of different allelopathic reactions of cucumber and figleaf gourd plants to cinnamic acid. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 3765-3773, 2007.

EHRENFELD, J. G. Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. **Ecosystems**, v. 6, p. 503-523, 2003.

EINHELLIG, F. A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 886-893, 1996.

FARIA, W. L. F. A. **Jurema preta (*Mimosa hostilis* Benth) como fonte energética do semiárido do Nordeste - carvão**. 1984. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

FARIAS, R. M. et al. Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, p. 160-165, 2013.

FERREIRA, C. D. et al. Fitossociologia do banco de sementes em diferentes estágios de regeneração natural de caatinga, Seridó paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, p. 301-318, 2016.

FERREIRA, W. N. et al. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 408-414, 2012.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Interferência**: competição e alelopatia. cap. 16. Germinação do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004, 324 p.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 175-204, 2000.

FIORENZA, M. et al. Análise fitoquímica e atividade alelopática de extratos de *Eragrostis plana* Nees (capim-annoni). **Iheringia, Série Botânica**, v. 71, p. 193-200, 2016.

FLORA DO BRASIL 2020 - Algas, fungos e plantas REFLORA - Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do;jsessionid=852A936D6D9DFEA64CAB3691B33A6486>. Acesso em: 10/08/2018.

FRANCO, O. L. et al. Plant α -amylase inhibitors and their interaction with insect α -amylases. **European Journal of Biochemistry**, v. 269, p. 397-412, 2002.

FREIRE, N. et al. **Meio ambiente no Brasil**. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC: origem, evolução, abrangência e distribuição espacial. Relatório parcial da pesquisa mapeamento e análise espectro temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no Bioma Caatinga, v. 2, 1ed., 2015, 20 p.

FUJII, Y. et al. Plant-box method: a specific bioassay to evaluate allelopathy through root exudates. In: FUJII, Y.; HIRADATE, S. (Edts.) **Allelopathy: News concepts and methodology**. Science Publisher. Enfield, USA, p. 39-56, 2007.

FUJII, Y. et al. Assessment method for allelopathic effect from leaf litter leachates. **Weed Biology and Management**, v. 4, p. 19-23, 2004.

FUJII, Y. et al. Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method. **Weed Biology and Management**, v. 3, p. 233-241, 2003.

GARDENER, M. R. et al. Plant invasions research in Latin America: fast track to a more focused agenda. **Plant Ecology & Diversity**, v. 5, p. 225-232, 2011.

GATTI, A. B.; PEREZ, S. C. J. G.; LIMA, M. I. S. Efeito alelopático de *Aristolochiae speranzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, p. 459-470, 2004.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 2000, 653 p.

GOETZE, M.; THOMÉ, G. C. H. Efeito alelopático de extratos de *Nicotiana tabacum* e *Eucalyptus grandis* sobre a germinação de três espécies de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, p. 43-50, 2004.

GOLDFARB, M.; PIMENTEL, L. W.; PIMENTEL, N. W. Alelopatia: relações nos agroecossistemas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, p. 23-28, 2009.

GUMILAR, R. A.; WIJAYANTO, N.; WULANDAR, A. S. Effect of *Azadirachta excelsa* and *Melia azedarach* extracts on soybean germination. **Nusantara Bioscience**, v. 9, p. 346-351, 2017.

GUPTA, J. J.; DOLEY, S.; BUJARBARUAH, K. M. Evaluation of forage based feeding system for rabbit production in northeastern region of India. **Indian Journal of Animal Nutrition**, v. 24, p. 216-218, 2007.

HADAS, A. Water update germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. **Journal Experimental of Botany**, v. 27, p. 480-489, 1976.

HIERRO, J. L.; CALLAWAY, R. M. Allelopathy and exotic plant invasion. **Plant and Soil**, v. 256, p. 29-39, 2003.

HOFFMANN, C. E. F. et al. Atividade alelopática de *Nerium oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott em sementes de *Lactuca sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, p. 11-21, 2007.

HUSSAIN, M. I.; REIGOSA, M. J. Allelochemical stress inhibits growth, leaf water relations, PSII photochemistry, non-photochemical fluorescence quenching, and heat energy dissipation in three C3 perennial species. **Journal of Experimental Botany**, v. 12, p. 1-13, 2011.

