



**Universidade Federal do Tocantins  
Câmpus Universitário de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

**CLÉIA ALMEIDA OLIVEIRA**

**DISPERSÃO DE SEMENTES ARBÓREAS PELA FORMIGA-CORTADEIRA *ATTA  
SEXDENS* (L.) EM CERRADO NA REGIÃO SUL DO TOCANTINS**

**GURUPI – TO  
2019**



Universidade Federal do Tocantins  
Câmpus Universitário de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CLÉIA ALMEIDA OLIVEIRA

**DISPERSÃO DE SEMENTES ARBÓREAS PELA FORMIGA-CORTADEIRA *ATTA  
SEXDENS* (L.) EM CERRADO NA REGIÃO SUL DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Renato de Almeida Sarmiento

Co-orientador: Prof. Dr. Danival José de Souza

**GURUPI – TO  
2019**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- O48d Oliveira, Cléia.  
DISPERSÃO DE SEMENTES ARBÓREAS PELA FORMIGA-CORTADEIRA ATTA SEXDENS (L.) EM CERRADO NA REGIÃO SUL DO TOCANTINS. / Cléia Oliveira. – Gurupi, TO, 2019.  
57 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2019.  
Orientador: Renato De Almeida Sarmento  
Coorientador: Danival José de Souza
1. Dispersão. 2. Germinação. 3. Mirmecocoria. 4. Padrão espacial. I. Título

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



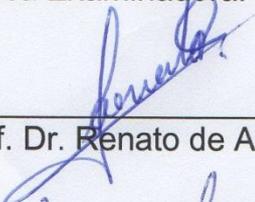
## CLÉIA ALMEIDA OLIVEIRA

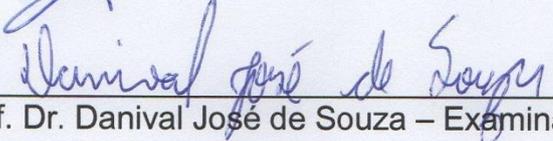
### Dispersão de sementes arbóreas pela formiga-cortadeira *Atta sexdens* (L.) em área de cerrado na região sul do Tocantins.

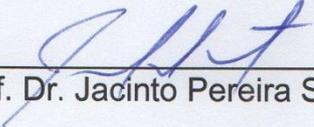
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais em 17/05/2019 foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

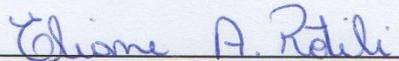
Data da aprovação: 17/05/2019.

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Renato de Almeida Sarmiento – Orientador - UFT

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Danival José de Souza – Examinador - UFT

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jacinto Pereira Santos – Examinador - UFT

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Eliane Aparecida Rotili – Examinadora - UFT

## DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO

A Deus, pela realização de mais esta importante etapa em minha vida e por ter me colocado sempre no caminho certo, iluminando a minha vida e as minhas decisões e pela proteção diária.

Aos meus pais, Waldinalva Almeida Oliveira e Francisco Teixeira de Oliveira, pelo amor incondicional, pelo incentivo e apoio nas minhas escolhas e compreensão por tantos anos longe de casa para eu poder seguir com meus estudos.

Ao meu irmão Cleiton Almeida Oliveira, pelo carinho, conselhos e amizade.

Ao meu namorado Marcos Araújo de Oliveira pelas idas à campo pelo companheirismo, carinho e paciência.

Ao estudante de graduação Joel por me acompanhar nas inúmeras idas à campo e na coleta de dados e pela sua amizade.

À professora Priscila Bezerra de Souza pela ajuda na identificação das sementes

Aos meus amigos, principalmente a Jaqueline pelos longos anos de amizade e por sempre me dar os melhores conselhos

Ao meu orientador Dr. Renato de Almeida Sarmento por ter aceitado me orientar, pela confiança e incentivo.

Ao meu coorientador Dr. Danival José Souza por me coorientar e dividir comigo o seu conhecimento nessa dissertação e na minha vida acadêmica por acreditar no meu potencial, pela confiança, paciência e amizade.

Ao Professor Dr. Jacinto Pereira Santos por ter aceitado participar da banca deste trabalho.

À Dra. Eliane A. Rotili por ter aceitado participar da banca deste trabalho.

À Universidade Federal do Tocantins campus universitário de Gurupi pela minha formação desde a graduação até o Mestrado e a todos os professores pelos conhecimentos repassados a mim. Ao Programa de Pós Graduação Ciências florestais e ambientais pela oportunidade concebida de ingresso no mestrado e a todos os professores que contribuíram para minha pós-graduação.

E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

**Muito obrigada!**

## RESUMO GERAL

As formigas podem desempenhar a função de dispersoras secundárias de sementes, podendo ter efeitos superiores na dispersão quando comparadas aos vertebrados. As espécies *Hirtella glandulosa* Spreng, *Buchenavia tomentosa* Eickler e *Simarouba versicolor* A.St. Hil são espécies arbóreas com ampla distribuição no Cerrado e possuem grande importância econômica e ecológica. Os objetivos desse trabalho foram estudar as interações da formiga-cortadeira *Atta sexdens* com os frutos/sementes de *H. glandulosa* e *B. tomentosa* e avaliar a dispersão das espécies arbóreas *H. glandulosa* e *S. versicolor* pela *Atta sexdens* em área de remanescente florestal do cerrado *sensu stricto* e a influência da dispersão na distribuição espacial utilizando a função K de Ripley. O estudo foi conduzido em uma área de bosque em uma área de APP (área de preservação permanente) em área de cerrado *sensu stricto* na fazenda experimental na Universidade Federal de Tocantins, Campus de Gurupi – TO no sul do estado do Tocantins. Para avaliar o efeito da formiga sobre a germinação das sementes arbóreas, foram coletadas sementes em fragmentos de cerrado *sensu stricto*, onde foram observadas interações entre a formiga-cortadeira com as sementes das duas espécies arbóreas. O experimento foi constituído de três tratamentos: T1 - sementes não limpas por nenhum método; T2- limpas manualmente e T3 - sementes limpas por operárias de *A. sexdens*. Foram avaliadas a porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG). Para realização da análise da distribuição espacial, selecionaram-se áreas de ocorrência das espécies *S. versicolor* e *H. glandulosa* e ninhos da formiga-cortadeira. Verificou-se que *A. sexdens* realiza a dispersão secundária de *H. glandulosa* e *B. tomentosa*. A retirada da polpa das sementes pelas formigas aumentou a porcentagem e o índice de velocidade de germinação. O padrão espacial predominante para as duas espécies arbóreas *H. glandulosa* e *S. versicolor* foi o padrão agregado, ou seja, as árvores estão arrançadas em grupos dentro da área e essa informação é o início para o entendimento da dinâmica das populações vegetais e para inventários descritivos e análises sobre a biodiversidade.

**Palavras-chave:** Dispersão; Germinação; Mirmecocoria; Padrão espacial.

## ABSTRACT

Ants may play the role of secondary seed dispersers and have superior dispersion effects when compared to vertebrates. *Hirtella glandulosa* Spreng, *Buchenavia tomentosa* Eickler and *Simarouba versicolor* A.St. Hil are arboreal species with a wide distribution in the cerrado and are of great economic and ecological importance. The objectives of this work were to study the interactions of the ant-cutter *Atta sexdens* with the fruits/seeds of *H. glandulosa* and *B. tomentosa*. Further, it was evaluated the dispersion of *H. glandulosa* and *S. versicolor* species by *Atta sexdens* in a forest remnant area of cerrado *sensu stricto*, as well as dispersion influence on the spatial distribution of the tree species using the Ripley K function. The study was conducted in an area of APP (permanent preservation area) on the experimental farm at the Federal University of Tocantins, *Campus de Gurupi* - TO in the southern state of Tocantins. Seeds were collected where interactions were observed between the leaf-cutting ants and the seeds of the two tree species to evaluate the effect of the ant on the germination of the tree seeds. The experiment consisted of three treatments: no cleaned by any method (T1), cleaned manually (T2) and cleaned by *A. sexdens* workers (T3). The percentage of germination and germination speed index (GSI) were evaluated. Areas of occurrence of the species *S. versicolor* and *H. glandulosa* and nest of the leaf-cutting ants were selected for the analysis of the spatial distribution. The results of the tests showed that *A. sexdens* performs the secondary dispersion of *H. glandulosa* and *B. tomentosa*. Removal of the pulp from the seeds by the ants increased the percentage and the rate of germination of both tree species. The predominant spatial pattern for the two tree species *H. glandulosa* and *Simarouba versicolor* was the aggregate pattern, i. e., the trees are arranged in groups within the area. This information is fundamental to understand the dynamics of the plant populations, for descriptive inventories and analyzes of biodiversity.

**Keywords:** Dispersion; Germination; Myrmecochory; Spatial pattern..

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>CAPÍTULO I – DISPERSÃO SECUNDÁRIA DAS ESPÉCIES ÁRBOREAS <i>Hirtella glandulosa</i> E <i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler POR <i>Atta sexdens</i></b> .....	14
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
2.1 Área de estudo.....	18
2.2 Interação de formigas-cortadeiras com <i>H. glandulosa</i> e <i>B. tomentosa</i> .....	18
2.3 Formigas agem como dispersoras primárias ou secundárias de sementes de <i>H. glandulosa</i> e <i>B. tomentosa</i> ? .....	19
2.4 Teste de germinação .....	19
<b>3 RESULTADOS</b> .....	21
3.1 Interação de formigas-cortadeiras com <i>H. glandulosa</i> e <i>B. tomentosa</i> .....	21
3.2 Germinação .....	20
<b>4</b>	
<b>DISCUSSÃO</b> .....	223
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	23
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26
<b>CAPITULO II. Padrão de distribuição agregado de duas espécies em função da dispersão</b> .....	31
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	33
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
2.1 Área de estudo.....	35
2.2 <i>Atta sexdens</i> interagia com quais espécies de plantas? .....	35
2.3 Qual a distância de remoção das sementes pelas formigas? Ocorria germinação das plântulas em ninhos de <i>A. sexdens</i> ? .....	36

2.4 Qual a taxa de estabelecimento de plantas após um ano e dois meses da dispersão?.....	36
2.5 Qual a composição do banco de sementes nos montes de terra solta sobre os ninhos? .....	37
2.6 Qual é o padrão de distribuição espacial de <i>H. glandulosa</i> e <i>S. versicolor</i> .....	35
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>49</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>53</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>54</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>54</b>
<b>APÊNDICE B</b> .....	<b>55</b>
<b>APÊNDICE C</b> .....	<b>56</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>57</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagens médias de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de <i>H. glandulosa</i> e <i>B. tomentosa</i> .....	20
Tabela 2: Quantidade de plântulas germinadas em m <sup>2</sup> nos locais de deposição das sementes limpas (ninhos) pelas formigas <i>Atta sexdens</i> em área de mata e de bosque com espécie <i>S. versicolor</i> , <i>H. glandulosa</i> , <i>respectivamente</i> após um ano e dois meses.....	38
Tabela 3: Distribuição do banco de sementes nos ninhos das formigas <i>Atta sexdens</i> .....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A esquerda o processo pontual: Mapa de distribuição espacial das populações de *S. versicolor* a) área 1 ponto 1, b) área 2 ponto 1, c) área 2 ponto 2 d) área 2 ponto 3. A direita as linhas tracejadas indicam os envelopes de confiança a 99% de probabilidade. As linhas contínuas demonstram o ajuste pela função K de Ripley transformada (L(s)). Se a linha contínua estiver acima das linhas tracejadas indica um padrão agregado, se a linha contínua estiver entre as linhas tracejadas significa que o padrão é aleatório e se estiver abaixo das linhas tracejadas indica um padrão regular.....40

Figura 2: A esquerda processo pontual: Mapa de distribuição espacial das populações de *H. glandulosa* a) área 1 ponto 1, b) área 2 ponto 1, c) área 2 ponto 2 d) área 2 ponto 3. A direita as linhas tracejadas indicam os envelopes de confiança, a 99% de probabilidade. As linhas contínuas demonstram o ajuste pela função K de Ripley transformada (L(s)). Se a linha contínua estiver acima das linhas tracejadas indica um padrão agregado, se a linha contínua estiver entre as linhas tracejadas significa que o padrão é aleatório e se estiver abaixo das linhas tracejadas indica um padrão regula.....41

Figura 3: Distribuição de frequência de diâmetros de *S. versicolor* a) área 1 ponto 1, b) área 2 ponto 1, c) área 2 ponto 2 d) área 2 ponto 3 e) área 2 ponto 4. Diâmetro < 5cm (plântulas e mudas), ≥5 cm plantas pequenas, ≥ 7 árvores médias cm ≥ 10 cm árvore adulta.....43

Figura 4: Distribuição de frequência de diâmetros de *H. glandulosa* a) área 1 ponto 1, b) área 2 ponto 1, c) área 2 ponto 2 d) área 2 ponto. Diâmetro < 5cm plântulas e mudas, ≥5 cm plantas pequenas, ≥ 7 árvores médias, ≥ 10 cm árvore adulta.....44

## INTRODUÇÃO GERAL

Os frugívoros são importantes agentes de dispersão primária de sementes, através da sua atividade natural dentro da vegetação e sua capacidade de movimentar-se nos dosséis das floresta acabam tornando os frutos disponíveis no solo (TIFFNEY, 2004). A propósito, diversos são os agentes de dispersão de sementes desde os dispersores primários aos dispersores secundários (VANDER WALL e LONGLAND, 2004). As formigas aproximam-se dos frutos disponíveis no solo, fazem a remoção da polpa ocasionando em uma completa limpeza das sementes (LEAL, 2003). Independente da época do ano, à medida que os frutos ficam disponíveis no solo principalmente frutos ricos em lipídios, atraem as formigas (PIZO, 1998).

