



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

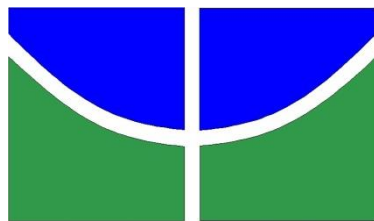
**ANÁLISE DAS REDES DE INTERAÇÕES ASSOCIADAS A ESPÉCIES  
DE RELEVÂNCIA ETNOBOTÂNICA DO CERRADO**

**Cintia Lorena da Silva Isla.**

**Brasília, 04 de abril de 2022.**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**ANÁLISE DAS REDES DE INTERAÇÕES ASSOCIADAS A ESPÉCIES  
DE RELEVÂNCIA ETNOBOTÂNICA DO CERRADO**

**Cintia Lorena da Silva Isla.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado ao Departamento de Engenharia  
Florestal da Universidade de Brasília como parte  
das exigências para obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Florestal.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Rosana de Carvalho  
Cristo Martins

Brasília-DF, 04 de abril de 2022.

## FICHA CATALOGRÁFICA

ISLA, CINTIA LORENA DA SILVA.

ANÁLISE DAS REDES DE INTERAÇÕES ASSOCIADAS A ESPÉCIES DE RELEVÂNCIA ETNOBOTÂNICA DO CERRADO.

59 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2022).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

- |                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| 1. Frugívoros   | 2. Interações animais-planta |
| 3. Etnobotânica | 4. Ecossistemas tropicais.   |
| I. EFL/FT/UnB   | II. Título (série)           |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ISLA, C. L. S. (2022). **ANÁLISE DAS REDES DE INTERAÇÕES ASSOCIADAS A ESPÉCIES DE RELEVÂNCIA ETNOBOTÂNICA DO CERRADO**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 59 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR(A): Cintia Lorena da Silva Isla.

TÍTULO: *ANÁLISE DAS REDES DE INTERAÇÕES ASSOCIADAS A ESPÉCIES DE RELEVÂNCIA ETNOBOTÂNICA DO CERRADO*

GRAU: Engenheiro(a) Florestal

ANO: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Cintia Lorena da Silva Isla.

cintiaisla@live.com

*Dedico este trabalho a minha família e a todos com quem tive o  
prazer de dividir a vida nesses últimos anos.*

## AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho principalmente aos meus pais, Rosilda e Guzmán. Dona Rosilda e Seu Guzmán sempre me ensinaram a colocar a educação em primeiro lugar, e foram os melhores exemplos que eu poderia ter dentro de casa. Mãe e pai, espero que saibam que ao longo desses anos trilhando esse caminho a minha maior motivação sempre foi vocês. Obrigada por todo o acolhimento, cuidado e escuta mesmo com tantos quilômetros de distância. Amo vocês!

Agradeço também a minha irmã e meu primo, Gabriela e Francisco, que nesses últimos tempos acabaram virando uns dos meus maiores portos seguros. Me acolheram, tranquilizaram e estenderam a mão em todos os momentos que precisei, até nos momentos que não sabia que precisava.

Agradeço ao meu amor e melhor amigo, André, por toda paciência, cuidado e carinho, principalmente nesses últimos meses. Obrigada por todas as suas tentativas de tornar esse percurso mais leve e fácil.

Agradecer às minhas companheiras de graduação, Ana Carolina, Débora e Beatriz Christina, pois sem dúvidas esse caminho teria sido muito mais difícil sem vocês. Obrigada não só pelas horas de estudo compartilhadas, mas também por todas as conversas sérias, brincadeiras e planos que traçamos ao longo desse tempo.

Agradeço às minhas companheiras de casa, luta e vida, Adda Luisa e Kamilla. Tenho certeza que boa parte disso daqui também se deve a você. Eu amo a forma que a vida nos aproximou. Obrigada por todo carinho, cuidado, compreensão e amizade.

Agradeço ao meu amigo Felipe que desde o início tornou a vida em Brasília muito mais simples.

Agradeço aos meus companheiros de sonhos que o Levante Popular da Juventude me deu - Ágata, Aline, Anjinha, Ariel, Daniel, Itallo, Gabriel, Jimmy, Katty, Kelly, Rafael, Charles, Laurinha, Matheus, Noah, Sofia – e também o Coletivo Florestal Cagaita, em especial Adriana, Olívio, Gabi e Cintia Gonzaga, que sempre estiveram presentes e dispostos a ouvir as minhas angústias da vida e da academia.

Por fim, agradeço aos meus orientadores Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Rosana de Carvalho Cristo Martins e Dr. Hernani Fernandes Magalhães de Oliveira pelo cuidado, atenção e compreensão ao longo dessa jornada. Por último, agradeço ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília pelo apoio, nessa conjuntura tão difícil para educação pública.

