



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

LUANA LIMA GUIMARÃES

**O PAPEL DA DIVERSIDADE FUNCIONAL SOBRE A PRODUTIVIDADE E
INTERAÇÕES EM ESPÉCIES DE PLANTAS ARBÓREAS DA CAATINGA**

FORTALEZA

2019

LUANA LIMA GUIMARÃES

O PAPEL DA DIVERSIDADE FUNCIONAL SOBRE A PRODUTIVIDADE E
INTERAÇÕES EM ESPÉCIES DE PLANTAS ARBÓREAS DA CAATINGA

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-graduação em Ecologia e
Recursos Naturais, da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do grau de mestre em Ecologia.
Área de Concentração: Ecologia e Recursos
Naturais

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roberta Boscaini
Zandavalli

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G979p Guimarães, Luana Lima.

O papel da diversidade funcional sobre a produtividade e interações em espécies de plantas arbóreas da caatinga / Luana Lima Guimarães. – 2019.

39 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Roberta Boscaini Zandavalli.

1. Identidade de espécies. 2. Interações interespecíficas. 3. Coexistência. I. Título.

CDD 577

LUANA LIMA GUIMARÃES

O PAPEL DA DIVERSIDADE FUNCIONAL SOBRE A PRODUTIVIDADE E
INTERAÇÕES EM ESPÉCIES DE PLANTAS ARBÓREAS DA CAATINGA

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-graduação em Ecologia e
Recursos Naturais, da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do grau de mestre em Ecologia.
Área de Concentração: Ecologia e Recursos
Naturais

Aprovada em: 10/04/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Roberta Boscaini Zandavalli (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Arlete Aparecida Soares
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, aos meus pais e minha irmã com
todo o meu amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por cuidar de cada detalhe da minha vida e me mostrar que tudo acontece da melhor forma possível e atender a todos os desejos do meu coração.

Aos meus pais Vera e Valderez, que são tudo na minha vida, por todo o amor, cuidado, proteção, dedicação e paciência comigo durante todos os dias da minha vida. Por ter me ensinado os melhores valores, por sempre estarem ao meu lado e por acreditarem em mim. É tudo por vocês!

A minha irmã Lívia por fazer eu sentir que nunca estarei sozinha no mundo enquanto ela existir.

Ao meu noivo Elton por ser o melhor companheiro que eu poderia encontrar, por todo o amor, cuidado, paciência e compreensão nos meus momentos de estresses durante essa jornada. Obrigada por ser minha tranquilidade no meio de tanta bagunça e nunca soltar minha mão.

A minha família, avó e avô, tios e tias, primos e primas que sempre me apoiaram.

Aos amigos que conheci ao longo da minha vida e que não largo nunca mais: Morgana, Amanda, Nádylla, Vanessa, Camila, Luan e Rachel, obrigada pela amizade, pelos momentos felizes, e por toda ajuda concedida. Em especial a Bline, Cibele e Andressa, por serem meu apoio e ponto de equilíbrio durante essa jornada, por escutar meus medos, minhas reclamações, por me proporcionar momentos maravilhosos e por serem anjos na minha vida. Vocês são muito importantes para mim!

A melhor turma que o PPGERN já teve: Lucas, Monica, Hélio, Robson, Xavier, James, Margarida, Gabi, Sergio e Fred. Obrigada por tornar essa caminhada mais leve, pelos momentos de descontração, e ajuda durante esses 2 anos. Foi menos difícil porque tinha vocês!

A James e Xavier, meus parceiros do começo ao fim. Que sorte eu tive! Obrigada por todo o cuidado, pela ajuda e pela parceria. Se não fosse vocês eu não teria conseguido.

A todos os integrantes do laboratório de interações vegetais, por cada ajuda concedida, perturbei demais vocês! Em especial ao Felipe.

A minha orientadora Roberta por ao mesmo tempo que soltou minha mão também segurou ela. Eu cresci demais!

A todos que fazem parte do PPGERN, aos professores, aos membros da minha banca de qualificação que em algum momento contribuíram para a conclusão desse trabalho. Em especial ao Bruno Cruz, não tenho palavras para descrever o quanto sua ajuda significou para mim.

A CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de Mestrado (código de financiamento: 001)

Por fim a todos que de alguma forma me ajudaram, me deram força e me fizeram acreditar mais em mim. Sou eternamente grata!

“A vida não é sobre metas, conquistas ou linhas de chegada, é sobre quem você se torna durante a caminhada”

RESUMO

No estudo de ecologia de comunidades, as interações biológicas, são processos ecológicos chave que influenciam na montagem da comunidade. Dessa forma, o tipo e intensidade das interações entre as plantas em uma comunidade, onde as plantas podem competir ou se complementar em relação à aquisição e investimento de recursos está ligada a produtividade do sistema que por sua vez esta pode ser influenciado pela diversidade funcional das espécies. O presente estudo verificou qual a influência da diversidade funcional sobre as interações das espécies e a produtividade em sistemas controlados. Foi simulado moitas de vegetação em ambientes iniciais da Caatinga onde tivemos como espécies alvos *Anadenanthera colubrina* e *Mimosa caesalpinifolia* e como espécies vizinhas *Libidibia ferrea* e *Amburana cearensis*. Foi analisada biomassa seca, calculado o índice de interações entre as plantas (LNRR) e o rendimento relativo (RY). Nós hipotetizamos que a alta diversidade funcional e as interações positivas iriam aumentar a produtividade. Encontramos que a alta diversidade funcional não necessariamente está relacionada com uma alta produtividade, pois a identidade funcional das espécies envolvidas é fator chave para as interações e como consequência, para a produtividade. Vimos que mesmo que as espécies focais sejam do mesmo grupo funcional suas espécies vizinhas (*Libidibia ferrea* e *Amburana cearensis*) tiveram uma maior produção de biomassa quando estava associada com a espécies focal *Mimosa caesalpinifolia*. Isso nos diz que provavelmente a identidade dessa espécie como focal proporcionou uma maior produtividade nos nossos sistemas. A *Amburana cearensis* foi a espécie vizinha que conseguiu obter uma superprodução em misturas do que sozinha e que experimentou de interações de facilitação (quando associada com a espécies focal *Mimosa caesalpinifolia*). Diante disso nós propomos que estudos futuros sejam realizados, principalmente em campo, de misturas com associação de *Mimosa caesalpinifolia* e *Amburana cearensis*, pois esse sistema poderia ser um bom potencial para recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Identidade de espécies. Interações interespecíficas. Coexistência.

ABSTRACT

In the study of community ecology, biological interactions are key ecological processes that influence the assembly of the community. Thus, the type and intensity of interactions between plants in a community where plants can compete or complement each other in relation to the acquisition and investment of resources is linked to the productivity of the system which in turn can be influenced by the functional diversity of species. The present study verified the influence of functional diversity on species interactions and productivity in controlled systems. It was simulated clumps of vegetation in early environments of the Caatinga where we had as target species *Anadenanthera colubrina* and *Mimosa caesalpinifolia* and as neighboring species *Libidibia ferrea* and *Amburana cearensis*. Dry biomass was analyzed, calculating the interaction index between plants (LNRR) and relative yield (RY). We hypothesized that high functional diversity and positive interactions would increase productivity. We found that high functional diversity is not necessarily related to high productivity, because the functional identity of the species involved is a key factor for interactions and, as a consequence, for productivity. We have seen that even if the focal species are of the same functional group their neighboring species (*Libidibia ferrea* and *Amburana cearensis*) had a higher biomass production when it was associated with the focal species *Mimosa caesalpinifolia*. This tells us that probably the identity of this species as focal has provided greater productivity in our systems. *Amburana cearensis* was the neighboring species that managed to obtain an overproduction in mixtures than alone and which experienced facilitation interactions (when associated with the focal species *Mimosa caesalpinifolia*). In view of this, we propose that future studies be carried out, especially in the field, on mixtures with *Mimosa caesalpinifolia* and *Amburana cearensis*, as this system could be a good potential for recovery of degraded areas and conservation of biodiversity.

Keywords: Species Identity. Interspecific Interactions. Coexistence.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Foto da bandeja de germinação das espécies em estudo e do experimento montado na casa de vegetação..... 20
- Figura 2 - Esquema de plantio em vaso segundo o modelo focal-vizinha..... 21
- Figura 3 - Biomassa por partes da planta dos indivíduos das espécies *L. ferrea* e *A. cearensis* cultivados em tratamentos de alta e baixa diversidade funcional e com *A. colubrina* e *M. caesalpinifolia* como espécies focais após 120 dias de cultivo..... 25
- Figura 4 - Biomassa total das espécies *L. ferrea* e *A. cearensis* cultivados em tratamentos de alta e baixa diversidade funcional com *A. colubrina* e *M. caesalpinifolia* como espécies focais após 120 dias de cultivo..... 26
- Figura 5 - Índice de interação entre plantas das espécies vizinhas *L. ferrea* e *A. cearensis* cultivadas nos tratamentos de alta e baixa diversidade funcional..... 27
- Figura 6 - Rendimento relativo das espécies vizinhas *L. ferrea* e *A. cearensis* cultivadas nos tratamentos de alta e baixa diversidade funcional..... 28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Grupos funcionais fenológicos da caatinga, decíduas precoces de alta densidade de madeira (EDHWD), decíduas tardias de alta densidade de madeira (LDHWD) e decíduas de baixa densidade de madeira (DLWD)..... 19
- Tabela 2 - Análise de variância para dois fatores (Anova Two Way) da biomassa por partes da planta das espécies associadas *L. ferrea* e *A. cearensis*... 25
- Tabela 3 - A Análise de variância para dois fatores (*Anova Two Way*) da biomassa total, índice de interação entre plantas (LNRR) e rendimento relativo (RY) das espécies associadas *L. ferrea* e *A. cearensis*..... 28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	MATERIAL E MÉTODOS	18
2.1	A Caatinga.....	18
2.2	Seleção de espécies e germinação.....	18
2.3	Área de estudo.....	20
2.4.	Delineamento experimental.....	21
2.5	Biomassa.....	22
2.6	Rendimento relativo (RY).....	22
2.7	Índice de interação (LNRR).....	23
2.8	Análise estatística.....	23
3	RESULTADOS	24
3.1	Alocação de biomassa das espécies vizinhas.....	24
3.2	Biomassa total das espécies vizinhas.....	25
3.3	Índice de interação entre as espécies (LNRR).....	26
3.4	Rendimento relativo (RY).....	27
4	DISCUSSÃO	29
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A teoria de “regras de montagem de comunidades”, prediz que na formação das comunidades existem regras (definidas por diferentes filtros) que atuam restringindo as espécies que irão permanecer nela (BOOTH; LARSON, 1999). Em uma escala local, dois filtros determinam a ocorrência das espécies: o filtro biótico e o filtro abiótico. A competição seria o principal filtro biótico, enquanto que as condições físicas ambientais seriam o filtro abiótico (WEBB *et al.*, 2002, CAVENDER-BARES *et al.*, 2009).