As formigas podem desempenhar a função de dispersores secundárias de sementes, podendo ter efeitos superiores na dispersão quando comparadas aos vertebrados (GALLEGOS et al., 2014). Apesar de menores, representam uma grande parte da biomassa animal em florestas tropicais, excedendo mesmo a dos mamíferos (LACH et al., 2010). Apenas as formigas transportam as sementes para locais favoráveis a germinação (LEAL, 2003). Removem as sementes e as depositam nos ninhos (ANDERSEN, 1988). Os ninhos de diversas espécies de formigas possuem quantidades superiores de nutrientes que em solos circundantes, como: fósforo, potássio e nitrogênio, constituindo um ambiente ideal para o crescimento das plantas (FARJI-BRENER e WERENKRAUT, 2017).

Dentre os benefícios da dispersão de sementes por formigas (mirmecocoria) pode-se citar que elas podem realizar a dispersão secundária de sementes em ambientes degradados (GALLEGOS et al., 2014) e aumentar a velocidade de germinação das sementes (LOPES et al., 2018). A dispersão de sementes é um evento crucial que vai as características genéticas, abundância e diversidade de indivíduos em uma população e na organização dos indivíduos no tempo e no espaço (LEVIN et al., 2003).

A espécie *Hirtella glandulosa* Spreng. é uma árvore que pertencente à família Chrysobalanaceae atribui-se a dispersão das suas sementes principalmente à avifauna (LORENZI, 1998). A sua madeira pode ser usada na construção civil e para usos externos como mourões, no Brasil essa espécie ocorre em vários estados

desde o Amapá ao Distrito federal (MEDEIROS, 2011). Predomina em cerradões, mata ciliar e mata de galeria (KUHLMANN e FAGG, 2012).

*Buchenavia tomentosa* Eickler da família Combretaceae é uma espécie arborea que possui madeira pesada, dura de boa resistência mecânica, podendo ser usada na construção civil; o seu fruto é do tipo drupa, sendo também muito disseminado pela avifauna (LORENZI, 2002). Ocorre em vários estados brasileiros como: Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Tocantins, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo, está presente na Amazônia e no Cerrado (CAMPOS FILHO e SARTORELLI, 2015). É uma espécie recomendada para a composição de reflorestamentos heterogêneos destinado à preservação permanente (LORENZI, 2002).

A árvore *Simarouba versicolor* pertence à família *Simaroubaceae*, seu porte arbóreo pode medir até 11 metros de altura, possui o tronco curto e cilíndrico e sua madeira é leve podendo ser usada na carpintaria, suas sementes são do tipo drupa (LORENZI, 2002). Ocorrem principalmente em Cerrados sentido restrito, Mata seca, Cerradão e Mata de galeria, estão presente nos domínios do Cerrado, Amazônia e Caatinga (MEDEIROS, 2011). Devido ao seu crescimento rápido ela é classificada como pioneira e pode ser recomendada para a restauração ambiental além de possuir frutos que são atrativos para os pássaros do tipo drupa (CAMPOS FILHO e SARTORELLI, 2015).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi analisar as interações de formigas-cortadeiras e se as mesmas agem na dispersão das espécies florestais, *Hirtella glandulosa*, e *Buchenavia tomentosa* em uma área de Cerrado *sensu stricto* no sul do Tocantins. Sendo subdividido em dois capítulos com objetivos distintos: Estudar a interação da formiga-cortadeira *A. sexdens* com os frutos/sementes de *H. glandulosa* e *B. tomentosa*, avaliar a dispersão das espécies arbóreas *H. glandulosa* e *S. versicolor* pela *Atta sexdens* em área de remanescente florestal do cerrado *sensu stricto* e a influência da dispersão na distribuição espacial utilizando a função K de Ripley.

## CAPÍTULO I – DISPERSÃO SECUNDÁRIA DAS ESPÉCIES ÁRBOREAS *Hirtella glandulosa* E *Buchenavia tomentosa* Eichler POR *Atta sexdens*.

### RESUMO

Vertebrados são, geralmente, importantes na dispersão primária de muitas espécies de plantas. Contudo, animais de pequeno porte, a exemplo das formigas-cortadeiras, podem atuar como importantes dispersoras secundárias de sementes. As espécies *Hirtella glandulosa* Spreng. e *Buchenavia tomentosa* Eichler são espécies arbóreas com ampla distribuição no Cerrado e possuem grande importância econômica e ecológica. O objetivo desse trabalho foi estudar as interações entre a espécie de formiga-cortadeira *Atta sexdens* (L.) com as espécies arbóreas *H. glandulosa* e *B. tomentosa* em fragmentos do Cerrado. Para avaliar o efeito da formiga sobre a germinação dessas espécies, foram coletadas sementes em fragmentos de Cerrado *sensu stricto* em Gurupi, Tocantins, onde foram observadas interações entre a formiga-cortadeira e sementes das duas espécies arbóreas. Foram efetuados testes de germinação contendo sementes: não-limpas por nenhum método (T1), limpas manualmente (T2) e limpas por operárias de *A. sexdens* (T3). Para cada um dos tratamentos, foram avaliadas a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG). Os testes mostraram que *A. sexdens* realiza a dispersão secundária das duas espécies de árvores. A retirada da polpa das sementes pelas formigas aumentou a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação de ambas as espécies.

**Palavras-chave:** Mirmecocoria; Cerrado; Tocantins.

**SECONDARY DISPERSION OF TREE SPECIES *Hirtella glandulosa* E  
*Buchenavia tomentosa* Eichler POR *Atta sexdens*.**

**ABSTRACT**

Vertebrates are generally crucial in the primary dispersion of many plant species. The species *Hirtella glandulosa* Spreng. and *Buchenavia tomentosa* Eichler are trees with a wide distribution in Brazil and are of great economic and ecological importance. The objective of this work was to study the interactions between the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (L.) with the tree species *H. glandulosa* and *B. tomentosa* in Gurupi, southern of Tocantins State, Brazil. Germination tests were conducted to evaluate the effect of the ant on the germination of these species. For this, seeds were collected in fragments of "cerrado sensu stricto" in Gurupi, Tocantins State, Brazil, where interactions were observed between the leaf-cutting ant and seeds of the two tree species. Seed germination tests were carried out with seeds: no cleaned by any method (T1), cleaned manually (T2) and cleaned by *A. sexdens* workers (T3). The percentage of germination and germination speed index (GSI) were evaluated. The results of the tests showed that *A. sexdens* performs the secondary dispersion of *H. glandulosa* and *B. tomentosa*. Removal of the pulp from the seeds by the ants increased the percentage and the rate of germination of both tree species.

**Keywords:** Myrmecochory; Cerrado; Tocantins.

## 1 INTRODUÇÃO

A dispersão primária de sementes pode ocorrer pela chuva de sementes da planta mãe, pela queda natural dos frutos ou por animais que utilizam os frutos na sua alimentação (LANDAU et al., 2008). Dentre os animais invertebrados, as formigas são consideradas de grande importância na dispersão de sementes e esse tipo de dispersão é chamado de mirmecocoria (GILADI, 2006; STILES, 1980). Em muitas espécies de plantas em que as aves são dispersoras primárias, as formigas desempenham a função de dispersoras secundárias (LIMA et al., 2013) atuando assim em sinergia com outros grupos animais (CAMARGO et al., 2016). Muitas sementes possuem estruturas especiais que servem como atrativo para as formigas. Um exemplo disso é o elaiossomo, uma protuberância rica em lipídios muito atrativa para as formigas. Sementes que possuem essas estruturas especiais atrativas são conhecidas por sementes mirmecocóricas (SERVIGNE e DETRAIN, 2008).

As formigas podem agir também na dispersão de sementes não mirmecocóricas (FARNESE et al., 2011). É o caso de espécies de plantas que não produzem sementes com elaiossomo, ou qualquer outra estrutura especial para atrair os formicídeos, e mesmo assim são usadas pelas formigas devido ao valor nutritivo dessas sementes (PIZO, 1988; CAMARGO et al., 2016). Quando frutos e sementes caídos debaixo da planta mãe são atrativos para as formigas, elas podem fazer a remoção da polpa deixando-as sementes totalmente limpas (LEAL, 2003). Essa atividade de limpeza pode ser feita embaixo da planta mãe, nas trilhas de forrageamento que levam ao ninho ou no interior do próprio ninho das formigas. Além da dispersão, um dos benefícios aparentes da limpeza para as sementes é a redução da contaminação por fungos (OLIVEIRA et al., 1995). Além disso, as formigas reduzem a predação por outros insetos ao redor de seus ninhos após elas terem sido dispersas (TANAKA et al., 2015) e depositam as sementes em locais propícios à germinação. Por exemplo, tem sido mostrado que os solos dos ninhos de formigas-cortadeiras são ambientes ricos em nutrientes (FARJI-BRENER e WERENKRAUT, 2017).

*Hirtella glandulosa* é uma espécie pertencente à família Chrysobalanaceae. É uma árvore que pode chegar a uma altura de 10 a 20 metros de comprimento, cuja madeira é pesada e pode ser utilizada na construção civil. É uma espécie secundária com produção de sementes anual. No entanto, a taxa de germinação é baixa. Seus frutos do tipo drupa são disseminados principalmente pela avifauna (LORENZI, 1998). No Brasil, ocorre nos estados do Amapá, Pará, Amazonas, Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia, Mato grosso, Goiás, Tocantins e Distrito Federal (MEDEIROS, 2011). Tem como habitat predominante cerradões, matas ciliares e matas de galeria (KUHLMANN e FAGG, 2012).

*Buchenavia tomentosa* pertence à família Combretaceae, sendo uma espécie arbórea que pode atingir de 5 a 12 metros de altura. Sua madeira é densa, dura e de boa resistência mecânica, podendo ser usada na construção civil (LORENZI, 2002). Seus frutos, assim como os de *H. glandulosa*, são do tipo drupa, os quais são muito disseminados pela avifauna (LORENZI, 2002). Sua ocorrência abrange os estados brasileiros do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Tocantins, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo, nos biomas Amazônia e Cerrado (CAMPOS FILHO e SARTORELLI, 2015). Essa espécie é recomendada para a composição de reflorestamentos heterogêneos destinados à preservação permanente (LORENZI, 2002).

Conhecendo os valores econômicos e ecológicos dessas espécies florestais, este trabalho objetivou estudar a interação da formiga-cortadeira *A. sexdens* com os frutos/sementes de *H. glandulosa* e *B. tomentosa* em condições naturais em área de remanescente florestal de cerrado *sensu stricto* no sul do estado do Tocantins. Mais especificamente, objetivou-se responder às seguintes perguntas : a) As formigas-cortadeiras agem como dispersoras (primárias ou secundárias) de sementes de *H. glandulosa* e *B. tomentosa*? b) Sementes de *H. glandulosa* e *B. tomentosa* limpas por formigas-cortadeiras possuem taxa de germinação e índice de velocidade de germinação diferentes das sementes que não foram limpas embaixo da planta-mãe?

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Os estudos foram conduzidos em uma área de cerrado *sensu stricto* dentro de uma reserva legal na fazenda experimental e em uma área de bosque na Universidade Federal de Tocantins, *Campus* de Gurupi – TO, sob as coordenadas geográficas (11°43'25" S e 49°04'54" W). As áreas apresentam as seguintes dimensões 42,14 ha e 0,18 ha, respectivamente.

A classificação climática é definida como tropical úmido (Aw) segundo a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013) com temperatura média anual de 25°C. O clima apresenta uma precipitação média anual de 1.200 mm a 2.100 mm e a temperatura média anual do ar varia de 25 °C a 29 °C (SEPLAN, 2012).

### 2.2 Interação de formigas-cortadeiras com *H. glandulosa* e *B. tomentosa*

Observações semanais foram conduzidas entre os meses de setembro a novembro de 2017 para determinar quais espécies de formigas interagem com os frutos e sementes caídos de espécies arbóreas presentes nos fragmentos florestais estudados.

Durante todo o período de observação, apenas a formiga-cortadeira *A. sexdens* foi observada interagindo com frutos/sementes de duas espécies arbóreas. As áreas foram vistoriadas e as árvores foram localizadas por meio das trilhas de forrageamento. Um total de dois espécimes de *B. tomentosa* e quatro de *H. glandulosa* estavam frutificadas e todas as árvores apresentavam sinais de forrageamento, isto é, frutos e sementes com diferentes graus de consumo e limpeza pelas formigas e disposição orientada em direção às trilhas de forrageamento de *A. sexdens*. As duas espécies arbóreas aqui estudadas produzem frutos do tipo drupa, isto é, frutos carnosos que apresentam uma única semente no endocarpo e geralmente o endocarpo é duro e espesso (Apêndice A). Assim, quando se falar em semente, será uma referência ao endocarpo contendo a semente, uma vez que endocarpo não foi removido pelas formigas. Exocarpo + mesocarpo serão referidos como polpa.