## RESUMO

ISLA, C. L. S. ANÁLISE DAS REDES DE INTERAÇÕES ASSOCIADAS A ESPÉCIES DE RELEVÂNCIA ETNOBOTÂNICA DO CERRADO. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

As interações animais-planta são essenciais para a dispersão de espécies vegetais, de forma que os animais frugívoros apresentam um papel importante na sucessão florestal. Compreender como opera a rede de interações frugívoros-plantas, auxilia na elaboração de estratégias e políticas públicas para a conservação do Cerrado. Tendo em vista que a diversidade do Cerrado diz respeito não apenas a riqueza de espécies da fauna e da flora, mas também a uma forte presença de comunidades tradicionais, o estudo em como objetivo investigar a importância das espécies vegetais de relevância etnobotânica para a manutenção da dinâmica do Cerrado. Para isso, pretende-se, a partir de um banco de dados de interações de frugivoria do Cerrado previamente compilado, calcular as métricas de *centralidade Degree Centrality*, *Betweenness Centrality* e *Closeness Centrality* por meio da análise de redes ecológicas, utilizando o software R 4.3.1 pacote *igraph*. Observou-se que a rede de interações entre plantas e frugívoros apresenta comportamento não-modular. As espécies com maior importância foram *Cecropia pachystachya*, *Curatella americana*, *Miconia albicans*, *Miconia chamissois*, *Miconia rubiginosa*, *Schefflera morototoni*, *Antilophia galeata*, *Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata*, *Ramphastos toco*, *Tangara cayana*, *Tapirus terrestres* e *Turdus leucomelas*. Entre as espécies de relevância etnobotânica, a que apresentou maior importância foi a *Miconia albicans*, podendo ser considerada uma espécie-chave para a manutenção da dinâmica dos ecossistemas, faz-se interessante que a *Miconia albicans* seja foco de estratégias de conservação. Outras espécies de plantas, as quais não foram identificadas como espécies de relevância etnobotânica, também apresentaram importância para a rede, como a *Cecropia pachystachya*, *Curatella americana*, *Miconia albicans*, *Miconia chamissois*, *Miconia rubiginosa*, e *Schefflera morototoni*. Assim, uma possível estratégia de conservação também seria explorar e popularizar o uso sustentável dessas espécies.

**Palavras-chave:** Frugívoros; Interações animais-planta; Etnobotânica; Ecossistemas tropicais.

## ABSTRACT

ISLA, C. L. S. ANALYSIS OF NETWORKS OF INTERACTIONS ASSOCIATED WITH ETHNOBOTANICAL RELEVANCE SPECIES IN CERRADO. Monograph (Forest Engineering Degree ) – University of Brasília, Brasília, DF.

Animal-plant interactions are essential for the dispersal of plant species, so that frugivorous animals play an important role in forest succession. Understanding how the network of frugivorous-plant interactions operates helps in the elaboration of strategies and public policies for the conservation of the Cerrado. Considering that the diversity of the Cerrado concerns not only the richness of species of fauna and flowers, but also a strong presence of traditional communities, we aim to investigate the importance of plant species of ethnobotanical relevance for the maintenance of the Cerrado dynamics. For this purpose, from a previously compiled database of Cerrado frugivory interactions, we calculated the metrics of *Degree Centrality*, *Betweenness Centrality* and *Closeness Centrality* through the analysis of ecological networks, using the *igraph* pack of the *software* R 4.3.1. We observed that the network of interactions between plants and frugivores presents non-modular behavior. The most important species were *Cecropia pachystachya*, *Curatella americana*, *Miconia albicans*, *Miconia chamissois*, *Miconia rubiginosa*, *Schefflera morototoni*, *Antilophia galeata*, *Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata*, *Ramphastos toco*, *Tangara cayana*, *Tapirus terrestres* and *Turdus leucomelas*. Among the species of ethnobotanical relevance, the one that presented the greatest importance was *Miconia albicans*, and it can be considered a key species for the maintenance of ecosystem dynamics. Thus, it is interesting that *Miconia albicans* is the focus of conservation strategies. Other plant species, which were not identified as species of ethnobotanical relevance, were also important to the network, such as *Cecropia pachystachya*, *Curatella americana*, *Miconia albicans*, *Miconia chamissois*, *Miconia rubiginosa*, and *Schefflera morototoni*. Thus, a possible conservation strategy would also be to explore and popularize the sustainable use of these species.

**Keywords:** Frugivorous; Plant-animal interactions; Ethnobotanic; Tropical ecosystems.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Medidas de Centralidade. ....	19
<b>Figura 2.</b> Rede de interações frugívoro-plantas do Cerrado. ....	28
<b>Figura 3.</b> Rede de interações frugívoro-plantas do Cerrado com destaque para as espécies de planta de relevância etnobotânica. ....	29
<b>Figura 4.</b> Espécies que apresentam valor de DC significativos. ....	30
<b>Figura 5.</b> Valores de DC de espécies de relevância etnobotânica. ....	30
<b>Figura 6.</b> Espécies que apresentaram valor de BC significativos. ....	31
<b>Figura 7.</b> Valores de BC de espécies de relevância etnobotânica. ....	32
<b>Figura 8.</b> Espécies que apresentaram valor de BC significativos. ....	33
<b>Figura 9.</b> Valores de BC de espécies de relevância etnobotânica. ....	33