JANSEN, L. L.; CRONIN, E. H. *Halogeton* on trial. **Farm & Home Science**, v. 14, p. 38-39, 1953.

JUNIOR, C. H. et al. Effect of electric conductivity, ionic concentration and flow of nutrient solutions in the production of hidroponic lettuce. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n.4, p. 1142-1147, 2008.

KALINOVA, J.; TRISKA, J.; VRCHOTOVA, N. Occurrence of eugenol, coniferyl alcohol and 3,4,5- trimethoxyphenol in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and their biological activity. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 33, p. 1679-1685, 2011.

KEANE, R. M.; CRAWLEY, M. J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 17, p. 164-170, 2002.

KINGSBURY, J. M.; PRENTICE-HALL; CLIFFS, E. Poisonous plants of the United States and Canada. **Science**, v. 145, p. 1425-1426, 1964.

KUMAR, D.; THAKUR, N. S.; GUNAGA, R. P. Effects of leaf aqueous extract and leaf litter of *Melia composita* Willd. On black gram [*Vigna mungo* (L.) Hepper]. **Allelopathy Journal**, v. 41, p. 127-140, 2017.

LEÃO, T. C. C. et al. **Espécies exóticas invasoras no Nordeste do Brasil:** Contextualização, manejo e políticas públicas. Centro de pesquisas ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de desenvolvimento e conservação ambiental. Recife, PE. 2011, 99 p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil:** nativas e exóticas. Instituto Plantarum, 2ed., 2008, 544 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras.** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: 1992, 352 p.

MAIA, J. M. et al. Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma caatinga. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 41, p. 295-310, 2017.

MAIA, S. S. S. et al. Biological activity of extracts of species from Rio Grande do Norte in lettuce seeds. **Revista Verde**, v. 8, p. 169-173, 2013.

MAIA, G. N. **Caatinga:** árvores e arbustos e suas utilidades. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, 2012, 413 p.

MAJEED, A.; MUHAMMAD, Z.; AHMAD, H. Allelopathic effects of leaf extracts of three agroforestry trees on germination and early seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Azarian Journal of Agriculture**, v. 4, p. 69-73, 2017.

MAJEED, A.; CHAUDHRY, Z.; MUHAMMAD, Z. Allelopathic assessment of fresh aqueous extracts of *Chenopodium album* L. for growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, p. 165-167, 2012.

MALHOTRA, R. C. A new method of germination and the influence of hydrogen-ion concentration on the germination and growth of *Helianthus annuus* and *Lycopersicum esculentum*. **Journal Indian Botanical Society**, v. 9, p. 218-239, 1930.

McKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological Conservation**, v. 127, p. 247-260, 2006.

MEDEIROS, A. C. S.; EIRA, S. M. T. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas.** EMBRAPA Florestas, Colombo, PR, Circular Técnica 127, 2006, 13p.

MORAIS, R. R. **Potencial alelopático de espécies arbóreas sobre o crescimento inicial de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).** 26 p. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

MUHAMMAD, Z.; MAJEED, A. Allelopathic effects of aqueous extracts of sunflower on wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 46, p. 1715-1718, 2014.

MULATU, W.; GEZAHEGN, B.; BEFEKADU, B. Phytotoxic effects of multi-purpose tree species on germination and growth of *Parthenium hysterophorus* (L.). **International Journal Agricultural Research**, v. 6, p. 149-162, 2011.

MUNIZ, F. R. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho, feijão, soja e alface na presença de extrato de tiririca. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 195-204, 2007.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, SOUZA, A. C. **Coleta de sementes florestais nativas,** EMBRAPA Florestas, Colombo, PR, Circular Técnica 144, 2007, 11 p.

OJASTI, J. et al. **Estudio sobre el estado actual de las especies exóticas.** Obra suministrada por la Secretaría General de la Comunidad Andina. Caraca, 2001, 223 p.

OLIVEIRA, A. K. Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 41-47, 2014.

OLIVEIRA NETO, N. E.; FONSECA, C. R.; CARVALHO, F. A. Problema das espécies arbóreas exóticas comercializadas nos viveiros florestais: estudo de caso no município de Juiz de Fora, MG. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 11, p. 28-46, 2014.

OLIVEIRA, A. K. et al. Atividade alelopática de extratos de diferentes órgãos de *Caesalpinia ferrea* na germinação de alface. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1397-1403, 2012a.