### **2.3 Formigas agem como dispersoras primárias ou secundárias de sementes de *H. glandulosa* e *B. tomentosa*?**

Durante o mês de setembro, quando havia frutos maduros das duas espécies arbóreas, foram realizadas inspeções visuais semanalmente, nos períodos da manhã (7:00h - 9:00h), tarde (17:00 - 18h30) e à noite (21:00h - 23:00) para avaliar se as formigas estavam atuando como dispersoras primárias ou secundárias. Pela manhã e à tarde foram realizadas observações a fim de verificar se outros animais como pássaros, se alimentavam das sementes, se eles derrubavam as sementes ao longo do terreno ou se as sementes caíam naturalmente no solo. As observações duravam uma hora e meia em cada sítio. No período da noite e pela manhã, em que ocorre maiores taxas de forrageamento pelas formigas, foram realizadas as observações a fim de analisar se, durante o forrageamento, as operárias subiam nas árvores e derrubavam as sementes para outras recolherem, ou se elas apenas transportavam as sementes caídas no solo para as suas colônias.

### **2.4 Teste de germinação**

Para a espécie *H. glandulosa*, coletores de sementes foram instalados embaixo das plantas-mãe no mês de setembro de 2018, totalizando 3 pontos, sendo um coletor por árvore. O coletor consistia de quatro estacas de bambu de 50 cm de altura, fixadas ao solo de modo a formar um quadrado de 1 m com um sombrite fixado sobre as estacas em formato côncavo para receber os frutos que caíam das árvores. Para a espécie *B. tomentosa*, realizou-se a coleta das sementes caídas recentemente no solo em número suficiente para o teste de germinação, todas no mesmo dia. Assim, não foi necessário instalar coletores de sementes.

Foram realizados três tratamentos: T1- sementes não-limpas por nenhum método; T2- limpas manualmente e T3- limpas por operárias de *A. sexdens*. Foram coletadas sementes recém forrageadas por operárias de *A. sexdens* (T3) e sementes recém caídas das árvores não-limpas por nenhum método (T1).

Para a espécie *H. glandulosa* foram coletadas vinte e quatro sementes não-limpas (T1), vinte quatro sementes para serem limpas manualmente (T2) e vinte e um sementes limpas por operárias de *A. sexdens* (T3). Para a espécie *B. tomentosa*, foram coletadas oito sementes não-limpas (T1) e vinte e quatro sementes para serem limpas manualmente (T2) e trinta e seis limpas por operárias de *A. sexdens*

(T3). Para todos os testes, foram descartadas as sementes que apresentavam sinais de ataque de insetos, fungos ou imaturas ou qualquer outra injúria visível

Posteriormente, foram montados os testes de germinação. O experimento com *H. glandulosa* foi constituído de três tratamentos: T1 - sementes não limpas por nenhum método; T2- limpas manualmente e T3 - sementes limpas por operárias de *Atta sexdens*, T1 e T2 com três repetições (placas) cada, contendo oito sementes e T3 com duas repetições (placas), contendo oito sementes cada. As sementes foram colocadas em placas de Petri ( $\varnothing = 9$  cm) esterilizadas e forradas com duas folhas de papel filtro e umedecidas com água destilada para germinar. Foram encubadas em câmara de germinação do tipo B.O.D., a 25 °C e fotoperíodo de 12 horas por 36 dias.

Os mesmos três tratamentos T1 com uma repetição (saco plástico), T2 com três repetições cada e T3 com quatro repetições cada e todas contendo oito sementes por saco foram feitos com a espécie *B. tomentosa*. No entanto, como as sementes dessa espécie eram maiores, optou-se por usar sacos plásticos com substrato comercial Bioflora<sup>®</sup> os quais foram sequencialmente acondicionadas no viveiro florestal com sombreamento de 50% de luminosidade, recebendo duas irrigações diárias e a duração do experimento foram de 43 dias.

As seguintes variáveis analisadas foram:

Índice de velocidade de Germinação (IVG), segundo (MAGUIRE, 1962).

$$IVG = \frac{X_1}{Y_1} + \frac{X_2 - X_1}{X_2} + \frac{X_n - X_{n-1}}{Y_n} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: X 1, X2 e Xn representam os números de sementes germinadas nos dias 1, 2 e N respectivamente, e Y1, X2 e Yn representam os números de dias da montagem do experimento até o primeiro, segundo e enésimo dia respectivamente.

Porcentagem de germinação segundo BRASIL (2009):

$$G(\%) = \frac{SG}{TS} * 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: G= percentual de germinação; SG= número de sementes germinadas; TS= número total de sementes. O programa utilizado para as todas as

análises estatísticas foi o programa estatístico R (R CORE, 2013). ANOVA foi usada na comparação dos tratamentos e o teste Tukey para comparação múltipla dos tratamentos, todos considerando um nível de 5% de significância.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Interação de formigas-cortadeiras com *H. glandulosa* e *B. tomentosa*

Durante todo o período de avaliação, operárias de *A. sexdens* foram observadas interagindo e carregando os frutos no local de observação. As formigas eram atraídas pelos frutos presentes sobre o solo e faziam trilhas de forrageamento até esse local. A atividade das formigas consistia em remover a polpa, deixando a semente limpa. Durante o forrageamento, apenas operárias forrageadoras maiores (largura da cápsula cefálica > 2.3 mm) carregavam os frutos contendo polpa, e em outras situações carregavam sementes que tinham sido parcialmente ou totalmente limpas pelas operárias menores. Essas operárias menores retiravam a polpa e transportavam pequenos fragmentos para o interior do ninho. Quando as sementes eram maiores, foi possível observar até duas operárias transportando a semente em direção ao ninho (Apêndice B).

Muitas sementes foram limpas debaixo da árvore matriz (árvore-mãe), enquanto outras o foram ao longo da trilha de forrageamento. Também foi possível observar-se sementes limpas e não limpas abandonadas ao longo da trilha de forrageamento e algumas foram transportadas e limpas dentro do ninho e posteriormente descartadas na superfície próxima dos formigueiros.

Os frutos das duas espécies são atrativos aos pássaros que se alimentam delas. No momento em que estão se alimentando, derrubam muitos frutos no chão que ficam disponíveis para as formigas. Esses frutos também caem naturalmente das árvores à medida que vão amadurecendo. Não foram observadas, em nenhuma ocasião, operárias de *A. sexdens* subindo nas duas espécies de árvores para a coleta desses frutos. Em todas as observações, as operárias manipulavam e transportavam apenas os frutos caídos no chão.

### 3.2 Germinação

Na avaliação com *H. glandulosa*, as sementes do tratamento T1 (não limpas por nenhum método) apresentaram menor porcentagem de germinação, isto é, 4% ao final do período de observação). A porcentagem de germinação foi estatisticamente e numericamente igual para os tratamentos T2 e T3, isto é, 13% para ambos os tratamentos.

Quanto ao índice de velocidade de germinação, o tratamento T1 apresentou valor significativamente menor (IVG=0), enquanto o tratamento T3 apresentou valor significativamente maior, quando comparado às sementes dos outros dois tratamentos (F2,218, p= 0,000146) (Tabela1).

Na avaliação com a espécie *B. tomentosa*, houve diferenças estatísticas na porcentagem de germinação entre os tratamentos das sementes a 5% de probabilidade (F2, 210=2,87, P= 0,058) pelo teste Tukey, a porcentagem de germinação para os tratamentos T1 e T2 foram nulas. No entanto, o tratamento T3 apresentou taxa de germinação de 36% e IVG igual a 1,8 (Tabela 1).

**Tabela 2** – Porcentagens médias de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *H. glandulosa* e *B. tomentosa*.

Espécies	Tratamentos	Nº de sementes	% de Germinação	IVG
<i>H. glandulosa</i>	T1	24	4 a	00 a
	T2	24	13 b	0,2 b
	T3	21	13 b	1,6 c
<i>B. tomentosa</i>	T1	8	0 a	0 a
	T2	24	0 a	0 a
	T3	36	36 b	1.8 b

Nº de sementes amostradas. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. T1 (sementes não-limpas por nenhum método (controle), T2 (sementes limpas manualmente), T3 (sementes limpas por operárias de *A. sexdens*).

## 4 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados no presente estudo mostram que operárias de *A. sexdens* atuam como dispersoras secundárias das espécies arbóreas *H. glandulosa* e *B. tomentosa* elas fazem a limpeza e realocação das sementes para trilhas de forrageamento e para os ninhos. Uma vez que ambas as árvores são secundárias e heliófilas, um benefício claro da interação com as formigas é a dispersão das sementes para sítios mais distantes para a sua germinação, já que as formigas carregam essas sementes a uma distância máxima de até 7,69 m da árvore matriz até o ninho. Além disso, ninhos de formigas podem constituir ambientes com maior disponibilidade de nutrientes, macro e micro, e também livres de fitopatógenos, pois secreções das formigas podem diminuir a carga desses agentes sobre o solo (TARSA et al., 2018). Também, embora não testado aqui, é possível que ocorra redistribuição de sementes que são largadas sobre as trilhas ou acumuladas sobre os ninhos, alcançando dessa forma distâncias superiores aos limites da área de vida das formigas (GORB et al., 2018; ZHU et al., 2017). Pode ocorrer germinação de sementes de ambas as espécies na superfície do solo, no entanto precisam de luz para que as plantas consigam se desenvolver (MACIEL et al., 2003). Em ambiente de Mata Atlântica, não foi demonstrado que ninhos de *A. sexdens* conseguem alterar fatores microclimáticos como luminosidade e umidade do ar, no ambiente do interior da mata (OLIVEIRA et al., 2018). Nesse mesmo estudo, os autores conseguiram detectar uma diminuição de temperatura próximo dos ninhos. Assim, deve-se estudar se as mesmas variações microclimáticas são verificáveis na área de estudo que é um cerrado *stricto sensu*, onde períodos de maior temperatura e menor umidade do ar são constantes durante a época de frutificação dessas espécies (PIRES, 2015). Com a chegada da estação das chuvas, a partir de novembro, muitas sementes podem chegar a germinar nesses locais e algumas plantas se estabelecerem na área, mostrando a importância da dispersão secundária de sementes por formigas na conservação ambiental. Além disso, a dispersão secundária de sementes por formigas aumenta o recrutamento de plantas em ambientes degradados (GALLEGOS et al., 2014) e também podem beneficiar

processos de regeneração de plantas no cerrado (MAGALHÃES et al., 2018). Em nosso estudo, as formigas não destruíam as sementes no momento em que retiravam a polpa nas trilhas de forrageamento, nem dentro dos ninhos. Isso mostra que, para essas espécies, operárias de *A. sexdens* não atuam como predadoras e sim dispersoras. Os nutrientes da polpa dos frutos são vantajosos para as formigas. Muito provavelmente, elas usam a polpa dos frutos para cultivo do seu fungo simbiótico e assim alimentarem larvas, descartando em seguida as sementes limpas no entorno do ninho. O uso da polpa dos frutos pode trazer maior crescimento larval e benefícios para as formigas (MAGALHÃES et al., 2018). Esse recurso, que aparece nos meses mais secos do ano no cerrado, constitui uma fonte nutritiva bem como de umidade para as formigas-cortadeiras quando diminui a disponibilidade de folhas verdes e tenras. Além disso, esse período do ano coincide com o momento em que colônias maiores de *A. sexdens* fazem um grande investimento energético na produção de reprodutores alados (BUENO et al., 2002), que realizarão a revoada entre os meses de novembro e dezembro, logo no início da temporada de chuvas.

Na avaliação sobre germinação com a espécie *H. glandulosa*, as sementes limpas manualmente e sementes limpas por formigas exibiram maior taxa germinação do que sementes com a polpa, evidenciando assim que, para *H. glandulosa*, a retirada da polpa da semente é benéfica para a germinação das sementes. O valor da porcentagem de germinação foi parecido com o obtido por SILVA e SOUZA (2014) para a espécie *Copaifera langsdorffii*. O índice de velocidade foi maior para o tratamento com sementes limpas pelas formigas, o que indica que a limpeza pode aumentar a velocidade de germinação. Esse comportamento seria vantajoso para as plântulas dessa espécie, pois permitiria que elas se desenvolvessem mais rápido e ter um desenvolvimento melhor do sistema radicular em tamanho e profundidade e assim se estabelecer e suportar períodos da estação seca que é comum na região estudada. No caso da espécie *B. tomentosa*, suas sementes possuem tempo de viabilidade curto (LORENZI, 2002), o que reforça a importância da germinação mais rápida dessas espécies nesses ambientes.

A retirada da polpa das sementes de *B. tomentosa* pelas formigas foi importante para a germinação dessa espécie. É possível que esta espécie tenha uma dormência, sendo necessários a remoção da polpa e o desponte (corte na região basal) para a quebra de dormência. Algumas vezes mesmo aplicando o

sistema de quebra de dormência, o tempo de germinação ser superior a 60 dias (FARIAS et al., 2015). CHRISTIANINI et al. (2007) também verificou que sementes sem a polpa podem chegar a valores de germinação mais alto que sementes com a polpa. As formigas cortadeiras podem ser dispersoras secundárias de *B. tomentosa*, elas fazem a remoção da polpa e carregam pequenas sementes. Algumas sementes são abandonadas nas trilhas de forrageamento, perto dos seus ninhos ou em cima dos murundus (FARIAS et al., 2015). Assim, o estudo aqui apresentado, juntamente com outros já realizados, demonstra que as formigas-cortadeiras podem ter um papel crucial na estrutura e composição florestal do cerrado.