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Estudo etnobotânico do uso e diversidade de plantas medicinais do Cerrado comercializadas nas feiras populares em Samambaia – Distrito Federal (Costa, 2018). .....	23
<b>Tabela 2.</b> Estudo etnobotânico do uso e diversidade de plantas medicinais do Cerrado comercializadas nas feiras populares em Samambaia – Distrito Federal (Costa, 2018). .....	25
<b>Tabela 3.</b> Comercialização de plantas medicinais nativas do Cerrado em regiões administrativas do Distrito Federal (Almeida, 2021). .....	26
<b>Tabela 4.</b> Espécies utilizadas no presente estudo. ....	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BC	<i>Betweenness Centrality</i>
CC	<i>Closeness Centrality</i>
DC	<i>Degree Centrality</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Cerrado e a etnobotânica.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Interações de frugivoria.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise de redes ecológicas .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>Tipo de estudo .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2</b>	<b>Busca de dados.....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Seleção e triagem de base de dados .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Seleção de espécies etnobotânicas.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise da rede.....</b>	<b>23</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1</b>	<b>Base de dados .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2</b>	<b>Seleção das espécies etnobotânica .....</b>	<b>24</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise de redes .....</b>	<b>27</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Degree Centrality (DC).....</b>	<b>29</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Betweenness Centrality (BC).....</b>	<b>31</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Closeness Centrality (CC) .....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>6.1</b>	<b>Base de dados e as espécies etnobotânica .....</b>	<b>34</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise da rede.....</b>	<b>35</b>

<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>
<b>9.1</b>	<b>Anexo I – Espécies etnobotânica .....</b>	<b>41</b>
<b>9.2</b>	<b>Anexo II – R script for network analysis of plant species .....</b>	<b>55</b>
<b>9.3</b>	<b>ANEXO III - R script for network analysis of ethnobotanic plant species.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando 21% do território nacional, e também a savana mais rica do mundo, com uma biodiversidade em torno de 5% do planeta (Klink; Machado, 2005; Embrapa, [s.d]). Cerca de 30% dos indivíduos identificados no Brasil estão presentes no Cerrado (Embrapa, [s.d]). Estima-se que a diversidade vegetal do Cerrado ultrapassa o número de 12 mil espécies, sendo um terço aproximadamente de espécies endêmicas (Embrapa, [s.d]).

A diversidade do Cerrado não diz respeito apenas ao número de espécies de plantas e de animais; uma outra característica do bioma é uma forte presença de comunidades tradicionais. Além da diversidade de espécies presentes no Cerrado, um outro ponto que caracteriza o bioma é a quantidade de povos e comunidades tradicionais presentes. A Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT), instituída pelo Decreto 6.040 de 7 de fevereiro de 2017, define Povos e Comunidades Tradicionais como “grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição”. Estima-se que aproximadamente 95 territórios indígenas, 44 territórios quilombolas e 13 tipos de comunidades tradicionais não indígenas estão contidas atualmente no Cerrado (Embrapa, [s.d]).

Assim, os recursos vegetais existentes no cerrado possuem papel fundamental na vida das comunidades devido a diversidade dos seus usos, como por exemplo as espécies alimentícias, artesanais, medicinais, forrageiras, madeireiras, oleíferas, entre outras (Camargo; Souza; Costa, 2014). Essa relação entre Homens e Plantas e o modo como as plantas são utilizadas enquanto recursos são objetos de estudo do ramo da Botânica chamado Etnobotânica (Rocha; Boscolo; Fernandes, 2015), que tem cada vez mais se comprometido com o mundo em desenvolvimento, de forma a subsidiar o planejamento e implementação de práticas de conservação e desenvolvimento.

Em geral, os estudos sobre Etnobotânica e estratégias de conservação referem-se a importância social das espécies vegetais, uma vez que muitos povos associam o uso de recursos naturais a sua conservação, pois têm dependência direta desses recursos para a sua subsistência, desenvolvimento econômico e social (Prado, et al., 2019). A proposta do presente estudo, é verificar, além do viés social, a importância das plantas para a manutenção da dinâmica do

ecossistema. Assim, pretende-se pensar na conservação das espécies de relevância etnobotânica como uma estratégia para a conservação do ecossistema como um todo, e não um fim em si próprio, uma vez que o Cerrado sofre fortes ameaças devido à ação antrópica, principalmente por conta da expansão da fronteira agrícola e da produção de carvão, resultando na fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, poluição de aquíferos e promovendo mudanças climáticas (MMA, [s.d]).

Para isso, pretende-se analisar as interações entre espécies de plantas de interesse etnobotânico e os frugívoros do Cerrado, uma vez que esses são essenciais para a dispersão de sementes em ecossistemas tropicais, desempenhando um importante papel na sucessão florestal (Jordano, 2000). Em seu estudo, Corrêa (2007), observou zoocoria em diferentes fitofisionomias do Cerrado, mais predominantemente em ambientes florestais.