OLIVEIRA, T. M., et al. Superação de dormência de sementes de mororó (*Bauhinia forficata* Linn.) **Scientia Plena**, v. 8, p. 1-5, 2012b.

OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino**. 2003. 122 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

OLOFSDOTTER, M.; JENSEN, L. B.; COURTOIS, B. Improving crop competitive ability using allelopathy - An example from rice. **Plant Breeding**, v. 121, p. 1-9, 2002.

PARMAR, A. G.; THAKUR, N. S.; GUNAGA R. P. *Melia dubia* Cav. leaf litter allelochemicals have ephemeral allelopathic proclivity. **Agroforestry Systems**, v. 92, p. 1-14, 2018.

PASTORINI, L. H.; TUR, C. M.; BORELLA, J. Alelopatia de extratos aquosos de cinamomo (*Melia azedarach* L. - Meliaceae) sobre a germinação e crescimento inicial do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. - Solanaceae). **Biotemas**, v. 25, p. 49-56, 2012.

PEBRIANI, L. R. Potensi ekstrak daun sembung rambat (*Mikania micrantha* H. B. K) sebagai bioherbisida terhadap gulma maman ungu (*Cleome rutidosperma* D. C) dan Rumput Bahia (*Paspalum notatum* Flugge). **Journal Protobiont**, v. 2, p. 32-38, 2013.

PEREIRA, A. M.; ALMEIDA, M. I. S. Degradação ambiental e desertificação no semiárido mineiro: um estudo sobre o município de espinhosa (MG). **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-16, 2011.

PEREIRA, J. M. et al. Correlação entre o teor de tanino e a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret tratada com hidróxido de sódio. **Livestock Research for Rural Development**, v. 17, p. 91, 2005.

PÉREZ-CORONA, M. E.; HERAS, P.; ALDANA, V. Allelopathic potential of invasive *Ulmus pumila* on understory plant species. **Allelopathy Journal**, v. 32, p. 101-112, 2013.

PHUWIWAT, W. et al. Inhibitory effects of *Melia azedarach* leaf extracts on seed germination and seedling growth of two weed species. **Pakistan Journal of Weed Sciences Research**, v. 18, p. 485-492, 2012.

QASEM J. R. Allelopathic potential of White top and Syrian sage on vegetable crops. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 64-71, 2001.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Universidade Estadual de Feira de Santana/Royal Botanic Gardens, Kew/Associação Plantas do Nordeste, Feira de Santana, 2009, 443 p.

RANA, M. A.; SANTANA, D. G. Delineamento experimental. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p. 189-196, 2004.

REIGOSA, M. J.; PEDROL, N. **Allelopathy: from molecules to ecosystems**. New York: Science Publishers, 2002. 316 p.

REZAEINODEHI A. et al. Allelopathic potential of tea (*Camellia sinensis* (L) Kuntze) on germination and growth of *Amaranthus retroflexus* L and *Setaria glauca* (L) P Beauv. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 20, p. 447-454, 2006.

RICE, E. L. **Allelopathy**. New York, Academic Press, 1984, 368 p.

SAITO, M. L.; LUCHINI, F. **Substâncias obtidas de plantas e a procura por praguicidas eficientes e seguros ao meio ambiente.** Jaguariúna: EMBRAPA/CNPMA, 1998, 46 p.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, p. 32-49, 2013.

SANTOS, W. S. et al. Análise florística-fitossociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, p. 203-211, 2017.

SANTOS, A. R.; BERGALLO H. G.; ROCHA C. F. D. Paisagem urbana alienígena. **Ciência Hoje**, v. 41, p. 68-73, 2008.

SEFFRIN, R. C. A. S. et al. Extratos aquosos de frutos verdes de *Melia azedarach* L. var. *azedarach*: Investigação da presença de cianeto e avaliação toxicológica. **Biotemas**, v. 21, p. 143-147, 2008.

SEIFFERT-SANINE, M. **Estudos de alguns aspectos de germinação e bioquímicos de sementes de *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., sob diferentes condições de armazenamento.** 2006. 69 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" - Instituto de Biociências, Botucatu, 2006.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. L. S. L.; ALBUQUERQUE, R. C. **Alelopatia de plantas daninhas sobre mamona.** In: ANAIS DO 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, Aracaju, 2008, CD-ROM.