Os resultados da ação dos filtros na estruturação da comunidade podem ser variados. A filtragem abiótica pode gerar um agrupamento filogenético por manter espécies próximas filogeneticamente. Se a conservação de traços existe, espécies próximas coocorrem, já que possuem adaptações semelhantes, e por isso resistem às condições ambientais (filtro). Por outro lado, a filtragem biótica atua no sentido de afastar as espécies mais semelhantes, e se houver conservação de traços, as espécies da comunidade serão distantes filogeneticamente. Nesse caso, ocorre a dispersão filogenética, quando as espécies nas comunidades estão menos relacionadas filogeneticamente (WEBB *et al.*, 2002; CAVENDER-BARES *et al.*, 2009).

Entretanto, a teoria da coexistência muda às expectativas quanto das abordagens filogenéticas para estruturação de comunidades. A coexistência de espécies em comunidades é conduzida pela diferença de nicho e por diferentes habilidades competitivas. As diferenças de nicho estabilizadoras são as diferenças de espécies que causam efeitos intraespecíficos para exceder os efeitos interespecíficos, e esperam-se que surjam das diferenças de espécies no uso de recursos, suas respostas a um ambiente heterogêneo ou interações com consumidores especializados, entre outros fatores potenciais (CHESSON, 2000; MAYFIELD; LEVINE, 2010; HILLERISLAMBERS *et al.*, 2012; ADLER *et al.*, 2013). Além disso, outros processos, incluindo facilitação (VALIENTE-BANUET; VERDU, 2007) e estocasticidade demográfica (HUBBELL, 2001), podem ainda modificar padrões de relação nas comunidades.

As interações bióticas são processos ecológicos chave que influenciam a composição da comunidade (CALLAWAY, 2007) e resultam em efeitos negativos e positivos. A intensidade e o tipo dessas interações determinam a produtividade da

comunidade (HOOPER *et al.*, 2005; LAMB *et al.*, 2011; MILLER, T. E, 1997; MISCHKOLZ *et al.*, 2016; SHEEHAN *et al.*, 2006; TRENBATH, 1974a).

A competição e a facilitação são dois processos chaves nessa composição (BU *et al.*, 2013) podendo variar dependendo de perturbações, ciclo de vida, identidade das espécies, interações com os vizinhos e estresse abióticos (CALLAWAY, 2007; GÓMEZ-APARICIO, 2009)

A competição ocorre quando os efeitos negativos de plantas sobre as outras prevalecem na obtenção de recursos abióticos, como luz, espaço, água e nutrientes (PADILLA; PUGNAIRE, 2006). A limitação de recursos leva à redução da produtividade do sistema, ou mesmo à limitação de espécies se houver uma grande disparidade nas suas habilidades competitivas (MISCHKOLZ *et al.*, 2016).

Por outro lado, a facilitação é uma interação positiva na qual a presença de uma planta reduz a adversidade ambiental experimentada pelos vizinhos (JANKJU, 2013), levando ao aumento do crescimento, do recrutamento e da reprodução das espécies favorecidas (HIERRO; COCK, 2013). Essas interações positivas ou complementares ocorrem por combinações de características diferentes ou funções que beneficiam o sistema, aumentando sua produtividade (CALLAWAY, 1995; HOOPER *et al.*, 2005; BROOKER *et al.*, 2008; COMAS *et al.*, 2011) diversificando nichos e promovendo assim a coexistência de espécies ecologicamente diferentes (VALIENTE-BANUET E VERDÚ, 2013, 2007; CASTILLO *et al.*, 2010).

Combinações de diferentes grupos funcionais e/ou espécies podem aumentar a produtividade, estabilizando a comunidade de plantas através da complementariedade no uso de recursos (BROOKER *et al.* 2008; HOOPER *et al.*, 2005; MISCHKOLZ *et al.*, 2016; PICASSO *et al.*, 2008; SPEHN *et al.*, 2005; TILMAN *et al.*, 2001; WEIGELT *et al.*, 2009). A produtividade da comunidade e o funcionamento do ecossistema pode ser alterado pela perda ou ganho de tipos funcionais pois assim ocorre a alteração do fluxo de energia e fornecimento de recursos (REICH *et al.*, 2012). A diversidade funcional abrange a variedade de características funcionais possuídas pela biota de um ecossistema (WRIGHT *et al.*, 2006) e é provavelmente o componente da biodiversidade mais relevante para o seu funcionamento (HOOPER, D. U.,1997; TILMAN *et al.*, 1997;

DIAZ; CABIDO, 2001; HOOPER *et al.*, 2002; NAEEM; WRIGHT, 2003; REICH *et al.*, 2004; PETCHEY; GASTON, 2006).

Estudos baseados em grupos funcionais estão aumentando nos últimos anos e destacando a importância dos traços funcionais no direcionamento das interações ecológicas (GROSS *et al.*, 2007; KRAFT *et al.*, 2008; FRENETTE-DUSSAULT *et al.*, 2013; ADLER *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2015). Esses estudos são importantes, pois podem contribuir para a conservação da diversidade e dos serviços do ecossistema, além de poder contribuir também para a construção de modelos de como as mudanças nas distribuições de biomas resultantes de mudanças ambientais globais podem afetar a circulação de energia e materiais no nível ecossistêmico (DIAZ; CABIDO, 2001).

As presenças dos traços e as interações bióticas são mais influentes do que os fatores ambientais na dinâmica da comunidade vegetal (SOLIVERES *et al.*, 2015). Por isso compreender também as interações interespecíficas é muito importante, pois essas informações são úteis para elaboração de projetos de manejo e preservação do ecossistema (FRENETTE-DUSSAULT *et al.*, 2013).

Recentemente o mecanismo de facilitação foi reconhecido como um fenômeno constante na montagem da comunidade, especialmente nas regiões áridas e semiáridas (FILAZZOLA; LORTIE, 2014). Portanto, a introdução e manejo das plantas facilitadoras ou complementares pode ser uma técnica chave para o gerenciamento de áreas degradadas (PADILLA; PUGNAIRE, 2006), já que podem ajudar na regeneração de plântulas e aumentar a resiliência do sistema ao distúrbio ambiental (HOLMGREN; SCHEFFER, 2001; FLORES; JURADO, 2003) podendo ser fundamental para manter a produtividade, particularmente em ambientes severos (CHOLER *et al.*, 2001; MAESTRE *et al.* 2005; CALLAWAY, 2007; COMAS *et al.*, 2011).

Neste estudo, nosso objetivo principal foi verificar qual a influência da diversidade funcional sobre a interação das espécies e produtividade em ecossistemas. Para isso quantificamos a biomassa final dos indivíduos nos tratamentos, calculamos o índice de interação entre as espécies com a finalidade de observar se estava ocorrendo interações de competição ou facilitação e por fim calculamos o rendimento relativo das espécies vizinhas com a finalidade de observar se a produtividade era maior quando estavam sozinhas ou em misturas. Especificamente, estudamos três tópicos principais

com o objetivo final de responder as seguintes questões: (i) Nos tratamentos de alta diversidade funcional as espécies vizinhas são mais produtivas do que no tratamento de baixa diversidade independente da espécie focal? (ii) Nos tratamentos de baixa diversidade funcional, as espécies vizinhas experimentam de interações de competição em ambas as espécies focais? (iii) A identidade da espécie focal influencia na produtividade das espécies vizinhas? (iv) A espécies vizinhas tem uma maior produtividade quando estão sozinhas ou em misturas?

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 A Caatinga

A Caatinga é considerada uma Floresta Tropical Seca (MILES *et al.*, 2006) e representa o tipo de vegetação semiárida tropical de maior extensão na América do Sul apresentando uma grande diversidade de espécies vegetais, inclusive endêmicas. A vegetação de Caatinga recobre a região semiárida brasileira, com extensão territorial de aproximadamente 800.000 km², compreendendo cerca de 80% do Nordeste brasileiro e 11% do território nacional (SANTOS *et al.*, 2012). A precipitação média da região é de 750 mm ano⁻¹, podendo um único mês registrar até 70% do total anual (ANDRADE *et al.*, 2010). É uma região caracterizada por altas taxas de evapotranspiração, ocorrências de período de seca, solos rasos e reduzida capacidade de retenção de água. Todos esses fatores refletem a fragilidade desse ecossistema (SILVA *et al.*, 2009). A estabilidade, a capacidade de regeneração e a permeabilidade do solo desse bioma, encontram-se bastante prejudicadas pela supressão da vegetação em grandes extensões devido aos diversos tipos de ações antrópicas (BRASIL, 2011). CASTELLETTI *et al.* (2004) em sua avaliação da perda e degradação desse bioma verificou que entre 30,4% e 51,7% da Caatinga foi alterada por atividades humanas. Além disso, na região na qual está inserida a caatinga (semiárido brasileiro) a seca estende-se de 7 a 10 meses, podendo ficar até 12 meses sem chover em certas regiões (BRASIL, 2011) o que pode intensificar esse processo de degradação.

2.2 Seleção de espécies e germinação

Todas as espécies desse estudo foram escolhidas com base nos grupos funcionais de OLIVEIRA *et al.* (2015) (Tabela 1). As espécies focais escolhidas foram: *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá) e *Anadenanthera colubrina* (Angico). E as espécies associadas foram: *Libidibia ferrea* (Jucá) e *Amburana cearensis* (Cumaru).