Compreender como opera a rede de interações mamíferos frugívoros-plantas auxilia na elaboração de estratégias e política públicas para a conservação do Cerrado. Uma das ferramentas para se investigar o papel de diferentes espécies para a manutenção da dinâmica dos ecossistemas e sua importância é por meio da análise de redes ecológicas. Essa ferramenta envolve o cálculo de algumas métricas de rede como *Closeness Centrality* (CC) e *Betweenness Centrality* (BC).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho visa investigar a importância das espécies florestais de interesse etnobotânico para a manutenção das funções ecossistêmicas do Cerrado. Para isso, pretende-se analisar a centralidade das interações entre mamíferos frugívoros e tais espécies de planta, partindo de um banco de dados de interações de frugivoria do Cerrado compilado com base em revisão bibliográfica.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Listar espécies de relevância etnobotânica do Cerrado;
- Analisar as interações entre frugívoros e plantas do Cerrado;
- Verificar a importância das espécies de relevância etnobotânica do Cerrado;

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Cerrado e a etnobotânica

O cerrado atualmente ocupa cerca de 20% do território brasileiro, nele consta aproximadamente 30% da biodiversidade do país e 5% da biodiversidade do mundo (ICMBio, [s.d]; Embrapa, [s.d]). O bioma é conhecido ainda como “Berço das águas”, uma vez que 78% das águas da bacia do Araguaia, 70% das águas da bacia do Rio São Francisco e 48% das águas da bacia do Rio Paraná se originam no Cerrado (Embrapa, [s.d]).

Contudo, embora a importância do bioma, esse vem sendo cada vez mais ameaçado pela ação antrópica, devido a ocupação e utilização de recursos naturais de maneira desordenada, atualmente cerca de 50% do bioma consiste em área (Embrapa, [s.d]; Oliveira, Pietrafesa, Barbalho; 2008). Resultado disso é que hoje o Cerrado é um dos 25 hotspots do planeta, ou seja, é uma área rica em biodiversidade, principalmente em espécies endêmicas e que, possuem um alto grau de degradação ambiental (Mittermeier, 1988; Myers, 1988).

Uma vez que os recursos naturais no bioma se encontram ameaçados, por consequência as comunidades tradicionais que vivem no Cerrado também estão, pois é de lá que conseguem retirar sua subsistência. Assim, a conservação da biodiversidade também implica na valorização e proteção da vida, cultura e identidade de diferentes povos (Rocha, 2015).

Os estudos etnobotânicos são importantes para a gestão socioambiental por produzirem informações úteis ao planejamento estratégico de ações políticas e educativas voltadas para a conservação e manejo sustentável de recursos naturais (Diegues; Viana, 2004; Prado et al., 2019). Dentre essas informações destacam-se aquelas relativas à diversidade e composição das espécies utilizadas e de suas interações com os atributos socioeconômicos e culturais da população usuárias, em especial as tradicionais (Albuquerque, 2006; Sousa et al., 2012; Campos et al., 2015).

Amaral (2008), Carvalho et al. (2011), Guarim Neto et al. (2011) e Xavier et al. (2011) destacam alguns exemplos de espécies do cerrado de múltiplos usos, inclusive de interesse etnobotânico, como: a) aromáticas usadas para realçar o sabor dos alimentos: cumbaru (*Dypterix alata* Vogel), hortelã (*Hypis cana* Pohl ex. Benth), carne de vaca (*Roupala brasiliensis* Klotzsch), cidreira-mata (*Siparuna cuyabensis* Aublet); plantas medicinais: quina (*Strychnos pseudoquina* A. St.-Hil.), arnica (*Camarea ericoides* A. St.-Hil.), mangava-brava (*Lafoensia pacari* A. St.-Hil.), araticum-do-cerrado (*Annona coriacea* Mart.), pata-de-vaca (*Bauhinia rufa* (Bong.) Steud), sangra d'água (*Croton urucurana* Baillon); b) utilização



de frutos tais como: a cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), a mangaba (*Hancornia speciosa* B.A. Gomes) o pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.), buriti (*Mauritia flexuosa* L.), maracujá-do-cerrado (*Passiflora campestris* Rodr.), jenipapo (*Genipa americana* L.), c) o uso de lenha: a semaneira (*Byrsonima coccolobifolia* Kunth, *Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich. ex Juss.), o angico (*Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.) e, d) fabricação de utensílios domésticos como peneiras e vassouras, utilizando o buriti (*Mauritia flexuosa* L.) e a bocaiúva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.).

### 3.2 Interações de frugivoria

A maioria das espécies vegetais conseguem colonizar novo habitats ou escapar da competição, de patógenos e de herbívoros associados às plantas mães devido à dispersão de sementes (Jordano et al, 2011). As interações entre plantas e animais são fundamentais para a manutenção da dinâmica dos ecossistemas. Estima-se que cerca de 90% das espécies de plantas produza frutos que são consumidos e dispersos pela fauna (Jordano, 2000). Esse tipo de interação é chamado de frugivoria e o processo por meio do qual se dá a dispersão é chamado de endozoocoria.