## 5 CONCLUSÕES

*Atta sexdens* realiza a dispersão secundária das espécies do Cerrado *H. glandulosa* e *B. tomentosa*. A retirada da polpa das sementes pelas formigas aumenta a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, G.; JOSÉ, L.; SPAROVEK.; G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v.22, n.6, p. 711-728, 2013.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

BUENO, O.C.; HEBLING, M.J.A.; SCHNEIDER, M.O.; PAGNOCCA, F.C.; BACCI, J.R.M. "Occurrence of Winged Forms of *Atta Sexdens Rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae) in Laboratory Colonies." **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 469-73. 2002.

CAMARGO, P.H.S.A.; MARTINS, M.M.; FEITOSA, R.M.; CHRISTIANINI, A.V. "Bird and Ant Synergy Increases the Seed Dispersal Effectiveness of an Ornithochoric Shrub." **Oecologia**, v.181, n. 2, p. 507–18, 2016.

CAMPOS FILHO, E.M.; SARTORELLI, P.A.R. **Guia de identificação de espécies-chave para a restauração florestal na região de Alto Teles Pires-Mato Grosso**. São Paulo: The Nature Conservation, 2015. 248p

CHRISTIANINI, A.V.; NUNES, A.J.M, OLIVEIRA, P.S. The role of ants in the removal of non-myrmecochorous diaspores and seed germination in a Neotropical savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, n.3, p.343-35, 2007.

FARIAS, J.; SANCHEZ, M.; ABREU, M.F.; PEDRON, F. Seed dispersal and predation of *Buchenavia tomentosa* Eichler (Combretaceae) in a Cerrado Sensu Stricto, midwest Brazil. Brazilian. **Journal of Biology**, v.75, n.4, p.88-96, 2015.

FARJI-BRENER, A.G.; WERENKRAUT, V. The effects of ant nests on soil fertility and plant performance: a meta-analysis. **Journal of Animal Ecology**. v, 86, n.4, p. 866-877, 2017.

FARNESE, F.S.; CAMPOS, R.B.F.; FONSECA, G.A. Dispersão de diásporos não mirmecocóricos por formigas: influência do tipo e abundância do diásporo. **Revista Árvore**. v. 35, p. 125-130. 2011.

FERNANDES, T.V. **Testing the influence of the myrmecochory on seed fate and plant establishment**. 2018. 24f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2018.

GALLEGOS, S.C.; HENSEN, I.; SCHLEUNING, M. Secondary dispersal by ants promotes forest regeneration after deforestation. **Journal of ecology**, V.102, N. 3, P. 659-666. 2014.

GILADI, I. “ Choosing benefits or partner: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory”. **Oikos**, v. 112, N. 3, p. 481-92, 2006.

GORB, S.N.; GORB, E.V.; PUNTTILA, P. Effects of redispersal of seeds by ants on the vegetation pattern in a deciduous forest: A case study. **Acta Oecologica**, v. 21, n. 4–5, p. 293–301, 2018.

KUHLMANN, M.F.A.G.G. C. **Frutos e sementes do cerrado: atrativos para fauna: guia de campo**. Ed. Rede de Sementes do cerrado; 2012.

LANDAU, H.C.M.; S. WRIGHT, J.; CALDERÓN, O.; CONDIT, R.; HUBBELL, S.P. Interspecific variation in primary seed dispersal in a tropical forest. **Journal of Ecology**, v.96, n.4, p. 653-667, 2008.

LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (Eds) **Ecologia e Conservação da Caatinga**, Editora Universitária, Recife, p. 593-624. 2003.

LIMA, M.H.C.; OLIVEIRA, E.G.; SILVEIRA, F.A.O. Interactions between ants and nonmyrmecochorous fruits in *Miconia* (Melastomataceae) in a neotropical savanna. **Biotropica**, v.45, n.2, p.217-223, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. vol. 1/ Harri Lorenzi. 2 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual e identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil** vol. 1/ Harri Lorenzi. 4 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002

MACIEL, M.N.M.; WATZLAWICK, L.F.; SCHOENINGER, E.R.; YAMAJI, F.M. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v.1, n.2, p. 69-78, 2003.

MAGALHÃES, V.B.; SANTO, N.B.E.; SALLES, L.F.P.; JR, H.S.; OLIVEIRA, P.S. Secondary seed dispersal by ants in Neotropical cerrado savanna: species specific effects on seeds and seedlings of *Siparuna guianensis* (Siparunaceae). **Ecological entomology**, v.43, n. 5, p. 665-674, 2018.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor1. **Crop Science**,v. 2,n. 2, p. 176-177, 1962.

MEDEIROS, J.D. **Guia de campo: vegetação do cerrado 500 espécies**. Ministério do Meio Ambiente.Brasilia. 2011

OLIVEIRA, M.V.; FRANÇA, E.C.B.; FEITOSA, R.M.; CORREIA, M.E.F.; QUEIROZ, J.M. "Ninhos de *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) Podem afetar a estrutura da assembleia de artrópodes do solo na Mata Atlântica? **Iheringia Série Zoologia**,v.108, n. e2018009.p. e 2018009, 2018.

OLIVEIRA, P.S.; GALETTI, M.; PEDRONI, F.; MORELLATO, P.C. Seed cleaning by *Mycocepurus goeldii* ants (Attini) facilitates germination in *Hymenaea courbaril* (Caesalpinaceae). **Biotropica**, v.27, n.4, p. 518-522, 1995.

PIZO, M.A. **Interação formiga-planta em solo de Mata Atlântica: influencia das formigas na ecologia de frutos e sementes não-mirmecocóricas**. 1988. 115 f. Tese de doutorado (Doutorado em ecologia). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP. 1988.

R Core Team R. A language and environment for statistical computing; Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing; 2013

SEPLAN. **Atlas do Tocantins: subsídios de planejamento da gestão territorial**. 6. Ed. Palmas: Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública, 80 p. 2012.

SERVIGNE, P.; DETRAIN, C. Ant-seed interactions: combined effects of ant and plant species on seed removal patterns. **Insectes Sociaux**, v.55, n.3, p. 220-230, 2008.

SILVA, A.; SOUZA, D.J. Interação entre *Atta sexdens* e espécie arbórea *Copaifera langsdorfii* Desf. em remanescente florestal de cerrado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.9, n.3, p.182-189, 2014.

STILES, E.W. Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the eastern deciduous forest. **The American Naturalist**, v.116, n. 5, p. 670-688, 1980.

TANAKA, K.; OGATA, K.; MUKAI, H.; YAMAWO, A.; TOKUDA, M. Adaptive advantage of myrmecochory in the ant-dispersed herb *Lamium amplexicaule* (Lamiaceae): predation avoidance through the deterrence of post-dispersal seed predators. **PloS one**, v.10, n. 7, 2015.

TARSA, C.; MCMILLAN, A.; WARREN, R.J. Plant pathogenic fungi decrease in soil inhabited by seed-dispersing ants. **Insectes Sociaux**, v. 65, n. 2, p. 315–321, 2018.

ZHU, Y.; WANG, D.; CODELLA, S.G. Seed re-dispersal of four myrmecochorous plants by a keystone ant in central China. **Ecological Research**, v. 32, n.3, p. 387–393, 2018.

## CAPÍTULO II– Padrão de distribuição agregado de duas espécies florestais do cerrado em função da dispersão por formigas-cortadeiras

### RESUMO

A maneira como as árvores dominam o ambiente em uma floresta determinam o padrão de distribuição espacial das espécies. O padrão espacial dos indivíduos pode ser influenciado pela dispersão de sementes em uma área. Nesse sentido, as formigas são conhecidas por serem importantes dispersoras secundárias de sementes. O objetivo deste trabalho foi avaliar as interações da formiga-cortadeira *Atta sexdens* com as espécies arbóreas *Hirtella glandulosa* Spreng. e *Simarouba versicolor* A.St. Hil em remanescente florestal do cerrado *sensu stricto*, bem como verificar a influência dessa dispersão na distribuição espacial. Para isso, utilizou-se a função K de Ripley. O estudo foi conduzido na Universidade Federal de Tocantins, *Campus* de Gurupi – TO, em uma área de bosque em uma área de APP (área de preservação permanente) em uma reserva legal. Foi medido a distância de remoção das sementes pelas formigas no período de germinação das sementes. Após um ano e dois meses, foram contadas as plantas que sobreviveram. Para a análise espacial, foram demarcadas as coordenadas x,y de todas as plantas jovens das duas espécies. Verificou-se que as formigas atuavam na limpeza de sementes debaixo das plantas mãe e sua remoção para os seus ninhos. Durante o período em que iniciam as chuvas na região, houve germinação de muitas sementes depositadas nos ninhos e formação de um agregado de plântulas. Porém, na época da estação seca, muitas plântulas morreram, provavelmente por competição, herbivoria e baixo teor de umidade no solo. Os padrões espaciais em função da dispersão das espécies *S. versicolor* e *H. glandulosa* foram predominantemente do tipo agregado. Essa informação é o início para o entendimento da dinâmica das populações vegetais e para inventários descritivos e análises sobre a biodiversidade na área estudada.

Palavras-chave: *Atta sexdens*; Árvores; Cerrado; Distribuição espacial.

## Aggregate distribution pattern of two forest species from Cerrado as a function of the dispersal by leaf-cutting ants

### ABSTRACT

The way trees dominate the forest environment determines the pattern of the spatial distribution of species. The spatial pattern of individuals may be influenced by the dispersal of seeds in an area. In this sense, ants are essential secondary seed dispersers. The objective of this work was to evaluate the interactions of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* with the tree species *Hirtella glandulosa* Spreng. and *Simarouba versicolor* A.St. Hil in forest remnant of the cerrado sensu stricto, as well as to verify the influence of this dispersion in the spatial distribution. For this, we used the Ripley K function. The study was conducted at the Federal University of Tocantins, Campus de Gurupi - TO, in a forest area of APP (permanent preservation area) in a legal reserve. The distance of seed removal by the ants was measured during the twinning period. After a year and two months, the plants that survived were counted. For the spatial analysis, the x, y coordinates of all young plants of the two species were demarcated. It was verified that the ants acted in the cleaning of seeds under the mother plants and their removal to their nests. During the rainy season, germination of many seeds deposited in the nests and formation of an aggregate of seedlings. However, during the dry season, many seedlings died, probably due to competition, herbivory and low soil moisture content. Spatial patterns as a function of the dispersion of the *S. versicolor* and *H. glandulosa* species were predominantly of the aggregate type. This information is the beginning for understanding the dynamics of plant populations and for descriptive inventories and analyzes of biodiversity in the area studied.

Keywords: *Atta sexdens*; Trees; Cerrado; Spatial distribution.

## 1 INTRODUÇÃO

A maneira como as árvores dominam o ambiente em uma floresta, determinando o padrão de distribuição espacial das espécies, caracteriza o efeito de numerosos processos ecológicos que agem no decorrer do tempo (HIGUCHI, 2018). Padrão espacial é a disposição de acontecimentos em determinada área (KERSHAW, 1973). No setor florestal, os indivíduos dentro da população podem apresentar a distribuição espacial das seguintes formas: aleatória, uniforme ou agregada (VIEIRA, 2015). Padrão aleatório acontece quando o posicionamento de um indivíduo não influencia outro da mesma espécie. Padrão regular acontece quando as distâncias entre os indivíduos são iguais e agregado os indivíduos têm maior disposição de surgir em grupos (SILVA et al., 2009). A dispersão de sementes pode ser uma das causas da formação de padrões espaciais de populações (HOWE e SMALLWOOD 1982).

Os vertebrados são conhecidos por serem os principais dispersores de sementes florestais. Além disso, ao se alimentarem dos frutos nas árvores, podem derrubá-los no solo e torná-los disponíveis para outros animais como as formigas e roedores (LEAL e OLIVEIRA, 1998). As formigas manipulam os frutos e podem tornar-se importantes dispersoras secundárias de sementes (GALLEGOS et al., 2014). Elas podem ser atraídas, por exemplo, por substâncias contidas em um pequeno apêndice presente no fruto que é rico em lipídios chamado de elaiossomo, uma adaptação da planta para a mirmecocoria (LENGYEL et al., 2009). Sementes não mirmecocóricas também podem ser dispersas por formigas. Nesse caso, o que faz as formigas serem atraídas por elas são as substâncias nutritivas presentes como: proteínas, carboidratos e lipídios (PIKART et al., 2010).

As formigas transportam os frutos até os seus ninhos retiram a polpa e devolvem as sementes limpas em cima ou próximas dos ninhos (LEAL, 2003). Sementes transportadas por formigas muitas vezes são abandonadas no chão da floresta antes mesmo de chegar aos ninhos, sendo deixada em locais em condições essenciais para a sua germinação causando a dispersão e gerando benefícios para as plantas (HORVITZ, 1981). Como benefício da dispersão de sementes por formigas tem-se o alto o índice de sobrevivência das sementes e êxito na

germinação aumentando a aptidão das plantas, podendo conduzir a diminuição das taxas de extinção da espécie (LENGYEL et al., 2009).