Tabela 1 - Grupos funcionais fenológicos da caatinga, decíduas precoces de alta densidade de madeira (EDHWD), decíduas tardias de alta densidade de madeira (LDHWD) e decíduas de baixa densidade de madeira (DLWD).

Grupos funcionais	Nome popular	Nome científico	Familia
EDHWD	Sabiá	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (Benth)	Fabaceae
	Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae
LDHWD	Jucá	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	Fabaceae
DLWD	Cumarú	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Smith	Fabaceae

Fonte: da autora

Mimosa caesalpinifolia é uma planta pioneira, decídua, heliófita, com ocorrência preferencial em solos profundos, tanto em formações primárias quanto secundárias. É uma espécie de crescimento rápido e com alta capacidade de rebrota e utilizado como cerca viva, por ser pioneira, sendo ideal para recomposição de áreas degradadas (LORENZI, 2000; MAIA-SILVA *et al.*, 2012).

Anadenanthera colubrina é uma árvore que tem preferência por solos profundos com boa drenagem, e é encontrada em quase todo o Brasil (COSTA *et al.*, 2002). Espécie decídua, heliófita e pioneira, característica da mata secundária de regiões acima de 400m de altitude (LORENZI, 1992)

Libidibia ferrea é uma árvore que apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo no leste do Brasil e no Nordeste, na vegetação de Caatinga, onde é uma espécie secundária inicial e com grande variabilidade morfológica (LEWIS, 2005; QUEIROZ, 2009). Também tem grande importância ecológica, como forrageira e abrigo para animais silvestres, e fornece proteção contra erosão e melhora do solo (MAIA, 2004).

Amburana cearensis é uma árvore de porte médio, com tronco avermelhado que ocorre na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. É uma espécie pioneira muito importante em reflorestamentos de áreas degradadas (MAIA-SILVA *et al.*, 2012)

Todas as sementes foram colocadas para germinar em bandejas de isopor com uma mistura de solo + húmus + vermiculita na proporção de 1:1:1 (Figura 1A).

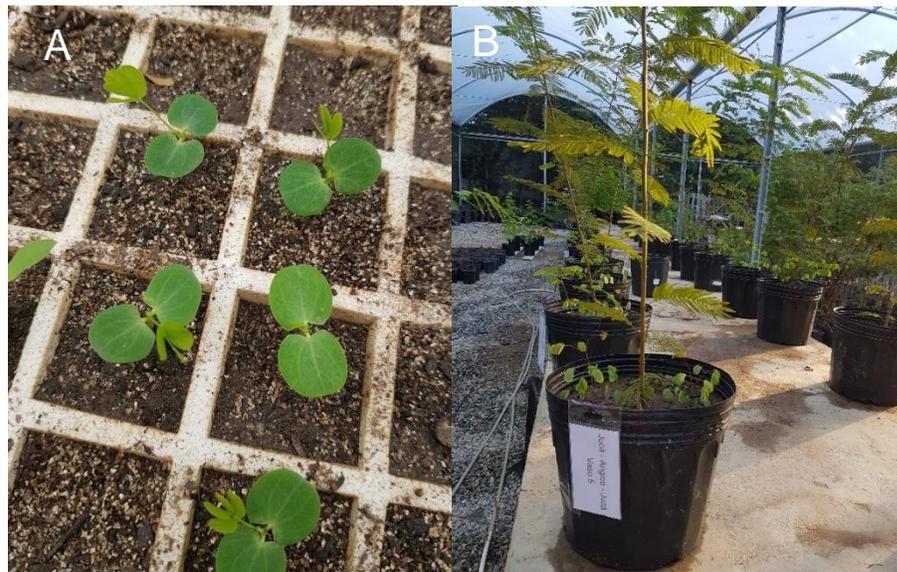
A. colubrina foi à única que não teve tratamento para quebra de dormência. Para as sementes de *M. caesalpinifolia* foi utilizado o tratamento de 5 min em ácido

sulfúrico (MEDEIROS, 2001). E para sementes de *L. ferrea* e *A. cearensis* foi utilizado escarificação mecânica com lixa de 80 (LOUREIRO *et al.*, 2013). Após a escarificação as sementes de *L. ferrea* foram deixadas durante 24h em água (DANTAS *et al.*, 2015) e as sementes de *A. cearensis* foram mergulhadas em uma mistura de água + hipoclorito de sódio (com teor de cloro de 2% a 2,5% p/p) em uma proporção de 9:1 antes de serem colocadas para germinar. Através desses métodos foram obtidas taxas de germinação superiores a 50% para todas as espécies.

2.3 Área de estudo

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, que está localizada na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici em Fortaleza – CE (3°44'41.3"S e 38°34'25.6"W) (Figura 1B). O clima local, na classificação de Köppen, é tropical (As) e semiárido (BSh) (ALVARES *et al.*, 2013). No período de execução do trabalho (dezembro de 2017 a outubro de 2018) a temperatura mínima foi de 23.8°C e a temperatura máxima foi de 38°C

Figura 1 - A: Foto da bandeja de germinação das espécies em estudo. B: Foto do experimento montado na casa de vegetação localizada na UFC, no Jardim experimental no bloco didático.



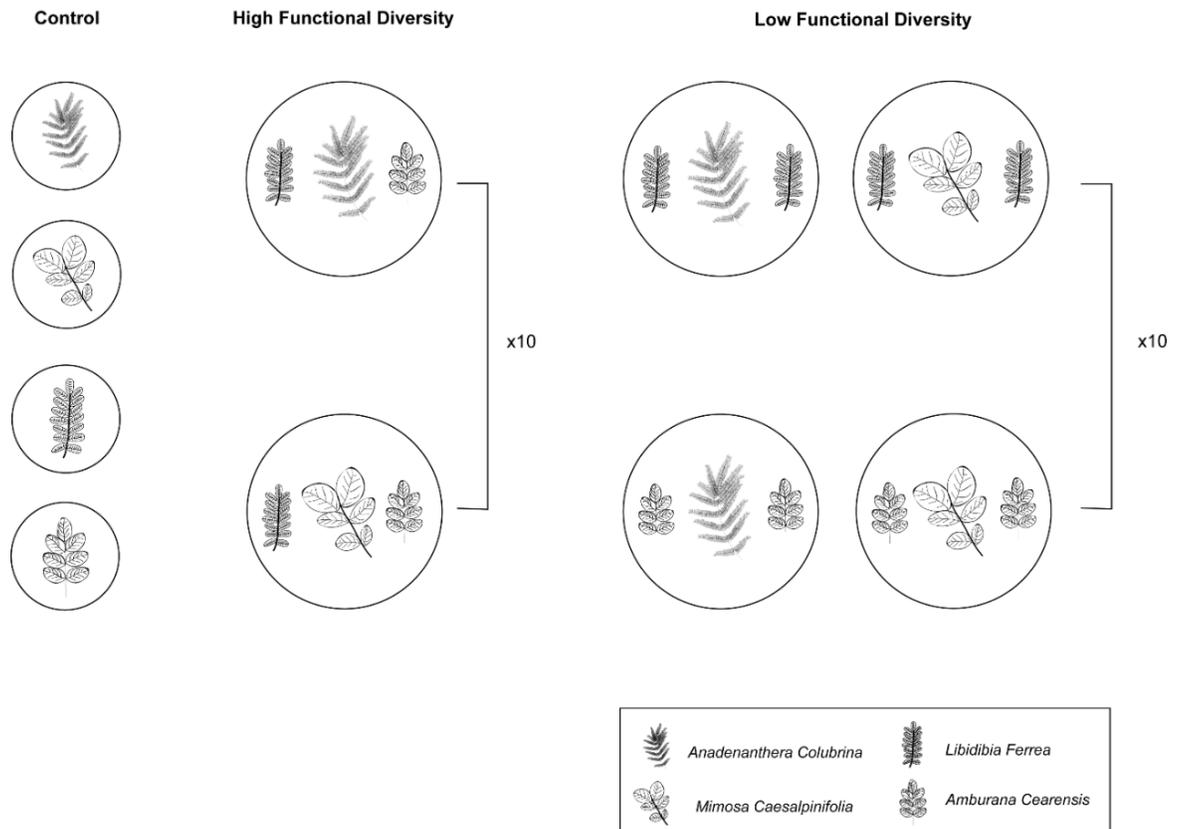
Fonte: a autora

2.4 Delineamento experimental

O experimento simulou moitas de vegetação em ambientes iniciais da Caatinga. Utilizamos o modelo focal-vizinha. Nesse modelo temos o crescimento de um indivíduo, uma espécie "alvo" (focal), com diferentes associadas "vizinhos", que pode ser da mesma espécie ou de espécie diferente (GIBSON *et al.*, 1999).

O experimento teve 3 tratamentos para cada espécie focal. 1 tratamento controle onde cada espécie (tanto focal como vizinha) foi cultivada sozinha. 1 tratamento de baixa diversidade onde teve a espécie focal mais duas vizinhas da mesma espécie e 1 tratamento de alta diversidade onde teve a espécie focal mais duas vizinhas de espécies diferentes. Cada tratamento foi replicado 10 vezes totalizando 100 vasos (Figura 2).

Figura 2 - Esquema de desenho experimental: plantio em vasos de acordo com o modelo focal vizinha. *Anadenanthera colubrina* e *Mimosa caesalpinifolia* são as espécies focais e *Libidibia ferrea* e *Amburana cearensis* são as espécies vizinhas



Inicialmente foram colocadas para germinar as sementes das espécies focais. Após 1 mês as mudas foram transplantadas para vasos de 11 L com uma mistura de solo + húmus na proporção de 2:1 e então foram cultivadas durante 3 meses para se estabelecerem. Após esse período as espécies vizinhas foram transplantadas para os vasos onde as espécies focais já estavam e foi quando começamos a coleta de dados. A diferença de tempo no transplante entre focal e vizinhas foi escolhido para que assim o experimento se aproximasse mais da relação observada em campo nas moitas de vegetação. O experimento durou mais 4 meses totalizando 7 meses.