A frugivoria consiste no tipo de interação em que animais consomem frutos de plantas. Esses animais podem ter esse alimento como base de sua dieta, chamados frugívoros, ou podem ser levados a consumir esses frutos devido à escassez de recursos. Esse tipo de interação pode ter como consequência eventos antagonísticos ou mutualísticos (Arroyo, 2004).

Os eventos antagonísticos, que beneficiam um dos indivíduos envolvidos na interação, enquanto prejudicam o outro; ocorrem quando os animais prejudicam a qualidade das sementes ou as matam (Simmon, 2018). Já os eventos mutualísticos, que beneficiam ambas as partes envolvidas na interação, ocorrem quando a ingestão do fruto resulta em endozoocoria, ou seja, ocorre dispersão de sementes devido a ingestão e liberação pelos frugívoros e posterior germinação. As características que podem ser observadas nos frutos consumidos por animais são: cores chamativas; frutos secos com sementes ariladas ou carunculadas, ou sementes coloridas miméticas de arilo; frutos secos com formação de pseudofrutos carnosos ou produção de óleos e resinas aromáticos (Peres, 2016).

Nesse sentido, verifica-se que os frugívoros desempenham papel importante para a cicatrização natural de clareiras, principalmente aves e morcegos (Fleming & Heithaus, 1981; Levey, 1988; Jordano, 2006), contribuindo para a sucessão florestal. Assim, alterações na

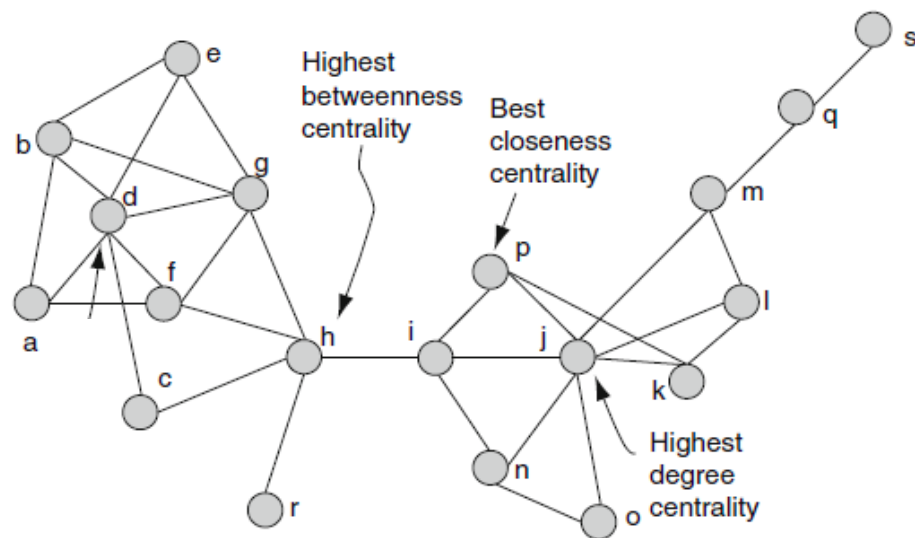
composição da fauna podem levar a alterações nas interações entre plantas e frugívoros acarretando consequências para ambos os indivíduos (Jordano, 2006).

### 3.3 Análise de redes ecológicas

A análise de redes consiste em uma ferramenta para registrar a ocorrência e caracterizar interações dentro de uma comunidade (Bascompte e Jordano, 2014). Em uma rede ecológica, os nós correspondem às diferentes espécies que interagem entre si em determinado ecossistema e os traços correspondem às interações ecológicas -frugivoria e polinização, por exemplo.

A depender da complexidade da rede de interações, essas podem estar organizadas em diferentes arranjos, indicando a estabilidade ou instabilidade da rede (Bascompte & Jordano 2007; Thébault e Fontaine, 2010). A partir da forma que as conexões se distribuem, é possível caracterizar as interações entre generalistas e especializadas e inferir como o ecossistema responderá a possíveis perturbações (Dunne et al. 2002, Bastolla et al. 2009).

Para verificar o papel das espécies dentro da dinâmica da rede, podem ser calculadas métricas de centralidade como *Degree Centrality* (Grau de Centralidade) *Closeness centrality* (Centralidade de aproximação) e *Betweenness centrality* (Centralidade de intermediação). *Degree Centrality* (DC) corresponde a quantidade de interações que uma determinada espécie realiza diretamente com as demais espécies a sua volta, observando a **Figura 1**, verifica-se que o nó **j** é que apresenta maior DC pois está conectado a 7 outros nós; *Closeness Centrality* (CC) avalia a menor distância entre determinada espécie de planta e as demais dentro da rede de interações, verifica-se que o nó **p** é o que se conecta mais facilmente com os demais; e por fim, *Betweenness Centrality* (BC) corresponde a quantidade de vezes em que o menor caminho entre dois nós **x** e **y** percorre um terceiro nó **z**, no exemplo o nó que apresenta maior BC é o nó **h**. Essa métrica também se relaciona a forma como diferentes módulos de interações, grupos de espécies que interagem entre si (Delmas et al, 2019), estão ligados entre si.