A árvore *Simarouba versicolor* St. Hill pertence à família Simaroubaceae, seu porte arbóreo pode medir até 11 metros de altura, possui o tronco curto e cilíndrico e sua madeira é leve podendo ser usada na carpintaria, suas sementes são do tipo drupa (LORENZI, 2002). Ocorrem principalmente em cerrados sentido restrito, Mata seca, Cerradão e Mata de galeria, estão presente nos domínios do cerrado, Amazônia e Caatinga (MEDEIROS, 2011). Devido ao seu crescimento rápido ela é classificada como pioneira e pode ser recomendada para a restauração ambiental além de possuir frutos que são atrativos para os pássaros do tipo drupa (CAMPOS FILHO FILHO e SARTORELLI, 2015).

Da família Chrysobalanaceae, *Hirtella glandulosa* Spreng. é uma árvore secundária e heliófila que pode medir uma altura de até 20 metros, sua madeira é pesada e dura, podendo ser utilizada na construção civil e no uso paisagístico (LORENZI, 2002). Os frutos são do tipo drupa muito atrativos para os pássaros, os quais fazem a sua dispersão (LORENZI, 2002). Ocorrem principalmente em mata ciliar, mata de galeria, cerradão, transição com cerrado *stricto sensu*, campo rupestre; cerrado *lato sensu*, savanas amazônicas, está presente nos estados brasileiros do Amapá, Pará, Amazonas, Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal e Tocantins (MEDEIROS, 2011).

Tendo em vista a importância dessas espécies florestais no uso econômico e ecológico, o objetivo deste trabalho foi avaliar as interações da formiga-cortadeira *Atta sexdens* com as espécies arbóreas *H. glandulosa* e *S. versicolor* em área de remanescente florestal do cerrado *sensu stricto*, bem como verificar a influência da dessa dispersão na distribuição espacial, utilizando a função K de Ripley. Assim, procurou-se responder às seguintes questões:

- 1) *Atta sexdens* interagia com quais espécies de plantas?
- 2) Qual a distância de remoção das sementes pelas formigas? Ocorria germinação de plântulas em ninhos de *A. sexdens*?
- 3) Qual a taxa de estabelecimento de plantas após um ano e dois meses da dispersão?
- 4) Qual a composição do banco de sementes nos montes de terra sobre os ninhos?
- 5) Qual é o padrão de distribuição espacial de *H. glandulosa* e *S. versicolor*?

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido na Universidade Federal de Tocantins, *Campus* de Gurupi – TO, em um área de bosque em um área de APP (área de preservação permanente) em um reserva legal na fazenda experimental área de cerrado *sensu stricto*, sob as coordenadas geográficas (11°43'25" S e 49°04'54" W) (Anexo A). As áreas apresentam as seguintes dimensões 1.792,77 m<sup>2</sup>, 45.114,03 m<sup>2</sup>, 421.425,84 m<sup>2</sup>.

A classificação climática é definida como tropical úmido (Aw) com temperatura média de 25°C segundo a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013). O clima apresenta uma precipitação média anual de 1.200 mm a 2.100 mm e a temperatura média anual do ar varia de 25 °C a 29°C (SEPLAN, 2012).

### 2.2 *Atta sexdens* interagia com quais espécies de plantas?

Observações semanais foram conduzidas entre os meses de setembro a novembro de 2017 para determinar quais espécies de formigas interagem com os frutos e sementes caídos de espécies arbóreas presentes nos fragmentos florestais estudados. Durante todo o período de observação, apenas a formiga-cortadeira *A. sexdens* foram observadas interagindo com sementes de duas espécies arbóreas: *H. glandulosa* e *S. versicolor*. As áreas foram vistoriadas e as árvores foram localizadas por meio das trilhas de forrageamento. Um total de quatro árvores de *H. glandulosa* e seis *S. versicolor* estavam frutificadas e todas as árvores apresentavam sinais de forrageamento isto é frutos e sementes com diferentes graus de consumo e limpeza pelas formigas e disposição orientada em direção às trilhas de forrageamento de *A. sexdens*. As duas espécies arbóreas aqui estudadas produzem frutos do tipo drupa, isto é, frutos carnosos que apresentam uma única semente no endocarpo e geralmente é duro e espesso.

### **2.3 Qual a distância de remoção das sementes pelas formigas? Ocorria germinação das plântulas em ninhos de *A. sexdens*?**

No período de maturação dos frutos das espécies *H. glandulosa* e *S. versicolor* em setembro de 2018, foram realizadas medições com o auxílio de uma trena da distância que as formigas carregavam os frutos de baixo da árvore mãe até os ninhos. Após isso, quando iniciaram as chuvas no mês de novembro de 2018 e início da germinação das sementes que foram limpas e depositadas na parte superficial dos ninhos pelas formigas foram realizadas outras avaliações, com o auxílio de uma trena mediu-se uma área de 1 m<sup>2</sup> sobre os ninhos das formigas da espécie *A. sexdens* e todas as plântulas foram contadas. Ou seja, foram consideradas plântula a fase entre a emissão da raiz primária e crescimento do primeiro par de folhas apenas as plantas medindo até 9 cm.

### **2.4. Qual a taxa de estabelecimento de plantas após um ano e dois meses da dispersão?**

Após um ano e dois meses para avaliar as plantas sobreviventes retornamos as áreas de avaliação e contamos as plantas que sobreviveram e se estabeleceram no local de estudo. Foram avaliadas seis áreas localizadas na APP e três na área de bosque para a espécie de *S. versicolor*. Já para a espécie de *H. glandulosa* na área de bosque foram avaliadas cinco áreas.

### **2.5 Qual a composição do banco de sementes nos montes de terra sobre os ninhos?**

Observações mensais foram conduzidas entre os meses de setembro de 2017 a novembro de 2018, em uma área de bosque no campus de Gurupi e na reserva legal da fazenda experimental de Câmpus de Gurupi-TO, as observações foram realizadas nos montes de terra solta sobre os ninhos das formigas e todas as sementes encontradas sobre os ninhos foram coletadas levadas para o laboratório de sementes do campus de Gurupi-TO e depois foram identificadas para saber a qual espécie e família pertenciam cada semente.

## 2.6 Qual o padrão de distribuição espacial das espécies arbóreas *H. glandulosa* e *S. versicolor*?

Para realização da análise da distribuição espacial, selecionou-se 2 áreas para as espécies em estudo, sendo que utilizou-se 5 pontos para a *S. versicolor* e 4 pontos para a *H. glandulosa*, com o auxílio de uma trena foi delimitado um raio de 30 metros que iniciava a partir da árvore matriz. Foi registrada o posicionamento de todas as plantas jovens e de médio porte. O posicionamento das coordenadas geográficas de cada foi realizado com o auxílio GPS (Global Position Systems), através do aplicativo programa C7 GPS Dados ( CR Campeiro 7). Foram medidos os diâmetros de cada planta, sendo consideradas: árvores jovens desde o estágio de plântulas e mudas à plantas pequenas; árvores médias de até 5 metros de altura e árvores adultas a partir de 5 metros. Foram caracterizadas pelos diâmetros < 5cm plântulas e mudas, ≥5 cm plantas pequenas, ≥ 7 árvores médias, ≥ 10 cm árvore adulta.

A análise do padrão espacial foi realizada utilizando a função  $K(h)$  de Ripley para avaliar a distribuição espacial das espécies estudadas *H. glandulosa* e *S. versicolor*. A função acumulativa  $K(h)$  de Ripley é uma estatística descritiva do padrão espacial, é uma importante ferramenta apontada como mais adequada para análise de padrão espacial de florestas (SILVA et al., 2009) É um método baseado em estatística de segunda ordem, representa a estrutura da correlação espacial do padrão de pontos fundamentando-se na distribuição de distâncias entre pares de pontos e aumento da distância de análises (RIPLEY,1977; LEDO et al., 2012). Na contagem e distância é necessário o conhecimento das coordenadas (x,y) de cada árvore presente na área de estudo para a aplicação da função. Essa função fundamenta-se em um círculo de raio  $h$  centrado em cada árvore na área, onde o número de árvores dentro da área deste círculo é contada. Como vantagem o método avalia o padrão espacial em diferentes escalas de distância (RIPLEY.,1977). Mediante a estimativa da função univariada de  $K(h)$ , pode-se testar a hipótese de completa aleatoriedade espacial, em que é analisado se o padrão de distribuição espacial das espécies se trata de forma agregada, aleatória ou regular. (MACHADO et al., 2012 ).

A função  $K(h)$  foi transformada em  $L(s)$  para facilitar a visualização dos resultados de acordo com a fórmula (1) e distribuídos graficamente, em que os eixos das abscissas e ordenadas representam, nessa ordem, as distâncias  $S$  e os valores transformados da função  $K$  (RIPLEY, 1979).

$$\hat{L}(s) = \sqrt{\hat{K}(s)} / \pi \cdot s \quad (1)$$

O envelope de confiança é diferenciado pelas linhas pontilhadas, correspondendo uma positiva e outra negativa. O valor de  $L(s)$  em cada acontecimento é definido pela linha contínua. Para aceitar a hipótese de completa aleatoriedade espacial (CAE) a linha que determina os valores de  $L(s)$  deve permanecer dentro do envelope de confiança, caso contrário a hipótese é rejeitada e atribui-se que o padrão de distribuição dos indivíduos na área é agregado ou seja se a linha contínua estiver acima do limite superior do envelope (valores positivos  $L(s)$ ), ou regular, quando passar do limite inferior valores negativos indicam regularidade (RODE et al., 2010). Os desvios foram testados quanto completa aleatoriedade espacial (CAE), para a função univariada, isto é, a hipótese nula que os indivíduos se distribuem de forma aleatória, através de 500 simulações de Monte Carlo que geram intervalos máximos e mínimos de confiança. a significância desses valores será testado através de envelope de confiança a 95% de probabilidade. Todas as análises foram gerados por meio do software RStudio versão 1.1.463. (RSTUDIO, 2019) e a biblioteca Splancs (ROWLINGSON e DIGGLE, 2014). Na função Splancs, um limite é utilizado para implementar uma correção para efeito de borda para registro de casos fora da região de estudo. O script da função  $K$  no software R está disponível em Apêndice C.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apenas formigas *A. sexdens* foram observadas interagindo e carregando frutos de duas espécies arbóreas: *H. glandulosa* e *S. versicolor*, a medida que os frutos amadureciam e ficavam disponíveis no solo, as formigas faziam trilha de forrageamento até o local, quando elas encontravam os frutos elas interagem e

carregavam até os ninhos. As ação das formigas baseava-se na remoção do exocarpo+mesocarpo provocando a limpeza das sementes.

Muitas sementes foram limpas debaixo da árvore matriz (árvore-mãe), enquanto outras ao longo da trilha de forrageamento. Também foram observadas sementes limpas e não limpas abandonadas ao longo da trilha de forrageamento e algumas foram transportadas e limpas dentro do ninho e posteriormente descartadas na superfície próxima dos formigueiros.

Os frutos das duas espécies são atrativos aos pássaros que se alimentam delas. No momento em que estão se alimentando, derrubam muitos frutos no chão que ficam disponíveis para as formigas. Esses frutos também caem naturalmente das árvores à medida que vão amadurecendo. Não foram observadas, em nenhuma ocasião, operárias de *A. sexdens* subindo nas duas espécies de árvores para a coleta desses frutos. Em todas as observações, as operárias manipulavam e transportavam apenas os frutos caídos no chão.

Sobre a distância que as formigas carregaram as sementes da espécie *S. versicolor* para o ninho em área de APP foi de 18 metros e 46,5 metros no bosque e a maior distância da espécie *H. glandulosa* foi de 7,69 metros no bosque. No trabalho de (FERNANDES, 2018) a maior distância que as formigas carregaram as sementes de *M. fistulifera* foi de 12,45 metros. Além disso, foi observado que houve a germinação das sementes limpas e depositadas nos ninhos pelas formigas no início da estação de chuva e a germinação das plântulas aconteceram de forma agregada.

Verificamos que maior número de plântulas germinadas de *S. versicolor* na APP foi de 89 plântulas e no bosque 110 plântulas e 8 plântulas de *H. glandulosa* no bosque. E ainda, a maior porcentagem de plantas que sobreviveram após um ano e dois meses para a *S. versicolor* foi de 9 % na APP e de 7,14 % no bosque e para a espécie *H. glandulosa* foi de 33,3 % no bosque (Tabela 2).

Tabela 2: Quantidade de plântulas germinadas em m<sup>2</sup> nos locais de deposição das sementes limpas (ninhos) pelas formigas *A. sexdens* em área de mata e de bosque com espécie *S. versicolor*, *H. glandulosa*, respectivamente após um ano e dois meses

<b><i>S. versicolor</i> / APP</b>				
Ninhos	Nº de plântulas por m <sup>2</sup>	Distância da árvore até o ninho (m)	Tamanho do ninho	Porcentagem de plantas após um ano e dois meses
N1	37	9,8	60 cm X 60 cm	8,1%
N2	11	10	40 cm X 40 cm	9%
N3	14	11,5	1m X 60 cm	7,1%
N4	41	18	80 cm X 1,32 m	7,3%
N5	87	15	60 cm X 50 cm	3,4%
N6	89	13,5	60 cm X 60 cm	1%
<b><i>S. Versicolor</i> / Bosque</b>				
N1	28	11,22	60 cm X 60 cm	7,14%
N2	23	14,54	70 cm X 70,5 cm	4,3%
N3	110	46,5	70 cm X 70 cm	0%
<b><i>H. glandulosa</i> / Bosque</b>				
N1	8	7,4	40,3 cm X 40 cm	4%
N2	2	6,1	80 cm X 80,9 cm	0%
N3	4	3,7	70cm X 50 cm	25%
N4	2	3	40 cm X 30 cm	0%
N5	6	7,69	3,0 m X 1,70 m	33,3%

Legenda: N1: ninho 1, N2: ninho 2, N3: 1, N4: ninho 4, N5: ninho 5. (Fonte: OLIVEIRA, 2019).