O solo utilizado na mistura para o cultivo das espécies, foi o solo da fazenda experimental vale do Curu da Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste/CE a fim de simular ao máximo as condições naturais, pois todas as espécies utilizadas nesse estudo ocorrem nessa área.

2.5 Biomassa

A análise de biomassa foi obtida através dos pesos secos dos indivíduos de cada tratamento, sendo realizada após o desmonte do experimento. Onde, para cada indivíduo, foi separada a parte aérea (folha e caule) e a parte subterrânea (raiz lateral e raiz principal) que foram posteriormente mensuradas. Cada parte da planta foi submetida à secagem em uma estufa à 60°C. Após secagem, as unidades dos indivíduos foram pesadas em balança analítica para obter o peso seco.

2.6 Rendimento relativo (RY)

O rendimento relativo por planta foi calculado para cada espécie vizinha usando a seguinte equação (KEDDY *et al.*, 1994):

$$RY_{ij} = Y_{ij} / Y_i$$

onde, RY_{ij} é o rendimento relativo por planta da espécie i em interação com espécie de plantas j , Y_{ij} é o rendimento de um indivíduo de espécies i cultivadas com um indivíduo de espécie j e Y_i , é o rendimento de um indivíduo de espécies i crescido sozinho.

2.7 Índice de interação (LNRR)

Calculamos o índice através da comparação entre as biomassas dos tratamentos com competição (alta diversidade e baixa diversidade) e sem competição (controle). O índice foi calculado através da fórmula:

$$\text{LNRR} = \ln(\text{BM}(c)/\text{BM}(sc)),$$

onde, $\text{BM}(c)$ é a média da biomassa dos indivíduos em competição e $\text{BM}(sc)$ é a média da biomassa dos indivíduos sem competição. Se $\text{LNRR} > 0$, a interação biótica entre as espécies é positiva, indicando facilitação e se $\text{LNRR} < 0$, a interação biótica entre as espécies é negativa, indicando competição (GROSS *et al.*, 2007).

2.8 Análise estatística

Para verificarmos se houve interação entre os fatores tratamento e espécie focal para biomassa, índice de interação entre as espécies (LNRR) e rendimento relativo (RY) utilizamos uma Análise de variância para dois fatores (tratamento e espécie focal) (Anova Two Way) também seguido do Teste de Tukey (5%). Quando não atingida a normalidade nos testes de Anova Two Way, aplicamos modelos lineares generalizados (GLM) com significância de 0,05, sendo utilizado o modelo mais ajustado. Realizamos as análises estatísticas através do software Sigma Plot versão 11.0.

3 RESULTADOS

3.1 Alocação de biomassa das espécies vizinhas

No tratamento de alta diversidade para ambas as espécies focais, *L. ferrea* obteve um maior acúmulo de biomassa aérea do que no tratamento de baixa diversidade. O acúmulo de biomassa de raiz foi igual em ambos os tratamentos. Porém para todas as partes da planta o acúmulo de biomassa foi maior quando *L. ferrea* estava associada com a espécie focal *M. caesalpinifolia* do que quando estava associada com a espécie focal *A. colubrina* (Tab. 2). Quando *L. ferrea* estava no tratamento de alta diversidade com a espécie focal *A. colubrina* o maior acúmulo ocorreu em sua raiz principal (43%) já quando a mesma estava no tratamento de baixa diversidade o maior acúmulo ocorreu em sua raiz lateral (41%). Já quando *L. ferrea* estava associada com a espécie focal *M. caesalpinifolia* ocorreu o contrário. Ela conseguiu acumular maior biomassa na raiz lateral no tratamento de alta diversidade (28%) e maior biomassa na raiz principal no tratamento de baixa diversidade (Fig. 3A).

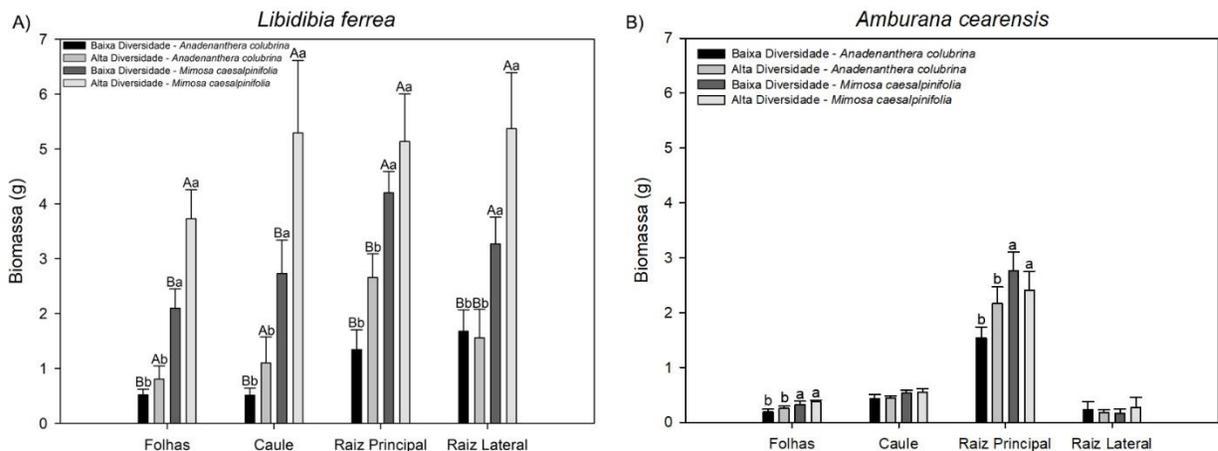
O acúmulo de biomassa da parte aérea e de raiz foi igual em ambos os tratamentos para *A. cearensis*. Somente para folhas e raiz principal o acúmulo de biomassa foi maior quando *A. cearensis* estava associada com a espécie focal *M. caesalpinifolia* do que quando estava associada com a espécie focal *A. colubrina* (Tab 2). Quando *A. cearensis* estava associada com espécie focal *A. colubrina* o maior acúmulo de biomassa ocorreu em sua raiz principal em ambos os tratamentos (Alta diversidade: 71% e Baixa diversidade: 65%). Quando *A. cearensis* estava associada com espécie focal *M. caesalpinifolia* o maior acúmulo de biomassa também ocorreu em sua raiz principal em ambos os tratamentos (Alta diversidade: 67% e Baixa diversidade: 73%) (Fig. 3B).

Tabela 2 - Análise de variância para dois fatores (*Anova Two Way*) da biomassa por partes da planta das espécies associadas *L. ferrea* e *A. cearensis*.

		Biomassa folha		Biomassa caule		Biomassa raiz principal		Biomassa raiz lateral	
		F	P	F	P	F	P	F	P
<i>L. ferrea</i>	Tratamento	7.39	0.01*	4.215	0.047*	4.129	0.05	2.299	0.138
	Espécie focal	40.717	<0.001*	17.488	<0.001*	23.223	<0.001*	17.135	<0.001*
	Tratamento x Espécie focal	3.628	0.066	1.657	0.206	0.121	0.73	2.895	0.097
<i>A. cearensis</i>	Tratamento	1.282	0.265	0.0151	0.903	0.209	0.65	0.0366	0.849
	Espécie focal	6.497	0.015*	2.745	0.106	5.944	0.02*	0.0143	0.905
	Tratamento x Espécie focal	0.0232	0.88	0.000235	0.988	2.676	0.111	0.387	0.538

Fonte: a autora

Figura 3 - Biomassa por partes da planta dos indivíduos da espécie *L. ferrea* (A) e *A. cearensis* (B) cultivados em tratamentos de alta e baixa diversidade funcional e com *A. colubrina* e *M. caesalpinifolia* como espécies focais após 120 dias de cultivo. Letras maiúsculas diferentes significa que houve diferença quanto ao tratamento dentro da mesma espécie focal ($p < 0,05$) para ANOVA seguida de Teste de Tukey. Letras minúsculas diferentes significa que houve diferença quanto a espécie focal ($p < 0,05$) para ANOVA seguida de Teste de Tukey.



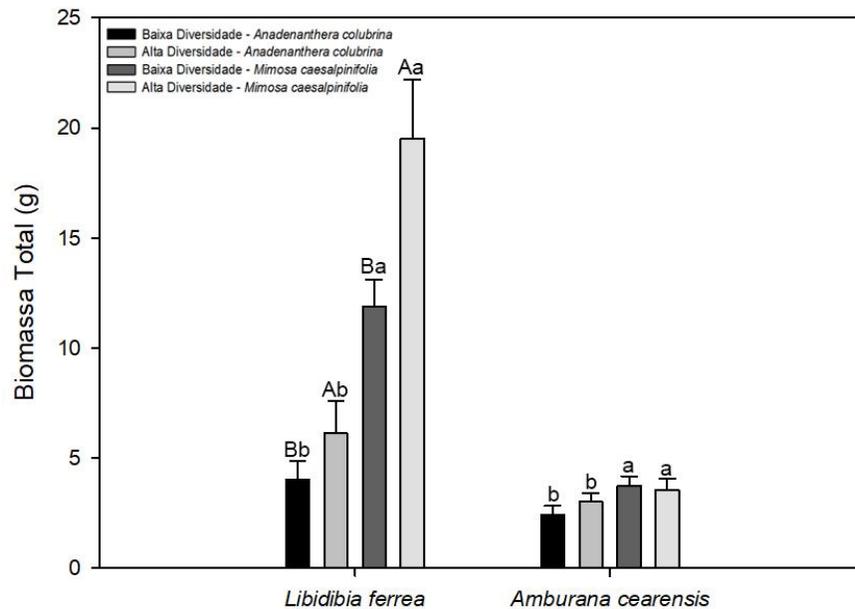
3.2 Biomassa total das espécies vizinhas

L. ferrea acumulou maior biomassa no tratamento de alta diversidade para ambas as espécies focais. Porém quando a mesma estava associada com a espécie focal *M. caesalpinifolia* obteve-se uma maior média (15,701g) do que quando estava associado com a espécie focal *A. colubrina* (5,059g) (Fig. 4) (Tab. 3).