SHAPLA, T. L. et al. Allelopathic effects of multipurpose tree species *Melia azedarach* with emphasis on agricultural crops. **Journal of Innovation and Development strategy**, v. 5, p. 70-77, 2011.

SHINWARI, M. I. et al. Evaluation of phytodiversity for allelopathic activity and application to minimize climate change impact: japanese medicinal plants. **Pakistan Journal of Botany**, v. 49, p. 139-144, 2017.

SILVA, F. M.; AQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 61-69, 2006.

SOUZA, V. F. O. et al. Levantamento etnobotânico da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, p. 46-55, 2018.

SOUZA, E.; ZAMPAR, R. Potencial alelopático de espécies vegetais exóticas do Parque Estadual Lago Azul, Campo Mourão-PR. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, v. 11, p. 61-70, 2016.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e desertificação. **Revista Mercator**, v. 14, p. 131-150, 2015.

SOUZA, C. A. A. **Superação de dormência em sementes de jurema preta (*Mimosa hostilis* Benth).** In: Anais da XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão - JEPEX, Recife, 2013, CD-ROM.

SOUZA, C. S. M. et al. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira na germinação de sementes de alface. **Revista Verde**, v. 2, p. 96-100, 2007.

SOUZA, R. C. C. L.; CALAZANS, S. H.; SILVA, E. P. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. **Ciência e Cultura**, v. 61, p. 35-41, 2009.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, v. 1, p. 181-188, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ed., Porto Alegre: Artmed, 2013, 954p.

TECHER, D. et al. Allelopathic potential and ecotoxicity evaluation of gallic and nonanoic acids to prevent cyanobacterial growth in lentic systems: A preliminary mesocosm study. **Science of the Total Environment**, v. 547, p. 157-165, 2016.

TERRONES, M. G. H. et al. Estudo fitoquímico e alelopático do extrato de caule de sucupira-branca (*Pterodon emarginatus*). **Planta Daninha**, v. 25, p. 755-762, 2007.

THAKUR, N. S. et al. Allelopathic influence of leaf and leaf litter of white cedar (*Melia azedarach* L.) on eggplant and okra. **Allelopathy Journal**, v. 42, p.295-305, 2017.

THOMAZINI, A. P. B. W.; VENDRAMIN, J. D.; LOPES, M. T. R. Extratos aquosos de *Trichilia pallida* e a traça-do-tomateiro. **Scientia Agrícola**, v. 17, p. 13-17, 2000.

VAZ, A. M. S. F.; TOZZI, A. M. G. A. Sinopse de *Bauhinia* sect. *Pauletia* (Cav.) DC. (Leguminosae: Caesalpinoideae: Cercideae) no Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, p. 477-491, 2005.

VENSON, I. **Estudio de las propiedades de la madera de *Melia azedarach* L.** 2003. 119 f. Dissertação (Maestro em Ciência de Productos Forestalis) - Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 2003.

WANG, M. D. et al. Lauric acid and 2, 6-ditertbutyl phenol, two major allelochemicals from *Rehmannia glutinosa* inhibiting the germination of succeeding crop *Sesamum indicum*. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, p. 8672-8678, 2010.

WEBBER, C. L.; SHREFLER, J. W.; TAYLOR, M. J. Adjuvants affect duckweed (*Lemna minor*) control with pelargonic acid. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, p. 1-8, 2014.

WILLIS, R. J. **The history of allelopathy**. New York: Springer Verlag, 2010, 330p.

WINK, M. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. **Phytochemistry**, v. 64, p. 3-19, 2003.

WORDELL, J. A.; CHIARADIA, L. A (Orgs.). **A cultura do milho em Santa Catarina**. Epagri: Florianópolis 3ed., 2016, 400 p.

ZALBA, S. M. Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras. **Natureza & Conservação**, v. 5, p. 8-15, 2007.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, p. 731-446, 2011.

ZILLER, S. R.; DECHOUM, M. S. Plantas e vertebrados exóticos invasores em unidades de conservação no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, p. 4-31, 2013.

ZILLER, S. R.; ZALBA, S.; ZENNI R. D. **Modelo para o desenvolvimento de uma estratégia nacional para espécies exóticas invasoras**. Programa global de espécies invasoras - GISP, 2007, 62 p.

ZILLER, S. R. Manejo adaptativo de espécies exóticas invasoras: colocando a teoria em prática. **Natureza & Conservação**, v. 5, p. 16-22, 2007.