Após vinte e dois dias do início da contagem dos número de plântulas por m<sup>2</sup> foi observado que muitas plântulas da espécie *S. versicolor* morreram por herbívora tanto em área de mata como na área de bosque, e não foi observado as formigas cortando as plântulas, no entanto não foi possível identificar o herbívoro que estava atuando no local estudado.

Quando ocorreu o período de seca na região, foi observado a mortalidade das plântulas em todas as áreas estudadas, é possível que a causa da mortalidade nesse estágio foi o baixo teor de umidade do solo em que poucas plântulas conseguiram resistir. A mortalidade pode também ter sido causado pela competição entre as plântulas. Certamente a agregação de plantas da mesma espécie no mesmo espaço podem competir entre si (ALVES, 1994). Inclusive, competir por água durante a estação seca (BAROT et al., 2005 ). Nesse período muitas plântulas podem morrer e restar poucos sobreviventes no local, é evidente que em um aglomerado de plântulas, os últimos sobreviventes provavelmente são os mais favoráveis a chegar a fase adulta (BAROT et al., 2005 ).

A respeito da composição do banco de sementes sobre os ninhos, foram observadas várias sementes limpas nos ninhos, em 5 ninhos em área de bosque e em três ninhos na Reserva legal, todas as sementes encontradas foram de espécies florestais e nativas do cerrado, mostrando a diversidade de sementes com as quais as formigas interagem (Tabela 3).

Tabela 3: Distribuição do banco de sementes nos ninhos das formigas *Atta sexdens*.

<b>Bosque</b>		
<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Origem</b>
Leguminosae	<i>Dipteryx alata</i>	Nat
Myristaceae	<i>Virola sebifera</i>	Nat
Icacinaceae	<i>Emmotun nitens</i>	Nat
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i>	Nat
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i>	Nat
Anarcadiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i>	Nat
<b>Reserva legal</b>		
<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Origem</b>
Fabaceae	<i>Tachigalis subvelutina</i>	Nat
Icacinaceae	<i>Emmotun nitens</i>	Nat
Anarcadiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i>	Nat

Legenda: Nat (Nativa). (Fonte: OLIVEIRA, 2019).

Sobre a análise espacial da população de plantas da espécie *S. versicolor*, na letra a) até a distância 12 m apresentou população agregada a medida que aumentou a distância a população se mostrou aleatória, por isso, rejeita-se a hipótese de completa aleatoriedade espacial, (CAE), após os 12 m apresentou uma população aleatório, o padrão espacial predominante nesse ponto foi aleatório. Na letra b), c) e letra e) a população se mostrou completamente agregado, nessas áreas rejeita-se a hipótese de completa aleatoriedade espacial (CAE). E na letra d) até a distância 17m apresentou população agregada a partir de 17 m até a distância 29 a população se mostrou aleatória, após 29 a população se mostrou regular (Figura 1)

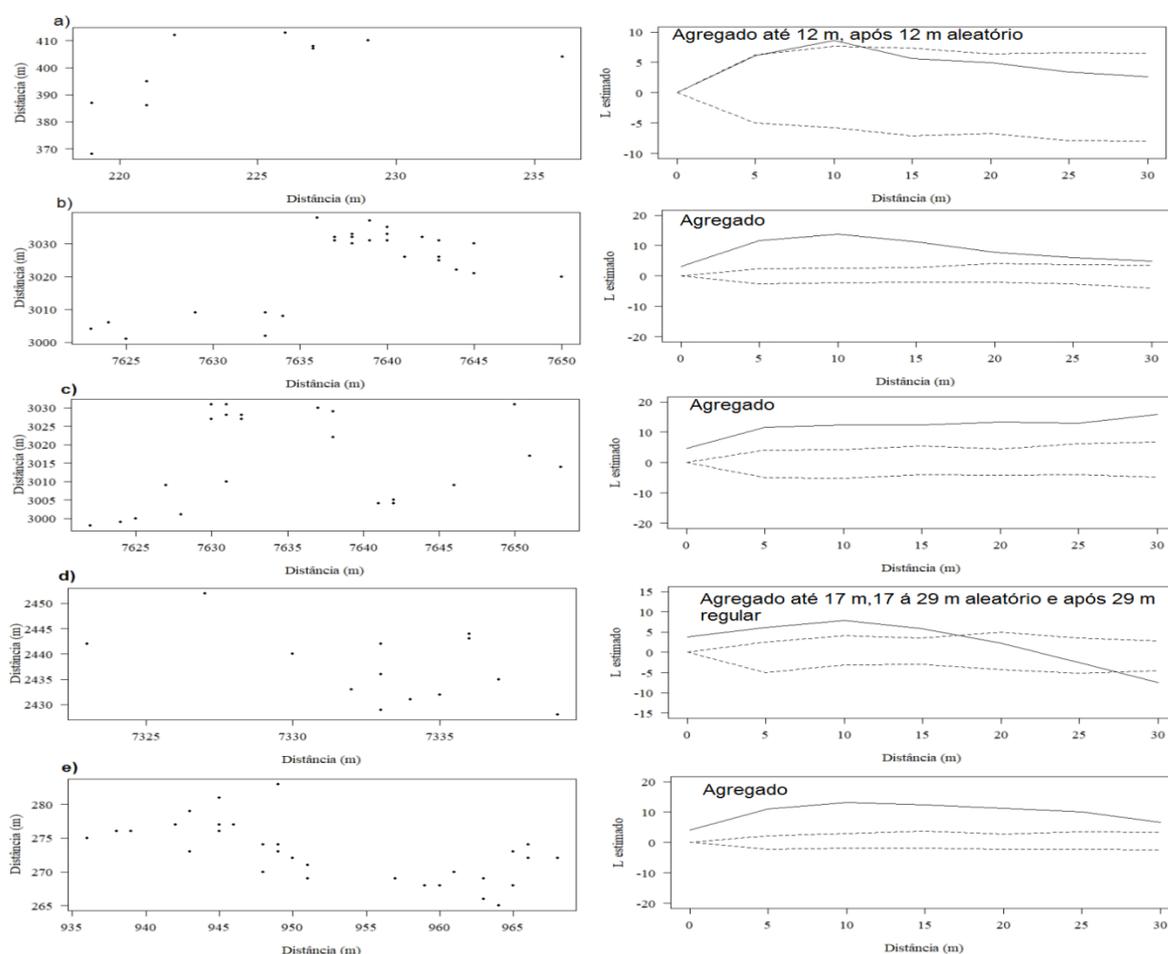


Figura 1: A esquerda o processo pontual: Mapa de distribuição espacial das populações de árvores de *S.versicolor* a) área 1 ponto 1, b) área 2 ponto 1, c) área 2 ponto 2 d) área 2 ponto 3. A direita as linhas tracejadas indicam os envelopes de confiança a 99% de probabilidade. As linhas contínuas demonstram o ajuste pela função K de Ripley transformada ( $L(s)$ ). Se a linha contínua estiver acima das linhas tracejadas indica um padrão agregado, se a linha contínua estiver entre as linhas tracejadas significa que o padrão é aleatório e se estiver abaixo das linhas tracejadas indica um padrão regular. (Fonte: OLIVEIRA, 2019).

Quanto a, análise espacial da população de plantas da espécie *H. glandulosa*, nas letras b) e c) a população mostrou-se completamente agregado, nessas áreas rejeita-se a hipótese de completa aleatoriedade espacial (CAE). Na letra a) a população mostrou-se agregado até a distância de 4 m, após 4 m até 20 m o padrão mostrou-se aleatório. E na letra d), até a distância de 3m a população mostrou-se agregada, após os 3 m a população mostrou-se aleatório (Figura 2).

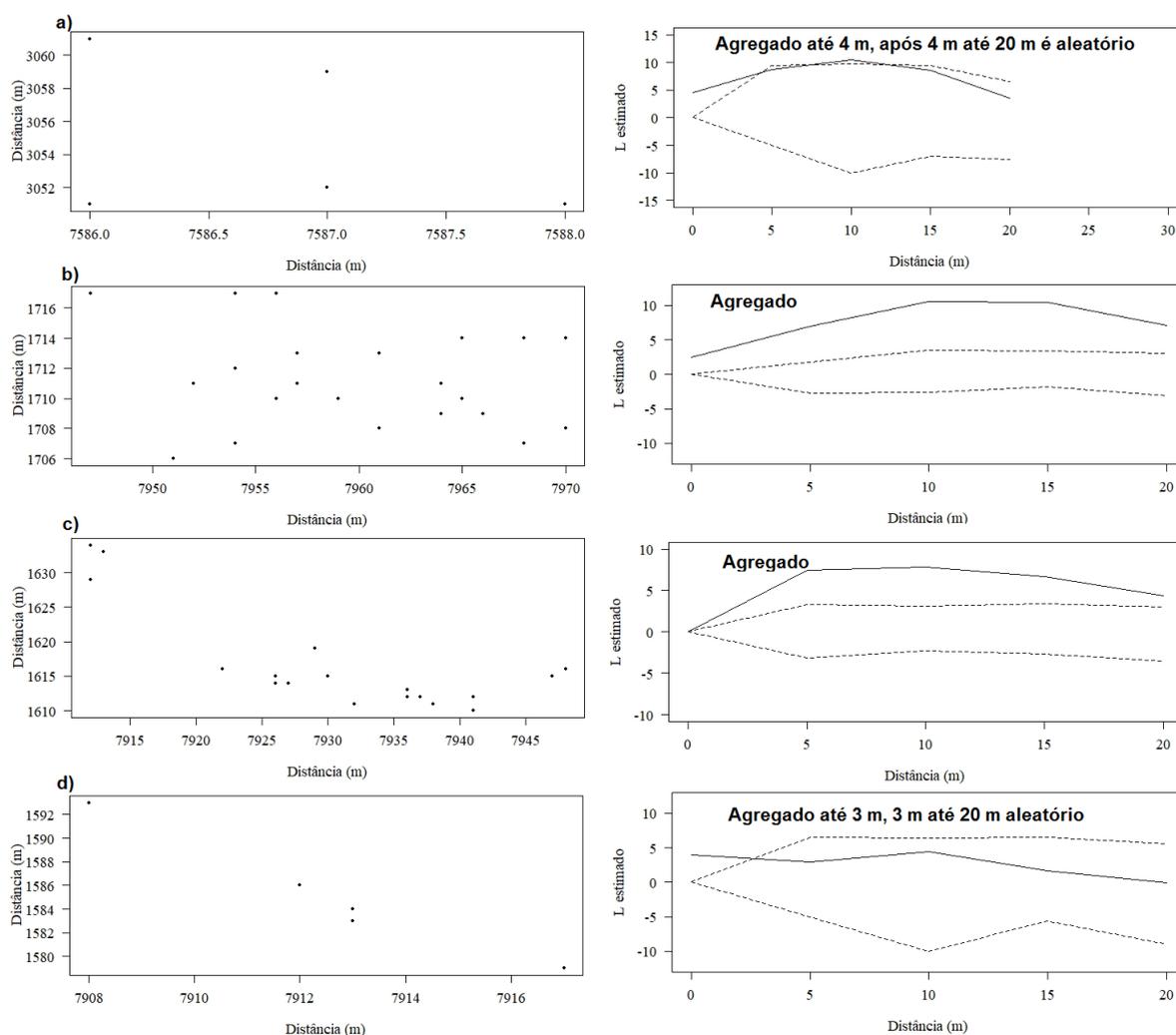


Figura 2: A esquerda processo pontual: Mapa de distribuição espacial das populações de *H. glandulosa* a) área 1 ponto 1, b) área 2 ponto 1, c) área 2 ponto 2 d) área 2 ponto 3. A direita as linhas tracejadas indicam os envelopes de confiança, a 99% de probabilidade. As linhas contínuas demonstram o ajuste pela função K de Ripley transformada (L(s)). Se a linha contínua estiver acima das linhas tracejadas indica um padrão agregado, se a linha contínua estiver entre as linhas tracejadas significa que o padrão é aleatório e se estiver abaixo das linhas tracejadas indica um padrão regular. (Fonte: OLIVEIRA, 2019).

Os resultados mostram a influência da dispersão das espécies *H. glandulosa* e *S. versicolor* pelas formigas *A. sexdens* na distribuição espacial. As duas

populações analisadas das espécies arbóreas mostraram que a dispersão das plantas pelas formigas formam um padrão que é predominante o padrão agregado, ou seja a disposição das plantas ocorrerem principalmente em grupos.