O acúmulo de biomassa em *A. cearensis* foi igual para ambos os tratamentos em ambas as espécies focais. Porém observou-se que quando *A. cearensis* estava associado com a espécie focal *M. caesalpinifolia* obteve-se uma maior média (3,656g) do

que quando estava associado com a espécie focal *A. colubrina* (2,715g) (Fig. 4) (Tab 3). Ou seja, tanto no tratamento de alta diversidade como no tratamento de baixa diversidade a produtividade foi a mesma.

Figura 4 - Biomassa total das espécies vizinhas *L. ferrea* e *A. cearensis* cultivados em tratamentos de alta e baixa diversidade funcional com *A. colubrina* e *M. caesalpinifolia* como espécies focais após 120 dias de cultivo. Letras maiúsculas diferentes significa que houve diferença quanto ao tratamento dentro da mesma espécie focal ($p < 0,05$) para ANOVA seguida de Teste de Tukey). Letras minúsculas diferentes significa que houve diferença quanto a espécie focal ($p < 0,05$) para Teste de Tukey.

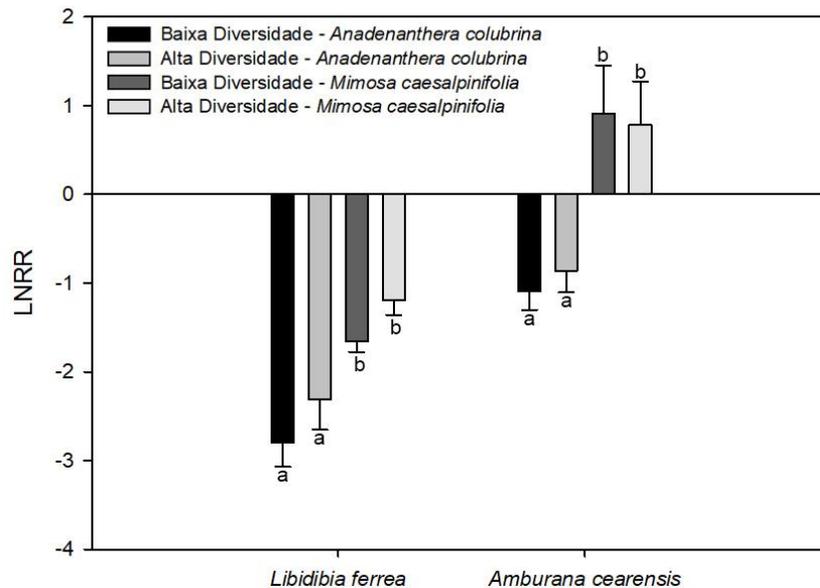


3.3 Índice de interação entre as espécies (LNRR)

Para *L. ferrea*, no tratamento de alta diversidade como no tratamento de baixa diversidade houve domínio da competição ($\text{LNRR} < 0$) em ambas as espécies focais. Observou-se que quando *L. ferrea* estava associado com a espécie focal *M. caesalpinifolia* apresentou uma menor competição (média = -1,424) do que quando estava associado com a espécie focal *A. colubrina* (média = -2,553) (Fig. 5) (Tab 3).

Para *A. cearensis* no tratamento de alta diversidade como no tratamento de baixa diversidade com a espécie focal *A. colubrina* houve domínio da competição ($\text{LNRR} < 0$ – média = -0,977). Diferente de *L. ferrea*, *A. cearensis* experimentou de interação de facilitação com a espécie focal *M. caesalpinifolia* ($\text{LNRR} > 0$ – média = 0,847) em ambos os tratamentos (Fig. 5) (Tab 3).

Figura 5 - Índice de interação entre plantas das espécies vizinhas *L. ferrea* e *A. cearensis* cultivadas nos tratamentos de alta e baixa diversidade funcional. LNRR <1 = competição; LNRR >1 = facilitação. Letras minúsculas diferentes significa que houve diferença quanto a espécie focal ($p < 0,05$) para ANOVA seguida de Teste de Tukey.



3.4 Rendimento relativo (RY)

No tratamento de alta diversidade para ambas as espécies focais, *L. ferrea* obteve um maior rendimento relativo do que no tratamento de baixa diversidade. Porém esse rendimento em alta diversidade não foi superior ao seu rendimento quando essa espécie cresceu sozinha para ambas as espécies focais ($RY < 1$). Além disso observou-se que quando *L. ferrea* estava associado com a espécie focal *M. caesalpinifolia* apresentou uma maior média (0,276) do que quando estava associado com a espécie focal *A. colubrina* (0,128) (Fig.6) (Tab 3).

Para *A. cearensis*, o rendimento relativo em ambos os tratamentos para ambas as espécies focais foi igual. O valor de $RY < 1$ para o *A. cearensis* com a espécie focal *A. colubrina* mostra que essa espécie cresceu melhor sozinha do que quando estava associada. O valor de $RY > 1$ para a *A. cearensis* com a espécie focal *M. caesalpinifolia* mostra que essa espécie cresceu melhor quando estava associada do que quando estava sozinha. (Fig. 14). Observou-se que quando *L. ferrea* estava associado com a

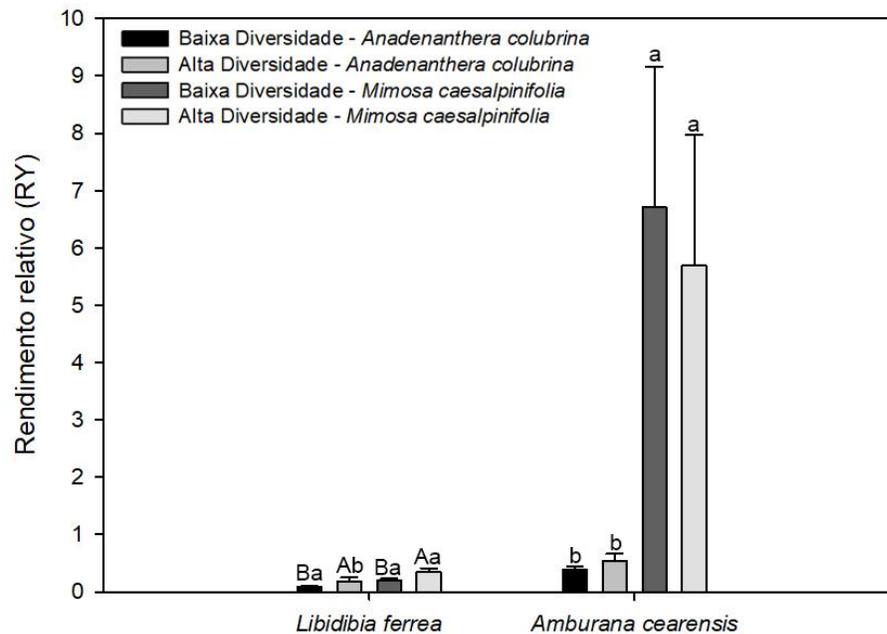
espécie focal *M. caesalpinifolia* apresentou uma maior média (6,204) do que quando estava associado com a espécie focal *A. colubrina* (0,465) (Fig 6) (Tab 3).

Tabela 3: Análise de variância para dois fatores (*Anova Two Way*) da biomassa total, índice de interação entre plantas (LNRR) e rendimento relativo (RY) das espécies associadas *L. ferrea* e *A. cearensis*

Species		Total Biomass		LNRR		RY	
		F	P	F	P	F	P
<i>L. ferrea</i>	Treatment	8.271	0.007*	3.786	0.06	5.718	0.022*
	Focal species	39.287	<0.001*	21.595	<0.001*	8.567	0.006*
	Treatment x Focal species	2.645	0.113	0.002	0.965	0.173	0.680
<i>A. cearensis</i>	Treatment	0.216	0.645	0.0144	0.905	0.0660	0.799
	Focal species	4.732	0.036*	20.696	<0.001*	11.800	0.002*
	Treatment x Focal species	0.8	0.377	0.207	0.652	0.121	0.730

Fonte: a autora

Figure 6 - Rendimento relativo das espécies vizinhas *L. ferrea* e *A. cearensis* cultivadas nos tratamentos de alta e baixa diversidade funcional. RY <1 = baixa produtividade em misturas; RY >1 = alta produtividade em misturas. Letras maiúsculas diferentes significa que houve diferença quanto ao tratamento dentro da mesma espécie focal (p<0,05 para ANOVA seguida de Teste de Tukey). Letras minúsculas diferentes significa que houve diferença quanto a espécie focal (p<0,05 para ANOVA seguida de Teste de Tukey).



4 DISCUSSÃO

As médias da biomassa total da *L. ferrea* nos tratamentos com a *M. caesalpinifolia* foram maiores do que nos tratamentos com *A. colubrina*. Ou seja, apesar de existir maior produtividade nos tratamentos de alta diversidade, essa produtividade foi ainda maior quando *L. ferrea* estava associado com *M. caesalpinifolia*. Esse resultado corrobora com vários estudos onde se encontrou que a diversidade funcional favorece a produtividade, pois as espécies diferentes funcionalmente ocupam diferentes nichos por meio da complementariedade do uso de recursos e assim reduzem a competição (HOOPER, D. U., 1997; TILMAN, D., 1997; HECTOR, 1999; LANTA; LEPS 2007; BROOKER *et al.*, 2008; FRANCO *et al.*, 2015; MISCHKOLZ *et al.*, 2016; GAZOL; CAMARERO., 2016). Vale ressaltar ainda que *L. ferrea* investiu a maior parte da sua biomassa na raiz principal quando estava associada com *A. colubrina* e investiu quase que igualmente em caule, raiz principal e raiz lateral quando estava associado com *M. caesalpinifolia*. Atribuímos isso a uma maior competição subterrânea quando *L. ferrea* estava associada com a espécie focal *A. colubrina* e dessa forma investiu mais em raiz. Quando a mesma estava associada com a espécie focal *M. caesalpinifolia* a competição subterrânea foi menor e dessa forma ela pode alocar sua biomassa de forma igualitária.