**Figura 1.** Medidas de Centralidade.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Busca de dados

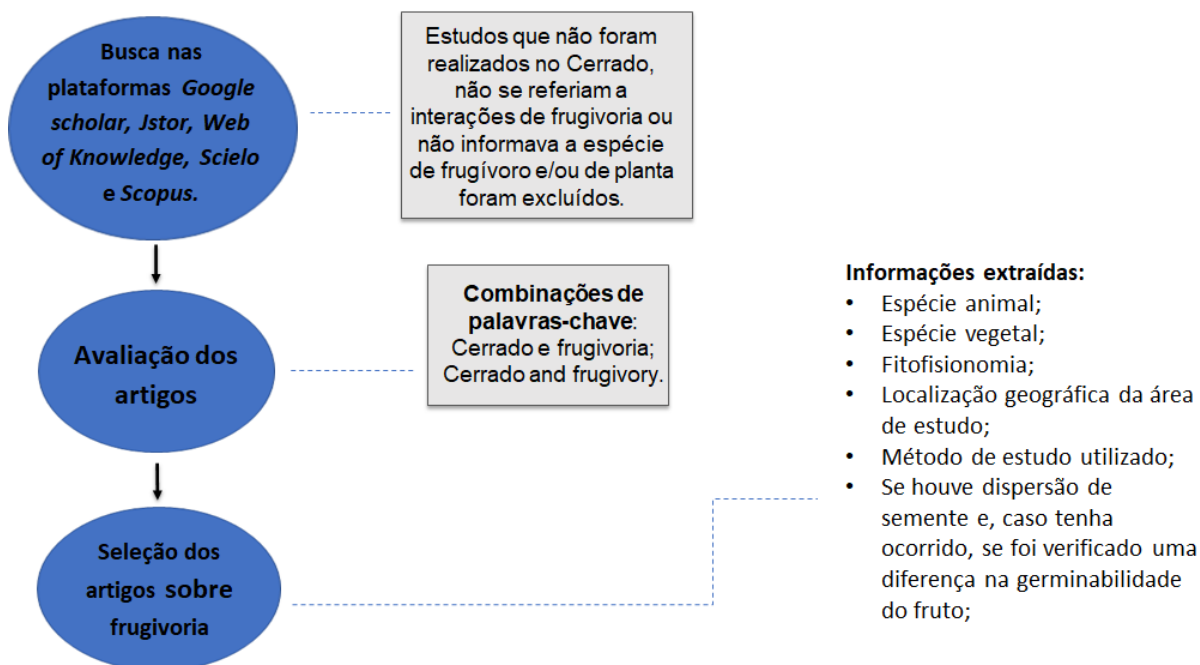
#### 4.1.1 Seleção e triagem de base de dados

A seleção e triagem de dados foi realizada de acordo com metodologia já utilizada em “Síndromes de dispersão de espécies do Cerrado associadas à mastocoria” (Isla et al., 2021); que por sua vez seguiu a mesma metodologia do “Atlantic Frugivory” (Bello et al., 2017), maior banco de dados de frugivoria da Mata Atlântica.

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica dos estudos de interações animais-frugívoros no bioma Cerrado. Para isso foi realizada busca nas plataformas: Google Scholar, Jstor, Web of Knowledge, Scielo e Scopus, utilizando as palavras-chave: “cerrado” e “frugivoria”, em português e inglês – “frugivoria e Cerrado” e “frugivoria and Cerrado”.

A avaliação dos artigos localizados foi realizada por um revisor, e em caso de dúvidas, submetido ao julgamento de um segundo, de forma que todos os estudos que não foram realizados no Cerrado, não se referiam a interações de frugivoria ou não informavam a espécie de frugívoro e/ou de planta estudada foram excluídos. Ainda para confirmar se os trabalhos se referiam realmente ao bioma Cerrado e não apenas fragmentos ou áreas de transição, as coordenadas dos artigos foram conferidas de acordo com o mapa de distribuição do Cerrado do IBGE e do MAPBIOMAS, utilizando o software QGis versão 3.16.

Uma vez incluído os artigos, foram coletadas informações quanto: a espécie animal, espécie vegetal, fitofisionomia, localização geográfica da área de estudo, método de estudo utilizado, se houve dispersão de semente; e, caso tenha ocorrido, se foi verificado diferença na germinabilidade das sementes.



**Figura 2.** Construção do banco de dados.

#### 4.1.2 Seleção de espécies etnobotânicas

Para a definição das espécies vegetais utilizadas, foram observados os seguintes estudos que dizem respeito a levantamento de espécies etnobotânicas comercializadas no Distrito Federal:

- “O uso e diversidade de plantas medicinais do Cerrado comercializadas nas feiras populares na região administrativa de Ceilândia – Distrito Federal” (Pinto, 2016);
- “Estudo etnobotânico do uso e diversidade de plantas medicinais do Cerrado comercializadas nas feiras populares em Samambaia – Distrito Federal” (Costa, 2018);
- “Plantas medicinais do Cerrado comercializadas em feiras da região central do Distrito Federal” (Cândido, 2018);
- “Comercialização de plantas medicinais nativas do Cerrado em regiões administrativas no Distrito Federal” (Almeida, 2021);

## 4.2 Análise da rede

Primeiramente foi construída uma matriz das interações observadas entre espécies de frugívoros e plantas. Para medir a importância das espécies de plantas, foram utilizadas as métricas de centralidade *Degree Centrality*, *Closeness Centrality* e *Betweenness Centrality*. Tais métricas foram calculadas utilizando o pacote *igraph* no software R na versão 4.3.1.