O padrão agregado entre as plantas pode acontecer por exemplo, pelo comportamento das formigas em abandonarem várias sementes nas trilhas de forrageamento e pela deposição de um aglomerado de sementes limpas em cima dos ninhos (micro sítios) causando a agregação dos indivíduos a medida que ocorre a germinação das plântulas, uma vez que, o aglomerado de sementes em um determinado local pode ocasionar em um padrão de distribuição espacial agregado de plantas (BERNASOL e RIBEIRO 2010). Além disso é possível que o padrão agregado esteja associado a uma distribuição mais situado em micro sítios que favoreceu o estabelecimento de indivíduos jovens (VIEIRA, 2015).

No entanto em uma área a população podem apresentar vários padrões espaciais, como aconteceu para ambas as espécies florestais, a medida que aumentava a distância da área o padrão espacial mudou de agregado para aleatório e em alguns casos para regular. Posteriormente a dispersão, a fase que vai desde a germinação até a fase adulto as plantas são susceptível a filtros ecológicos de natureza biótica (e.g., competição, herbivoria e predação) e abiótica (situações ambientais e acontecimentos aleatórios) (HIGUCHI et al., 2015; HIGUCHI, 2018). A mudança de um padrão agregado para aleatório acontece por consequência da mortalidade dos indivíduos na fase jovens em que são agregadas para um padrão espacial aleatório na fase adultos (CAPRETZ et al., 2012). E essa condição pode ocasionar também a formação de um padrão regular de plantas, pois plantas em distintas época de existência apresentam diferentes exigências e portanto ocorrem padrões espaciais diversos (CAPRETZ et al., 2012).

Neste sentido, as formigas *A. sexdens* são reconhecidas por atuarem neste processo como dispersores eficientes por espalhar sementes em locais favoráveis a germinação, como os ninhos que possui fertilidade ideal para o crescimento e o estabelecimento das plantas (FARJI-BRENER e WERENKRAUT, 2017). Com efeito, o conhecimento de como os indivíduos de uma espécie se distribuem em uma área é o início para o entendimento da dinâmica das populações vegetais (SILVA, 2009). E ainda, para inventários descritivos ou análises sobre biodiversidade quando o objetivo é a comparação entre parcelas ou áreas próximas ou mesmo demonstrar a

distribuição espacial em curtas proporções e para isso pode ser utilizados índices do vizinho mais próximo com a função K de Ripley (LEDO et al., 2012)

Em relação a Distribuição de frequência de diâmetros das plantas da espécie *S. versicolor*, as estrutura das plantas na área de estudo, letra a) é caracterizada pelo número maior de plantas e mudas, indicando diâmetro menor que 5 cm e plantas pequenas com diâmetros maior ou igual a 5 cm e algumas árvores de porte médio, com diâmetros maior ou igual que 7 cm e árvores adultas com diâmetros maior ou igual a 10 cm. Na letra b), e) e letra c) respectivamente. São áreas caracterizadas predominantemente por indivíduos com diâmetros menor que 5 cm, ou seja, plantas e mudas. Letra, d) é uma área com maior presença de plântulas e mudas e também plantas pequenas. (Figura 3).

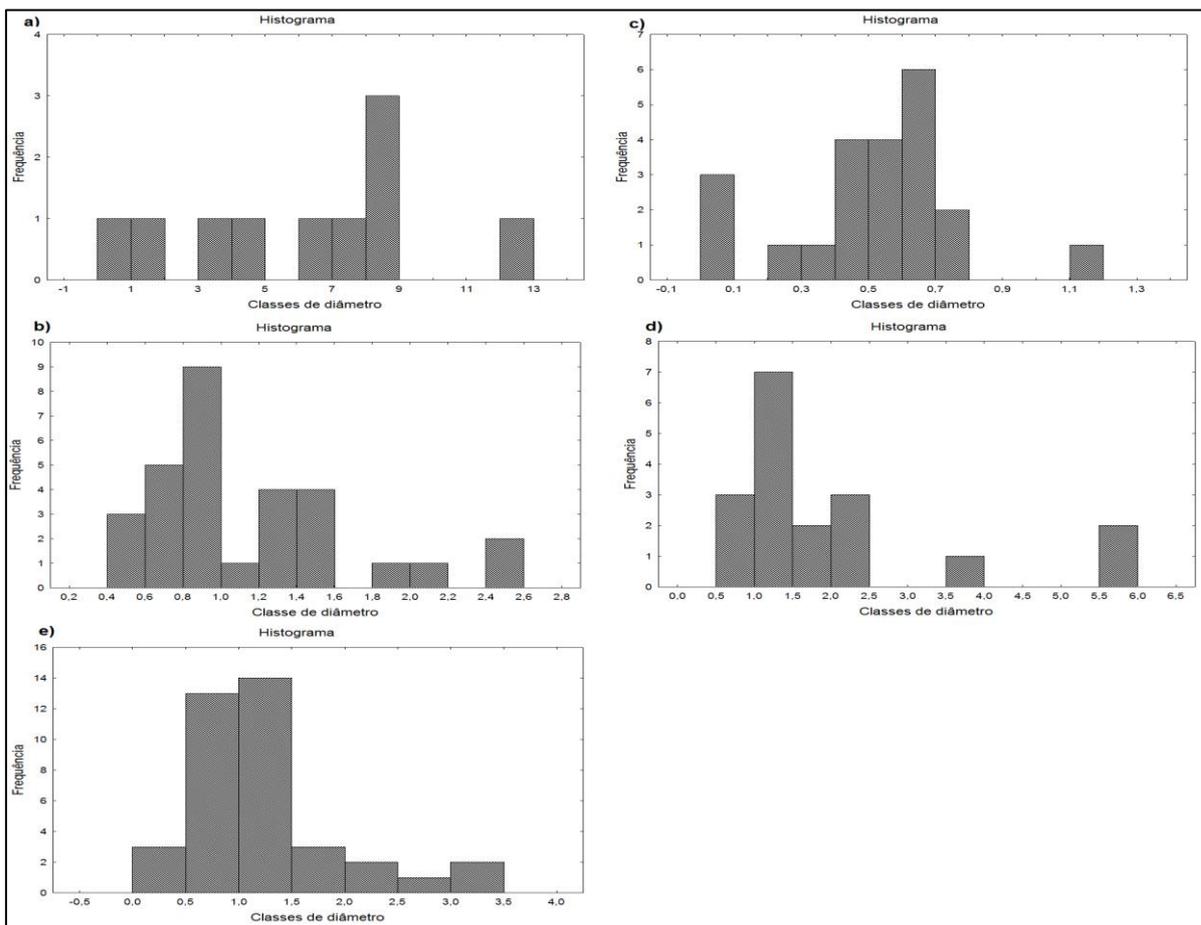


Figura 3: Distribuição de frequência de diâmetros de *S. versicolor* a) área 1 ponto 1, b) área 2 ponto1, c) área 2 ponto 2, d) área 2 ponto 3, e) área 2 ponto 4. Diâmetro < 5cm (plântulas e mudas),  $\geq 5$  cm plantas pequenas,  $\geq 7$  árvores médias cm  $\geq 10$  cm árvore adulta. (Fonte: OLIVEIRA, 2019).

E para a espécie *H. glandulosa* a distribuição de frequência de diâmetros das plantas, em todos os pontos, letra a), b), c), d). São áreas em que as plantas apresentaram diâmetro menor que 5 cm, são indivíduos caracterizadas por plântulas ou mudas (Imagem 6).

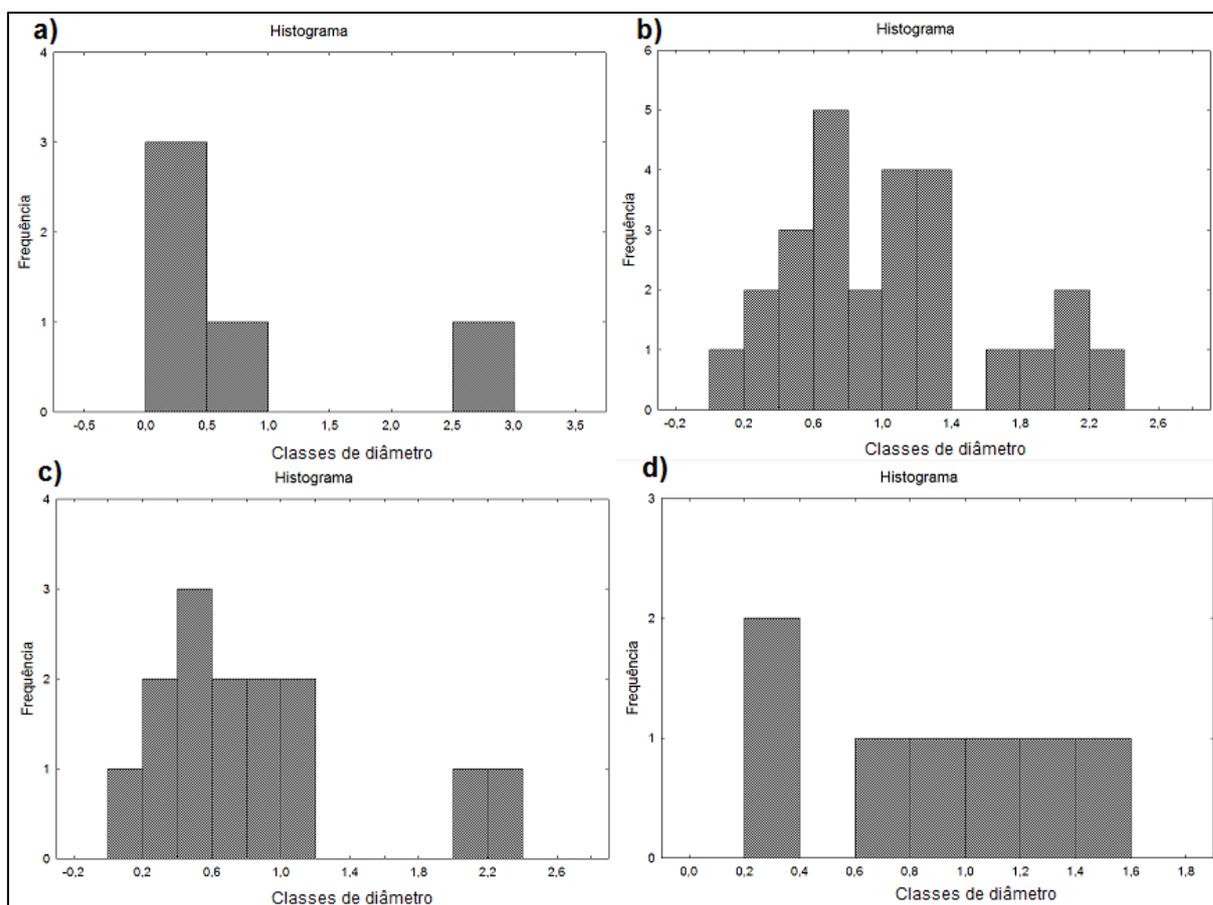


Figura 4: Distribuição de frequência de diâmetros de *H. glandulosa* a) área 1 ponto 1, b) área 2 ponto 1, c) área 2 ponto 2 d) área 2 ponto. Diâmetro < 5cm plântulas e mudas,  $\geq 5$  cm plantas pequenas,  $\geq 7$  árvores médias,  $\geq 10$  cm árvore adulta. (Fonte: OLIVEIRA, 2019).

Em dois pontos nas áreas que estavam presentes as plantas da espécie *S. versicolor* com os maiores diâmetros foram os pontos que apresentaram um padrão espacial indefinido. No trabalho de Pereira et al., (2006).os indivíduos maiores não indicaram um padrão definido. No entanto para a espécie *H. glandulosa* em dois pontos o padrão mudou de agregado para aleatório e são áreas em que as plantas apresentaram diâmetro menor que 5 cm, indivíduos caracterizadas por plântulas ou mudas. Já para os outros pontos para ambas as espécies mostraram um padrão agregado e diâmetros pequenos que caracterizam os indivíduos desde plântulas até plantas médias. Portanto, é uma área que possivelmente está em regeneração, já

que é uma área que sofre frequentes queimadas na estação seca. Podendo comprovar os benéficos da dispersão de plantas por formigas *A. sexdens* no processo de regeneração de plantas no cerrado (MAGALHÃES et al., 2018).

#### 4 CONCLUSÃO

*A. sexdens* realiza a dispersão secundária das espécies do cerrado *H. glandulosa* e *S. versicolor*. Sementes manipuladas e descartadas nos ninhos por formigas *A. sexdens* com o início das chuvas muitas germinam mas apenas algumas árvores jovens conseguem se estabelecer após um ano e dois meses em sítios favoráveis

O padrão espacial predominante para as duas espécies arbóreas *H. glandulosa* e *S. versicolor* dispersas por formigas *A. sexdens* foi o padrão agregado, ou seja as árvores estão agrupadas dentro da área e essa informação é o início para o entendimento da dinâmica das populações vegetais e para inventários descritivos e análises sobre a biodiversidade.

A estrutura das plantas na área estudada de ambas as espécies foi predominantes espécies com diâmetros pequenos que caracterizam os indivíduos desde plântulas até plantas médias.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; LUIZ, S.J.; CESAR, S.P.; GONÇALVES, M.; LEONARDO, J.; GERD, S. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, L. F. **Competição intraespecífica e padrão espacial em uma população de *Euterpe edulis* Mart.(Arecaceae)**. 1994.p.75 .Dissertação( Mestrado em Ciências biológicas)- Instituto de biologia da universidade estadual de campinas, São Paulo. 1994.