Já para *A. cearensis* vimos que a diversidade funcional não influenciou a produtividade pois em ambos os tratamentos o acúmulo de biomassa total foi quase o mesmo. A alocação de investimento de folha, caule, raiz principal e raiz lateral foi igual para ambos os tratamentos (alta e baixa diversidade) mesmo quando estava associado com a espécie focal *A. colubrina* como com a espécie focal *M. caesalpinifolia*. Porém a alocação de biomassa foi maior em raiz principal para ambas as espécies focais. Ou seja, tanto em competição como em facilitação o mecanismo de alocação de biomassa dessa espécie é o mesmo. Tanto a característica da raiz como a longevidade foliar estão relacionadas com interações positivas e negativas em misturas de plantas arbóreas jovens (TOBNER *et al.*, 2016)

A espécie *L. ferrea* sofreu competição em ambos os tratamentos e com ambas as espécies focais. Embora não tenhamos encontrado interação de facilitação no tratamento de alta diversidade, vale ressaltar que *L. ferrea* teve uma maior produtividade quando as interações competitivas eram menores, ou seja, quando estava associado

com a espécie focal *M. caesalpinifolia*. A espécie *A. cearensis* sofreu competição quando estava associado com a espécie focal *A. colubrina*.

Encontramos interação de facilitação para *A. cearensis* em baixa diversidade como em alta diversidade quando estava associado com a espécie focal *M. caesalpinifolia*. Como *A. cearensis* obteve uma maior biomassa quando estava crescendo em associação com *M. caesalpinifolia* do que quando estava crescendo sozinha e por encontrarmos interação de competição quando *A. cearensis* estava crescendo com a espécie focal *A. colubrina* em ambos os tratamentos, acreditamos que a mesma foi facilitada pela espécie focal *M. caesalpinifolia*. Podemos corroborar isso com alguns estudos que mostram que a capacidade facilitadora é específica da espécie (CALLAWAY, 1998; GÓMEZ-APARICIO *et al.*, 2004; LIANCOURT; CALLAWAY; MICHALET, 2005; PADILLA; PUGNAIRE, 2009; VALLADARES *et al.*, 2008).

Vimos que *A. cearensis* não aumenta sua produtividade quando está em alta diversidade, porém dependendo da espécie focal associada ocorre esse aumento de produção. Isso demonstra que mesmo que as espécies focais sejam do mesmo grupo funcional (decíduas precoce de alta densidade de madeira) a identidade da espécie é um fator muito importante quando falamos de interações bióticas e produtividade (SETIAWAN *et al.*, 2017; LÜBBE *et al.*, 2015; YANG, JINGJUN, *et al.*, 2018; CALLAWAY 2007). Corroborando com nosso trabalho, HEALY *et al.*, 2008 em seu estudo com árvores tropicais no Panamá viu que a identidade das espécies explicou mais variação na produtividade do que a diversidade de espécies. Ele encontrou que a espécie *Cedrela odorata* estava associada a alta produtividade e tinha uma alocação de biomassa reduzida para seus ramos enquanto que a espécies *Anacardium excelsum* espécie associada à menor produtividade, aloca a maior parte da biomassa aos ramos indicando assim que características particulares das espécies, como a arquitetura, são fundamentais para a produtividade. NADROWSKI *et al.*, 2010 em sua revisão sobre a diversidade de árvores e funcionamentos de ecossistema observou que mesmo que muitos estudos mostrem que a diversidade tem grande influência na produtividade (MORIN *et al.*, 2011; GAZOL; CAMARERO, 2016) muitos outros estudos relatam que a identidade funcional e não a diversidade explica melhor a produtividade e sugerem que estudos futuros explorem informações de desempenho de indivíduos arbóreos.

O rendimento relativo (RY) é um índice que quantifica o efeito da competição e nos fornece comparações da performance de uma espécie em mistura e dela crescendo sozinha (WEIGELT; JOLLIFFE, 2003; KEDDY *et al.*, 1994) e dessa forma podemos encontrar em quais associações temos uma superprodução (overyielding) e interações positivas. Encontramos que somente *A. cearensis* quando associado com a espécie focal *M. caesalpinifolia* cresce melhor nessa mistura (em ambos os tratamentos) do que crescendo sozinho, ou seja, ocorre um “overyielding” e através do índice de interação que calculamos no nosso estudo para a espécie confirmamos que ocorre interação positiva (facilitação). O excesso de rendimento pode ser alcançado por meio de interações positivas ou quando as espécies na comunidade ocupam diferentes nichos através da complementariedade no uso dos recursos (BROOKER *et al.*, 2008; CALLAWAY 1995; TRACY E SANDERSON 2004; FRANCO *et al.*, 2015). Por ter ocorrido somente “overyielding” com a espécie *A. cearensis* nosso resultado é consistente com os resultados de outros estudos que mostram que a superprodução varia dependendo da composição/identidade das espécies (KWEON; COMEAU, 2019; KÜCHENMEISTER *et al.*, 2012).

TOBNER *et al.*, 2016 em seu trabalho com espécies arbóreas onde manipulou a variação da diversidade funcional e testou seu efeito no funcionamento do ecossistema independentemente da riqueza de espécies, concluiu que a identidade funcional e não a diversidade funcional é o melhor preditor de produtividade. Nesse estudo o rendimento relativo (RY) foram específicas da espécie. Enquanto RY para *Betula papyrifera* e *Larix laricina* aumentaram significativamente, o RY para *Abies balsamea*, *Picea glauca*, *Pinus strobus* e *Thuja occidentalis* diminuiu significativamente.

É importante ainda ressaltar que o tempo do nosso experimento pode não ter sido suficiente tendo em vista que CARDINALE *et al.*, 2007 em pastagens e SAPIJANSKAS *et al.*, 2013 em plantações de arbóreas demoraram 5 anos para conseguirem ver algum sinal de complementariedade. REICH *et al.*, 2012 hipotetizou que a força da relação entre diversidade e produtividade mudará com o tempo.

5 CONCLUSÃO

Concluimos que a alta diversidade funcional não necessariamente está relacionada com uma alta produtividade, pois a identidade funcional das espécies envolvidas é fator chave para as interações e como consequência, para a produtividade. A *Amburana cearensis* foi à espécie vizinha que conseguiu obter uma superprodução em misturas do que quando sozinha e que experimentou de interações de facilitação (quando associada com a espécie focal *M. caesalpinifolia*). Apesar de ter sido um experimento em plantas jovens e em casa de vegetação, nós propomos que estudos futuros sejam realizados, principalmente em campo, de misturas com associação de *M. caesalpinifolia* e *A. cearensis*, pois esse sistema poderia ser um bom potencial para recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

- ADLER, P.B.; FAJARDO, A.; KLEINHESSELINK, A.; KRAFT, N.J.B. Trait-based tests of coexistence mechanisms. **Ecology letters** [S.l], v. 16, n. 10, p. 1294-1306, 2013.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.l], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, E.M.; MEIRELES, A.C.M.; PALÁCIO, H.A.Q., 2010. O semiárido cearense e suas águas. *In: Andrade et al. O Semiárido e o manejo dos recursos naturais*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2010. 1ed. p.71-94.
- BOOTH, B. D.; LARSON, D.W. Impact of language, history and choice of system on the study of assembly rules. **Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 206-229, 1999.
- BROOKER, R.W.; MAESTRE, F.T.; CALLAWAY, R.M.; LORTIE, C.L.; CAVIERES, L.A.; KUNSTLER, G.; LIANCOURT, P.; TIELBÖRGER, K.; TRAVIS, J.M.J.; ANTHELME F.; ARMAS, C., COLL, L.; CORCKET, E.; DELZON, S.; FOREY, E.; KIKVIDZE, Z.; OLOFSSON, J.; PUGNAIRE, F.; QUIROZ, C.L.; SACCONI, P.; SCHIFFERS, K.; SEIFAN, M.; TOUZARD B.; MICHALET. R. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. **Journal of Ecology**, [S.l], v. 96, n. 1, p. 18-34, 2008.
- BU, Z. J.; ZHENG, X. X.; RYDIN, H.; MOORE, T.; MA, J. Facilitation vs. competition: Does interspecific interaction affect drought responses in Sphagnum?. **Basic and applied ecology**, [S.l], v. 14, n. 7, p. 574-584, 2013.
- CALLAWAY, R.M. **Positive interactions and interdependence in plant communities**. Springer Science & Business Media, Dordrecht, 2007.
- CALLAWAY, R.M. Positive interactions among plants. **The Botanical Review**, [S.l], v. 61, n. 4, p. 306-349, 1995.
- CALLAWAY, R.M. Are positive interactions species-specific?. **Oikos**, [S.l], p. 202-207, 1998.
- CARDINALE, B. J.; WRIGHT, J. P.; CADOTTE, M. W.; CARROLL, I. T.; HECTOR, A.; SRIVASTAVA, D. S.; LOREAU, M.; WEIS, J. J. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S.l], v. 104, n. 46, p. 18123-18128, 2007.
- CASTELLETTI, C.H.M.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A.M.M. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. *In: SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T.; LINS, L.V. (Org.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 91-100.

CASTILLO, J.P.; VERDÚ, M.; VALIENTE-BANUET, A. Neighborhood phylodiversity affects plant performance. **Ecology**, [S.I.], v. 91, n. 12, p. 3656-3663, 2010.

CAVENDER-BARES, J.; KOZAC, K. H.; FINE, P. [S.I.], V. A.; KEMBEL, S. W. The merging of community ecology and phylogenetic biology. **Ecology letters**, [S.I.], v. 12, n. 7, p. 693-715, 2009.

CHESSON, P. Mechanisms of maintenance of species diversity. **Annual review of Ecology and Systematics**, [S.I.], v. 31, n. 1, p. 343-366, 2000.

CHOLER, P.; MICHALET, R.; CALLAWAY, R.M. Facilitation and competition on gradients in alpine plant communities. **Ecology**, [S.I.], v. 82, n. 12, p. 3295-3308, 2001.

COMAS, L.H.; GOSLEE, S.C.; SKINNER, R.H.; SANDERSON, M.A. Quantifying species trait–functioning relationships for ecosystem management. **Applied Vegetation Science**, [S.I.], v. 14, n. 4, p. 583-595, 2011.

CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; TER STEEGE, H.; MORGAN, H. D.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian journal of Botany**, [S.I.], v. 51, n. 4, p. 335-380, 2003.