Uma vez calculados os valores das métricas de centralidade das espécies contidas na rede de interações, foram observados os valores correspondentes às espécies de plantas de relevância etnobotânica observadas nos quatro estudos mencionados, a fim de verificar quais as suas respectivas importâncias dentro da rede de frugivoria simulada.

## 4.3 Análise estatística

Por fim, para verificar a distribuição dos valores observados de DC, BC e CC foi realizado o Teste Z, um teste estatístico utilizado para determinar se há diferença significativa entre os valores observados e a média do conjunto de valores observados.

O Teste Z consiste em:

1. Calcular a média do conjunto de valores;

$$x_m = \sum_{i=1}^n x_i \times \frac{1}{n}$$

2. Calcular o desvio padrão do conjunto de valores;

$$DP = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \times \frac{1}{n}}$$

3. Calcular a diferença (d) entre o valor observado e a média do conjunto de dados

$$d = x_i - x_m$$

4. Calcular o z-score

$$Z - score_i = \frac{d_i}{DP}$$

Caso  $z - score_i \leq -2$  ou  $z - score_i \geq 2$ , ou seja, superior a 2 desvios padrões, para cima ou para baixo, entende-se que o seu respectivo dado de DC, BC ou CC destoa significativamente da média de valores observada.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Base de dados

Foram encontrados 3942 estudos a respeito de frugivoria no Cerrado, incluindo resumos e trabalhos em anais de congressos, dissertações e publicações em periódicos. Quando submetidos a avaliação, apenas 101 dos artigos foram incluídos. Ao todo, registrou-se aproximadamente 1900 interações entre frugívoros e plantas do Cerrado. A maioria dos estudos não chegou a avaliar se houve ou não dispersão de sementes e tampouco a germinabilidade das sementes após passarem pelo trato digestório dos animais.

Os principais mamíferos não-voadores observados foram *Turdus leucomelas* (ave), *Tangara cayana* (ave) e *Tapirus terrestris* (mamíferos), com 90, 65 e 40 interações respectivamente; e as espécies de plantas foram a *Miconia albicans*, *Miconia chamissois* e *Cecropia pachystachya*, com 125, 105 e 108 interações, respectivamente.

### 5.2 Seleção das espécies etnobotânica

Foram observadas ao todo 18 espécies de relevância etnobotânica no conjunto dos 4 estudos mencionados. Contudo, nem todas as espécies foram encontradas no banco de dados de interações de frugivoria compilados. As **Tabelas 1, 2, 3 e 4** apresentam as espécies que foram observadas nos respectivos levantamentos realizados nos trabalhos que inicialmente nortearam a escolha das espécies florestais de interesse etnobotânico para o presente trabalho.

A **Tabela 5** apresenta relação das espécies encontradas no banco de dados, cujas interações foram observadas a fim de verificar quais as suas respectivas importâncias para a manutenção da dinâmica do ecossistema. As espécie analisadas foram *Anadenanthera colubrina* (1 interação), *Annona crassiflora* (5 interações) e *Caryocar brasiliense* (8 interações), *Copaifera langsdorffii* (21 interações), *Hymenaea courbaril* (1 interação), *Hymenaea stigonocarpa* (1 interação), *Lafoensia pacari* (1 interação), *Miconia albicans* (125 interações), *Mimosa tenuiflora* (1 interação), *Myracrodruon urundeuva* (1 interação), *Pterodon emarginatus* (1 interação).e *Pterodon pubescens* (1 interação).

**Tabela 1.** Estudo etnobotânico do uso e diversidade de plantas medicinais do Cerrado comercializadas nas feiras populares em Samambaia – Distrito Federal (Costa, 2018).

<b>Espécie</b>	<b>Nome Popular</b>
<i>Lychnophora ericoides</i> Mart.	Arnica
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	Aroeira
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Barbatimão
<i>Croton antisiphiliticus</i> Mart. Canela	Canela de perdiz
<i>Miconia albicans</i> (sw.) Triana	Canela de velho
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba
<i>Maytenus ilicifolia</i> Reiss	Espinheira Santa
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Pequi
<i>Centrosema bracteosum</i> Benth.	Rabo de Tatu
<i>Pterodon pubescens</i> Benth.	Sucupira

Fonte: Costa (2018).

**Tabela 2.** Estudo etnobotânico do uso e diversidade de plantas medicinais do Cerrado comercializadas nas feiras populares em Samambaia – Distrito Federal (Costa, 2018).