BAROT, S.; GIGNOUX, J.; MENAUT, J-C. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, França, v. 80, n. 6, p. 1987, 2005.

BERNASOL, W.P.; LIMA, M.S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de Cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea**, Goiás, v. 37, n. 2, p. 181-198, 2010.

CAMPOS FILHO, E.M.; SARTORELLI, A.R. **Guia de identificação de espécies-chave para a restauração florestal na região de Alto Teles Pires-Mato Grosso**. São Paulo: The Nature Conservation, 2015.248p.

CAPRETZ, R.L.; BATISTA, J.L.F.; SOTOMAYOR, J. F.M.; CUNHA, C.R.; NICOLETTI, M.F.; RODRIGUES, R.R. Padrão espacial de quatro formações florestais do estado de São Paulo, através da função k de Ripley. **Ciência florestal**. Santa Maria, v.22 n.3, p. 551-565, 2012.

FARJI-BRENER, A.G.; WERENKRAUT, V. The effects of ant nests on soil fertility and plant performance: a meta-analysis. **Journal of Animal Ecology**, Argentina, 86,n.4, p.866-877, 2017.

FERNANDES, T.V. **Testing the influence of the myrmecochory on seed fate and plant establishment**. 2018. 24f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2018.

GALLEGOS, S.C.; HENSEN, I.; SCHLEUNING, M. Secondary dispersal by ants promotes forest regeneration after deforestation. **Journal of Ecology**, v.102, n.3, p. 659-666, 2014.

HIGUCHI, P.; SILVA, A.C.; BUZZI JUNIOR, F.B.; NEGRINI, I M, FERREIRA, T.S.; de S, SOUZA, S.T.; SANTOS, K.F.; VEFAGO, M.B. Fatores determinantes da regeneração natural em um fragmento de floresta com araucária no planalto catarinense. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 251-259, 2015.

HIGUCHI, P.; SANTOS, G.N.; SILVA, A.C.; FARIAS, K.J.; MACHADO, F.D.; DUARTE, E.; FERNANDES, C.; VIEIRA, F.; AMARAL, R.S.; AGUIAR, V.; WALTER, F. F.; MORES, B.; REIS, M.A. Regeneração natural em uma floresta com araucária: inferências sobre o processo de construção da comunidade de espécies arbóreas. **Ciências Florestais, Santa Maria**, v. 28, n. 2, p. 483-494, 2018.

HORVITZ, C.C. Analysis of how ant behaviors affect germination in a tropical myrmecochore *Calathea microcephala* (P. & E.) Koernicke (Marantaceae): Microsite selection and aril removal by neotropical ants, *Odontomachus*, *Pachycondyla*, and *Solenopsis* (Formicidae). **Oecologia**. v.51, n.1, p. 47-5, 1981.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual review of ecology and systematics**, v. 13, n. 1, p. 201-228, 1982.

KERSHAW, K.A. Quantitative and dynamics plant ecology. 2 ed. **American Elsevier**, New York Edward Arnold. p. 308, 1973.

LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (Eds) **Ecologia e Conservação da Caatinga**, Editora Universitária, Recife, p. 593-624. 2003.

LEAL, I.R.; OLIVEIRA, P.S. Interactions between Fungus-Growing Ants (Attini), Fruits and Seeds in Cerrado Vegetation in Southeast Brazil 1. **Biotropica**, v.30, n.2, p.170-178, 1998.

LEDO, A.; CONDES, S.; MONTES, F. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. **Revista Peruana de Biología**, v.19, n.1, p. 113-124, 2012.

LENGYEL, S.; GOVE, A. D.; LATIMER, A.M.; MAJER, J. D.; DUNN, R. R. Ants Sow the Seeds of Global Diversification in Flowering Plants. **Plos/one**. v.4, n.5, p.5480, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual e identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil** vol. 2/ Harri Lorenzi 2 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.

MACHADO, S.A.; SANTOS, A.A.P.; ZAMIN, N.T.; NASCIMENTO, R.G.M. Distribuição espacial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p.1013-1019, 2012.

MAGALHÃES, V.B.; SANTO, N.B.E.; SALLES, H.S.J.; OLIVEIRA, P.S. Secondary seed dispersal by ants in Neotropical Cerrado savanna: species-specific effects on seeds and seedlings of *Siparuna guianensis* (Siparunaceae). **Ecological entomology**, v.43, n. 5, p. 665-674, 2018.

MEDEIROS, J.D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 2011.

PEREIRA, A.A.; NETTO, S.P.; CARVALHO, L.M.T. Análise da distribuição espacial de jequitibá rosa em uma floresta estacional Sub- Montana. **Revista acadêmica ciência animal**, v.4, n.2, p.21-34, 2006.

PIKART, T.G.; SOUZA, G. K.; ZANUNCIO, T.V.; ZANETTI, R.; POLANCZYK, R. A.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. Dispersion of Seeds of Tree Species by the Leaf-Cutting Ant *Acromyrmex subterraneus molestans* (Hymenoptera: Formicidae) in Viçosa, Minas Gerais State. Brazil. **Sociobiology**, v. 56, n.3, p.645-652, 2010.

R STUDIO 2019. Disponível em: < <https://www.rstudio.com/>>. Acesso em:1 Fevereiro. 2019.

RIPLEY, B.D. Modelling spatial patterns. Journal of the Royal Statistic Society: **Series B (Methodological)**, v. 39, n. 2, p. 172-212, 1977.

RODE, R.; FILHO A.F.; MACHADO, S.A.M.; GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos Florísticos estabelecidos em um povoamento de araucária angustifolia e em uma floresta ombrófila mista no centro- sul do paraná. **Revista Floresta**, Paraná, v.40, n.2, p. 255-268, 2010.

ROWLINGSON, B.; DIGGLE, P.; BIVAND, R.; PETRIS, G.; EGLIN, S. Splancs: spatial and space-time point pattern analysis. **R package version**, v.01-33, p. 2, 2013.

SEPLAN. **Atlas do Tocantins: subsídios de planejamento da gestão territorial.** 6. Ed. Palmas: Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública, 80 p. 2012.

SILVA, K. E .; MARTINS, S.V.; SANTOS, N.T.; RIBEIRO, C.A.A.S. **Padrões espaciais de espécies arbóreas tropicais** In: MARTINS, S. V. (Ed.). Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Viçosa: UFV, 2009. p. 216-244.

VIEIRA, D.S. **Padrão espacial de espécies arbóreas no baixo rio tapajós, MG,** 2015. 100f. Dissertação (Mestrado em ciência florestal) – Universidade federal vale dos Jequitinhonha e Mucuri. MG, 2015.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados observados mostraram que as formigas são importantes agentes de dispersão secundária de sementes, elas removem as sementes para sítios favoráveis a germinação e a retirada da polpa foi importante para a germinação das espécies estudadas. A dispersão das sementes pelas formigas influenciam na distribuição espacial das espécies, as plantas jovens dispersas por formigas apresentaram um padrão espacial agregado devido ao acúmulo de sementes limpas e depositadas nos ninhos e sementes que são largadas pelas formigas nas trilhas de forrageamento, o conhecimento sobre a dispersão pelas formigas dessas espécies arbóreas deve servir para melhor entender os benefícios e a influência desses insetos na regeneração de uma área para a conservação da biodiversidade, é possível que as formigas possam atuar na dispersão de outras espécies de plantas. Nesse estudo, além das espécies arbóreas estudadas outras sementes de espécies florestais também foram encontradas nos ninhos das formigas e pode servir como base para futuros estudos sobre dispersão de sementes por formigas. As áreas avaliadas no *Campus* de Gurupi precisam continuar sendo estudadas ao longo dos anos para melhor entendimento do processo de dispersão pelas formigas e evolução das plantas dispersas por elas na área.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, A.N. Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. **Oecologia**, v. 75, n. 4, p. 507-511, 1988.

CAMPOS FILHO, E.M.; SARTORELLI, A.R. **Guia de identificação de espécies-chave para a restauração florestal na região de Alto Teles Pires-Mato Grosso**. São Paulo: The Nature Conservation, 2015. 248p.

FARJI-BRENER, A.G.; WERENKRAUT, V. The effects of ant nests on soil fertility and plant performance: a meta-analysis. **Journal of Animal Ecology**, Argentina, 86,n.4, p.866-877, 2017.

GALLEGOS, S.C.; HENSEN, I.; SCHLEUNING, M. Secondary dispersal by ants promotes forest regeneration after deforestation. **Journal of Ecology**, v.102, n.3, p. 659-666, 2014.

KUHLMANN, M.F.A.G.G. C. Frutos e sementes do cerrado: atrativos para fauna: guia de campo. Ed. Rede de Sementes do cerrado; 2012.

LACH, L.; PARR, C.L.; ABBOTT, K.L (Ed.). Ant ecology. Oxford university press, 2010.

LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (Eds) **Ecologia e Conservação da Caatinga**, Editora Universitária, Recife, p. 593-624. 2003.

LEVIN, S.A.; LANDAU, H.C.M.; NATHAN, R.; CHAVE, J. The ecology and evolution of seed dispersal: a theoretical perspective. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, n. 1, p. 575-604, 2003.

LOPES, D.R.S.;TAVARES, R.C.; BATISTA, K.O.M.; SOUZA, P.B.; NASCIMENTO, M.O.; SOUZA, D.J . *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae) Dispersal by the Leaf-Cutter Ant *Atta sexdens*. **Sociobiology**, v. 65, n. 2, p. 337-339, 2018.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. vol. 1/ Harri Lorenzi. 2 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual e identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil** vol. 1/ Harri Lorenzi. 4 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.

MEDEIROS, J.D. **Guia de campo: vegetação do cerrado 500 espécies**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 2011.

PIZO, M.A. **Interação formiga-planta em solo de Mata Atlântica: influência das formigas na ecologia de frutos e sementes não-mirmecócoricas**. 1988. 115 f. Tese de doutorado (Doutorado em ecologia). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP. 1988.

TIFFNEY, B.H. Vertebrate dispersal of seed plants through time. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p.1-29, 2004.

VANDER WALL, S.B.; LONGLAND, W.S. Diplochory: are two seed dispersers better than one?. **Trends in ecology & evolution**, v. 19, n. 3, p. 155-161, 2004.

**APÊNDICE A** : Frutos das espécies florestais *Hirtella glandulosa* e *Buchenavia tomentosa*



**Apêndice A:** Fruto maduro de *Hirtella glandulosa* (a); Semente limpa por operárias de *A. sexdens* (b), Fruto verde de *Buchenavia tomentosa* (c), Semente limpa por operárias de *A. sexdens* (d). (Fonte: OLIVEIRA, 2019).

**APÊNDICE B:** Interação *Atta sexdens* com frutos *H. glandulosa* e *B. tomentosa*.



**Apêndice B:** Operárias menores de *A. sexdens* retirando a polpa de frutos de *H. glandulosa* (a) , operárias maiores de *A. sexdens* carregando o fruto de *H. glandulosa* parcialmente limpas por operárias menores até os ninhos (b), duas operárias maiores de *A. sexdens* transportando o fruto de *H. glandulosa* até o ninho(c) operárias de *A. sexdens* limpando o fruto de *B. tomentosa* debaixo da árvore matriz (árvore-mãe), 2019. (Fonte: OLIVEIRA, 2019).

## APÊNDICE C - Script da função K no software R

```

# K de Ripley Univariada
POPULAÇÃO GERAL
library (splancs)
1- LEITURA DO ARQUIVO DE DADOS
#definição da área
contorno<-read.table("area.csv", header=T, sep=";")
plot(contorno) ## visualizar os pontos limites da área
contorno<-getpoly()## definir o contorno da área
#definição da amostragem
Simarouba<-read.table("Simaroubaplantas.csv", header=T, sep=";")
Simarouba.pts<-as.points(amapa)
tiff("Simarouba plantas pts.tif", width = 10, height = 10, units = "cm", res = 300) #formatação de gráfico
plot(Simarouba.pts, pch=20, xlab="Distância (m)", ylab="Distância (m)", font=6, font.lab=6, cex=0.8,
cex.axis=1.2, cex.lab=1.2, las=1)
dev.off()
s<-seq(0,100,5) ## Determina uma sequencia s
envelope<-Kenv.csr(length(Simarouba[,1]),contorno,nsim=500,s) ## Calcula o envelope de Khat a
partir de simulações de completa aleatoriedade espacial
Simarouba.k<-khat(Simarouba.pts,contorno,s) ## Calcula a função K com correção de borda
tiff("Simaroubaplantas ripley.tif", width = 18, height = 10, units = "cm", res = 300) # formatação de
gráfico
plot(s, sqrt((Simarouba.k)/pi)-s, type="l", xlab="Distância (m)", ylab="L estimado", ylim=c(-60,60),
xlim=c(0,2000),font.axis=6, font.lab=6, font.main=6, cex.lab=1.2,cex.axis=1.2,las=1) ## plota a função
K com correção de borda
lines(s, sqrt(envelope$lower/pi)-s, lty=2) ## plota o limite inferior do envelope
lines(s, sqrt(envelope$upper/pi)-s, lty=2) ## plota o limite superior do envelope dev.off()

```

## ANEXO A



**Anexo A:** A) Bosque, B) Área de preservação permanente (APP), C) Reserva Legal  
(Fonte: Google Earth, 2019)