COSTA, S.; NUNES, S.; FERREIRA, L.; STRADMANN, S.; QUEIROZ, P. **Leguminosas forrageiras da Caatinga**: espécies importantes para as comunidades rurais do sertão da Bahia. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, SASOP, 2002. p. 112.

DANTAS, J. M.; DA COSTA, M. V.; SOUSA, D. M. M.; MAIA, C. E. Quebra de dormência em sementes de *Libidibia ferrea* Martius. **Blucher Chemistry Proceedings**, [S.I.], v. 3, n. 1, p. 56- 62, 2015

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in ecology & evolution**, [S.I.], v. 16, n. 11, p. 646-655, 2001.

FILAZZOLA, A.; LORTIE, C.J. A systematic review and conceptual framework for the mechanistic pathways of nurse plants. **Global Ecology and Biogeography**, [S.I.], v. 23, n. 12, p. 1335-1345, 2014.

FLORES, J.; JURADO, E. Are nurse–protege interactions more common among plants from arid environments? **Journal of Vegetation Science**, [S.I.], v. 14, n. 6, p. 911-916, 2003.

FRANCO, J.G.; KING, S.R.; MASABNI, J.G.; VOLDER, A. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.I.], v. 203, p. 1-10, 2015.

FRENETTE-DUSSAULT, C.; SHIPLEY, B.; MEZIANE, D.; HINGRAT, Y. Trait-based climate change predictions of plant community structure in arid steppes. **Journal of ecology**, [S.I.], v. 101, n. 2, p. 484-492, 2013.

GAZOL, A.; CAMARERO, J.J. Functional diversity enhances silver fir growth resilience to an extreme drought. **Journal of Ecology**, [S.I.], v. 104, n. 4, p. 1063-1075, 2016.

GIBSON, D.J.; CONNOLLY, J.; HARTNETT, D.C.; WEIDENHAMER, J.D. Design for greenhouse studies of interactions between plants. **Journal of Ecology**, [S.I.], v. 87, n. 1, p. 1-16, 1999.

GOLDBERG, D.E. 1990. Components of resource competition in plant communities. In: Grace, J.B. & Tilman, D. **Perspectives on plant competition**. Academic Press, San Diego, CA, 1990. p. 27–49.

GOLDBERG, D.E. Competitive ability: definitions, contingency and correlated traits. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, [S.I.], v. 351, n. 1345, p. 1377-1385, 1996.

GÓMEZ-APARICIO, L.; ZAMORA, R.; GÓMEZ, J. M.; HÓDAR, J. A.; CASTRO, J.; BARAZA, E. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. **Ecological Applications**, [S.I.], v. 14, n. 4, p. 1128-1138, 2004.

GROSS, N.; SUDING, K. N.; LAVOREL, S.; ROUMET, C. Complementarity as a mechanism of coexistence between functional groups of grasses. **Journal of Ecology**, [S.I.], v. 95, n. 6, p. 1296-1305, 2007.

HEALY, C.; GOTELLI, N. J.; POTVIN, C. Partitioning the effects of biodiversity and environmental heterogeneity for productivity and mortality in a tropical tree plantation. **Journal of Ecology**, [S.I.], v. 96, n. 5, p. 903-913, 2008.

HECTOR, A.; SCHMID, B.; BEIERKUHNLEIN, C.; CALDEIRA, M. C.; DIEMER, M.; DIMITRAKOPOULOS, P.G.; FINN, J.A.; FREITAS, H.; GILLER, P.S.; GOOD, J.; HARRIS, R.; HÖGGER, P.; HUSS-DANELL, K.; JOSHI, J.; JUMPPONEN, A.; KÖRNER, C.; LEADLEY, P.W.; LOREAU, M.; MINNS, A.; MULDER, C.P.H.; O'DONOVAN, G.; OTWAY, S.J.; PEREIRA, J.S.; PRINZ, A.; READ, D.J.; SCHERER-LORENZEN, M.; SCHULZE, E.-D.; SIAMANTZIOURAS, A.-S.D.; SPEHN, E.M.; TERRY, A.C.; TROUMBIS, A.Y.; WOODWARD, F.I.; YACHI, S.; LAWTON, J.H. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. **science**, [S.I.], v. 286, n. 5442, p. 1123-1127, 1999.

HIERRO, J.L.; COCK, M.C. Herbivore-mediated facilitation alters composition and increases richness and diversity in ruderal communities. **Plant ecology**, [S.I.], v. 214, n. 10, p. 1287-1297, 2013.

HILLERISLAMBERS, J.; ADLER, P.B.; HARPOLE, W.S.; LEVINE, J.M.; MAYFIELD, M. M. Rethinking community assembly through the lens of coexistence theory. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, [S.], v. 43, p. 227-248, 2012.

HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M. El Nino as a window of opportunity for the restoration of degraded arid ecosystems. **Ecosystems**, [S.], v. 4, n. 2, p. 151-159, 2001.

HOOPER, D.U.; CHAPIN, F.S.; EWEL, J.J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P.; LAVOREL, S.; LAWTON, J.H.; LODGE, D.M.; LOREAU, M.; NAEEM, S.; SCHMID, B.; SETÄLÄ, H.; SYMSTAD A.J.; VANDERMEER, J.; WARDLE, D.A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. **Ecological monographs**, [S.], v. 75, n. 1, p. 3-35, 2005.

HOOPER, D. U. The Effects of Plant Composition and Diversity on Ecosystem Processes. **Science**, [S.], v. 277, n. 5330, p. 1302-1305, 1997.

HOOPER, D.U., SOLAN, M., SYMSTAD, A., DIAZ, S., GESSNER, M.A., BUCHMAN, N.; DEGRANGE, V.; GRIME, P.; HULOT, F.; MERMILLOD-BLONDIN, F.; ROY, J.; SPEHN, E.; VAN PEER, L. Species diversity, functional diversity, and ecosystem functioning. *In: Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford University Press: New York, 2002. p. 195–208.

HUBBELL, S. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. **Princeton University Press**, Princeton, NJ, 2001.

IPECE. **Perfil básico municipal 2015 de Pentecoste**. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2015/Pentecoste.pdf. Acesso em: 25/OUT/2017.

JANKJU, M. Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: effects of microclimate on grass establishment. **Journal of Arid Environments**, [S.], v. 89, p. 103-109, 2013.

KEDDY, P.A.; TWOLAN-STRUTT, L.; WISHEU, I. Competitive effect and response rankings in 20 wetland plants: are they consistent across three environments?. **Journal of Ecology**, [S.], p. 635-643, 1994.

KRAFT, N.J.; VALENCIA, R.; ACKERLY, D.D. Functional traits and niche-based tree community assembly in an Amazonian forest. **Science**, [S.], v. 322, n. 5901, p. 580-582, 2008.

KÜCHENMEISTER, F.; KÜCHENMEISTER, K.; WRAGE, N.; KAYSER, M.; ISSELSTEIN, J. Yield and yield stability in mixtures of productive grassland species: Does species number or functional group composition matter? **Grassland science**, [S.], v. 58, n. 2, p. 94-100, 2012.

KWEON, D.; COMEAU, P.G. Factors influencing overyielding in young boreal mixedwood stands in western Canada. **Forest Ecology and Management**, [S.l], v. 432, p. 546-557, 2019.

LAMB, E.; KENNEDY, N.; SICILIANO, S. Effects of plant species richness and evenness on soil microbial Community diversity and function. **Plant and Soil**, [S.l], v. 338, n. 1-2, p. 483-495, 2011.

LANTA, V.; LEPŠ, J. Effects of species and functional group richness on production in two fertility environments: an experiment with communities of perennial plants. **acta oecologica**, [S.l], v. 32, n. 1, p. 93-103, 2007.

LEWIS G.P. Caesalpinieae. In: LEWIS G, SCHRIRE B, MACKINDER B, LOCK M (eds) **Legumes of the World**. Royal Botanic Gardens, Kew, 2005. p.127–161.

LIANCOURT, P.; CALLAWAY, R.M.; MICHALET, R. Stress tolerance and competitive-response ability determine the outcome of biotic interactions. **Ecology**, [S.l], v. 86, n. 6, p. 1611-1618, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum,1, 2000. p. 351.

LORENZI, H. Árvores brasileiras. **Manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Ed. Plantarum. Nova Odessa: São Paulo. 1992.

LOUREIRO, M. B.; TELES, C. A. S.; VIRGENS, I. O.; DE ARAÚJO, B. R. N.; FERNANDEZ, L. G.; DE CASTRO, R. D. Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de sementes e plântulas de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith (Leguminosae - Papilionoideae). **Revista Árvore**, [S.l], v. 37, n. 4, p. 679-689, 2013.

LÜBBE, T.; SCHULDT, B.; LEUSCHNER, C. Species identity and neighbor size surpass the impact of tree species diversity on productivity in experimental broad-leaved tree sapling assemblages under dry and moist conditions. **Frontiers in plant science**, [S.l], v. 6, p. 857, 2015.

MAESTRE, F.T.; VALLADARES, F.; REYNOLDS, J.F. Is the change of plant–plant interactions with abiotic stress predictable? A meta-analysis of field results in arid environments. **Journal of Ecology**, [S.l], v. 93, n. 4, p. 748-757, 2005.

MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo, 2004.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C.I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R.T.; IMPERATRIZFONSECA, V. L. **Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga**. 1. ed. Fortaleza/CE : Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012.

- MAYFIELD, M.M.; LEVINE, J.M. Opposing effects of competitive exclusion on the phylogenetic structure of communities. **Ecology letters**, [S.l.], v. 13, n. 9, p. 1085-1093, 2010.
- MEDEIROS, A.C.S. **Aspectos de dormência em sementes de espécies arbóreas**. EMBRAPA, [S.l.], 2001. 12p. (Circular Técnica).
- MILLER, T.E. Direct and indirect species interactions in an early old-field plant community. **The American Naturalist**, [S.l.], v. 143, n. 6, p. 1007-1025, 1994.
- MILES, L.; NEWTON, A.C.; DEFRIES, R.S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J.E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, [S.l.], v. 33, n. 3, p. 491-505, 2006.
- MISCHKOLZ, J.M.; SCHELLENBERG, M.P.; LAMB, E.G. Assembling productive communities of native grass and legume species: finding the right mix. **Applied vegetation science**, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 111-121, 2016.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Subsídios para a elaboração do plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Caatinga**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 128, 2011.
- MORIN, X.; FAHSE, L.; SCHERER-LORENZEN, M.; BUGMANN, H. Tree species richness promotes productivity in temperate forests through strong complementarity between species. **Ecology Letters**, [S.l.], v. 14, n. 12, p. 1211-1219, 2011.
- NAEEM, S.; WRIGHT, J.P. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. **Ecology letters**, [S.l.], v. 6, n. 6, p. 567-579, 2003.
- NADROWSKI, K.; WIRTH, C.; SCHERER-LORENZEN, M. Is forest diversity driving ecosystem function and service?. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], v. 2, n. 1-2, p. 75-79, 2010.
- OLIVEIRA, C.C.; ZANDEVALLI, R.B.; LIMA, A.L.A.; RODAL, M.J.N. Functional groups of woody species in semi-arid regions at low latitudes. **Austral Ecology**, [S.l.], v. 40, n. 1, p. 40-49, 2015.
- PADILLA, F.M.; PUGNAIRE, F.I. Species identity and water availability determine establishment success under the canopy of *Retama sphaerocarpa* shrubs in a dry environment. **Restoration Ecology**, [S.l.], v. 17, n. 6, p. 900-907, 2009.
- PETCHEY, O.L.; GASTON, K.J. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology letters**, [S.l.], v. 9, n. 6, p. 741-758, 2006.

PICASSO, V.D.; BRUMMER, E.C.; LIEBMAN, M.; DIXON, P.M.; WILSEY, B.J. Crop Species Diversity Affects Productivity and Weed Suppression in Perennial Polycultures under Two Management Strategies. **Crop Science**, [S.l.], v. 48, n. 1, p. 331-342, 2008.

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

REICH, P.B.; FRELICH, L.E.; VOLDSETH, R.A.; BAKKEN, P.; ADAIR, E.C. Understorey diversity in southern boreal forests is regulated by productivity and its indirect impacts on resource availability and heterogeneity. **Journal of Ecology**, [S.l.], v. 100, n. 2, p. 539-545, 2012.

REICH, P.B.; TILMAN, D.; ISBELL, F.; MUELLER, K.; HOBBIE, S.E.; FLYNN, D.F.B.; EISENHAUER, N. Impacts of Biodiversity Loss Escalate Through Time as Redundancy Fades. **Science**, [S.l.], v. 336, n. 6081, p. 589-592, 2012.

REICH, P.; TILMAN, D.; NAEEM, S.; ELLSWORTH, D.; KNOPS, J.; CRAINE, J.; WEDIN, D.; TROST, J. Species and functional group diversity independently influence biomass accumulation and its response to CO₂ and N. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S.l.], v. 101, n. 27, p. 10101-10106, 2004.

SANTOS, S.A.; CORREIA, M.F.; ARAGÃO, M.R.S.; SILVA, P.K.O. Aspectos da variabilidade sazonal da radiação, fluxos de energia e CO₂ em área de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 4, p. 761-773, 2012.

SAPIJANSKAS, J.; POTVIN, C.; LOREAU, M. Beyond shading: litter production by neighbors contributes to overyielding in tropical trees. **Ecology**, [S.l.], v. 94, n. 4, p. 941-952, 2013.

SETIAWAN, N.N.; VANHELLEMONT, M.; BAETEN, L.; VAN DE PEER, T.; AMPOORTER, E.; PONETTE, Q.; VERHEYEN, K. Local neighbourhood effects on sapling growth in a young experimental forest. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 384, p. 424-443, 2017.

SHEEHAN, C.; KIRWAN, L.; CONNOLLY, J.; BOLGER, T. The effects of earthworm functional group diversity on nitrogen dynamics in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.], v. 38, n. 9, p. 2629-2636, 2006.

SILVA, A.P.N.; MOURA, G.B.A.; GIONGO, P.R.; SILVA, A.O. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semi-árido de Pernambuco. **Revista Caatinga**, [S.l.], v. 22, n. 4, p. 195-205, 2009.

SOLIVERES, S.; MAESTRE, F.T.; BOWKER, M.A.; TORICES, R.; QUERO, J.L.; GARCÍA-GÓMEZ, M.; CABRERA, O.; CEA, A.P.; COAGUILA, D.; ELDRIDGE, D.J.; ESPINOSA, C.I.; HEMMINGS, F.; MONERRIS, J.J.; TIGHE, M.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; ESCOLAR, C.; GARCÍA-PALACIOS, P.; GOZALO, B.; OCHOA, V.; BLONES, J.; DERAQ, M.; GHILOUFI, W.; GUTIÉRREZ, J.R.; HERNÁNDEZ, R.M.;

NOUMI, Z. Functional traits determine plant co-occurrence more than environment or evolutionary relatedness in global drylands. **Perspectives in plant ecology, evolution and systematics**, [S.I.], v. 16, n. 4, p. 164-173, 2014.

SPEHN, E.M.; HECTOR, A.; JOSHI, J.; SCHERER-LORENZEN, M.; SCHMID, M.; B.-W., E.; BEIERKUHNLEIN, C.; CALDEIRA, M.C.; DIEMER, M.; DIMITRAKOPOULOS, P.G.; FINN, J.A.; FREITAS, H.; GILLER, P.S.; GOOD, J.; HARRIS, R.; HOGBERG, P.; HUSS-DANEL, K.; JUMPPONEN, A.; KORICHEVA, J.; LEADLEY, P.W.; LOREAU, M.; MINNS, A.; MULDER, C.P.H.; O'DONOVAN, G.; OTWAY, S.K.; PALMBORG, C.; PEREIRA, J.S.; PFISTERER, A.B.; PRINZ, A.; READ, D.J.; SCHULZE, E.-D.; SIAMANTZIOURAS, A.-S.D.; TERRY, A.C.; TROUMBIS, A.Y.; WOODWARD, F.I.; YACHI, S.; LAWTON, J.H. Ecosystem effects of biodiversity manipulations in European grasslands. **Ecological monographs**, [S.I.], v. 75, n. 1, p. 37-63, 2005.

TOBNER, C.M.; PAQUETTE, A.; GRAVEL, D.; REICH, P.B.; WILLIAMS, L.J.; MESSIER, C. Functional identity is the main driver of diversity effects in young tree communities. **Ecology letters**, [S.I.], v. 19, n. 6, p. 638-647, 2016.

THOMAS, F.M.; VESK, P.A. Growth races in The Mallee: Height growth in woody plants examined with a trait-based model. **Austral Ecology**, [S.I.], v. 42, n. 7, p. 790-800, 2017.

TILMAN, D.; KNOPS, J.; WEDIN, D.; REICH, P.; RITCHIE, M.; SIEMANN, E. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. **Science**, [S.I.], v. 277, n. 5330, p. 1300-1302, 1997.

TILMAN, D.; REICH, P.B.; KNOPS, J.; WEDIN, D.; MIELKE, T.; LEHMAN, C. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. **Science**, [S.I.], v. 294, n. 5543, p. 843-845, 2001.

TRACY, B.F.; SANDERSON, M. A. Seedbank diversity in grazing lands of the Northeast United States. **Journal of Range Management**, [S.I.], p. 114-118, 2000.

TRENBATH, B.R. Biomass productivity of mixtures. In: **Advances in agronomy**. Academic Press, [S.I.], 1974. p. 177-210.

VALLADARES, F.; ZARAGOZA-CASTELLS, J.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, D.; MATESANZ, S.; ALONSO, B.; PORTSMUTH, A.; DELGADO, A.; ATKIN, O.K. Is shade beneficial for Mediterranean shrubs experiencing periods of extreme drought and late-winter frosts?. **Annals of Botany**, [S.I.], v. 102, n. 6, p. 923-933, 2008.

VALIENTE-BANUET, A.; VERDÚ, M. Facilitation can increase the phylogenetic diversity of plant communities. **Ecology letters**, [S.I.], v. 10, n. 11, p. 1029-1036, 2007.

VALIENTE-BANUET, A.; VERDÚ, M. Plant facilitation and phylogenetics. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, [S.I.], v. 44, p. 347-366, 2013.

VAMOSI, S.M.; HEARD, S.B.; VAMOSI, J.C.; WEBB, C.O. Emerging patterns in the comparative analysis of phylogenetic community structure. **Molecular ecology**, [S.I], v. 18, n. 4, p. 572-592, 2009.

WEBB, C.O.; ACKERLY, D.D.; MCPEEK, M.A.; DONOGHUE, M.J. Phylogenies and community ecology. **Annual review of ecology and systematics**, [S.I], v. 33, n. 1, p. 475-505, 2002.

WEIGELT, A.; WEISSER, W.W.; BUCHMANN, N.; SCHERER-LORENZEN, M. Biodiversity for multifunctional grasslands: Equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. **Biogeosciences**, [S.I], v. 6, n. 8, p. 1695-1706, 2009.

WEIGELT, A.; JOLLIFFE, P. Indices of plant competition. **Journal of ecology**, [S.I], v. 91, n. 5, p. 707-720, 2003.

WEST, C.; BRIGGS, G.E.; KIDD, F. Methodos and significant relations in the quantitative analysis of planta growth. **New Phytologist**, [S.I], v. 19, n. 7-8, p. 200-207, 1920.

WESTOBY, M.; FALSTER, D.S.; MOLES, A.T.; VESK, P.A.; WRIGHT, I.J. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual review of ecology and systematics**, [S.I], v. 33, n. 1, p. 125-159, 2002.

WRIGHT, J.P.; NAEEM, S.; HECTOR, A.; LEHMAN, C.; REICH, P. B.; SCHMID, B.; TILMAN, D. Conventional functional classification schemes underestimate the relationship with ecosystem functioning. **Ecology Letters**, [S.I], v. 9, n. 2, p. 111-120, 2006.

YANG, J.; LEI, P.; XIANG, W.; OUYANG, S.; HUI, X. Growth Variations of Tree Saplings in Relation to Species Diversity and Functional Traits in a Tree Diversity Pot Experiment. **Forests**, [S.I], v. 9, n. 7, p. 380, 2018.