<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>
<i>Bauhinia forficata</i>	Pata de vaca
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão
<i>Copaifera langsdorffii</i> desf.	Copaíba
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico
<i>Phyllanthus niruri</i> L. Miconia.	Quebra-pedra
<i>Miconia albicans</i> (SW.) Triana	Canela-de-velho

Fonte: Costa (2018).

**Tabela 3.** Comercialização de plantas medicinais nativas do Cerrado em regiões administrativas do Distrito Federal (Almeida, 2021).

<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>
<i>Amburana cearensis</i>	Imburana
<i>Anona crassifora</i>	Araticum
<i>Caesalpinia ferrea</i>	Pau Ferro
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Mastruz
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba
<i>Dipteryx</i>	
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	Baru
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Hibisco
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Jatobá-do- cerrado
<i>Mimosa tenuiflora</i> L.	Jurema
<i>Passiflora incarnata</i> Pterodon	Maracujá
<i>Pterodon emarginatus</i> Rosmarinus	Sucupira
<i>Rosmarinus officianalis</i>	Alecrim
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Barbatimão
<i>Urtiga dioica</i> L.	Urtiga

Fonte: Almeida (2021).



**Tabela 4.** Espécies utilizadas no presente estudo.

Espécie	Nome Popular	Foi encontrada na base de dados?
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Barbatimão	não
<i>Vernonia polysphaera</i>	Assa-peixe	não
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira	sim
<i>Pterodon pubescens</i>	Sucupira	sim
<i>Echinodorus macrophyllus</i>	Chapéu de couro	não
<i>Lafoensia pacari</i>	Pacari	sim
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	sim
<i>Centrosema bracteosum</i>	Rabo de tatu	não
<i>Lychnophora ericoides</i> Mart.	Arnica	não
<i>Croton antisiphiliticus</i> Mart	Canela de perdiz	não
<i>Miconia albicans</i> (sw.) Triana	Canela-de-velho	sim
<i>Copaifera langsdorffii</i> desf.	Copaíba	sim
<i>Maytenus ilicifolia</i> Reiss	Espinheira Santa	não
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Pequi	sim
<i>Anadenanthera colubrina</i> (vell.) Brenan	Angico	sim
<i>Phyllanthus niruri</i> L	Quebra-pedra	não
<i>Amburana cearensis</i>	Imburana	não
<i>Annona crassiflora</i>	Araticum	sim
<i>Caesalpinia ferrea</i>	Pau Ferro	não
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Mastruz	não
<i>Dipteryx alata</i> Vog	Baru	não
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Hibisco	não
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Jatobá-do- cerrado	sim
<i>Mimosa tenuiflora</i> L.	Jurema	não
<i>Passiflora incarnata</i>	Maracujá	não
<i>Pterodon emarginatus</i>	Sucupira	sim
<i>Rosmarinus officianalis</i>	Alecrim	não
<i>Urtica dioica</i> L	Urtiga	não

Fonte: Costa (2018).

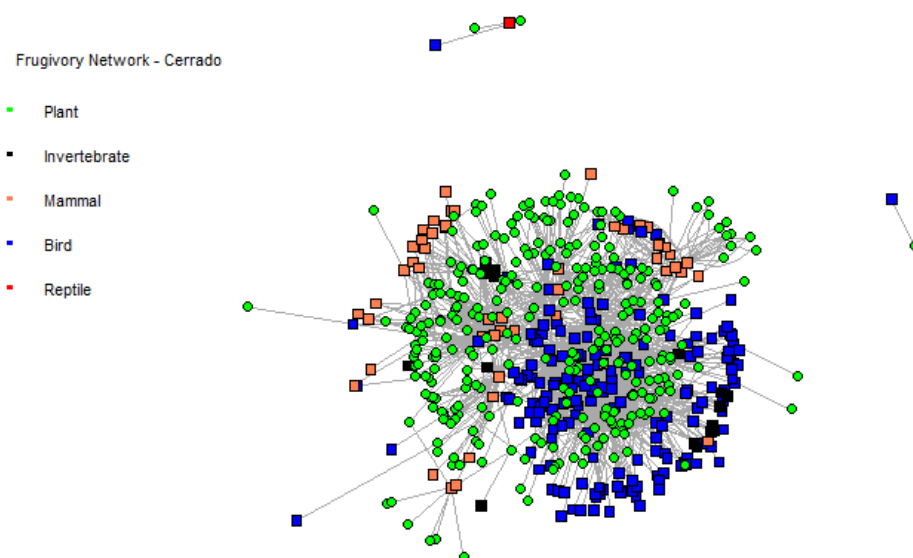
### 5.3 Análise de redes

Na **Figura 2** observa-se que os nós não estão dispostos em agrupamentos, o que sugere que esta não apresenta comportamento modular.

A rede apresenta tanto espécies de mamíferos e aves generalistas, que interagem com mais de uma espécie de planta, e também especialistas, que interagem apenas com uma espécie de planta. É possível perceber também que, em geral, as espécies de aves interagem com as mesmas espécies de plantas, enquanto diferentes “grupos” de espécies de mamíferos interagem com determinadas espécies de plantas, o que pode significar que as espécies de aves são mais generalistas enquanto as de mamíferos especialistas.

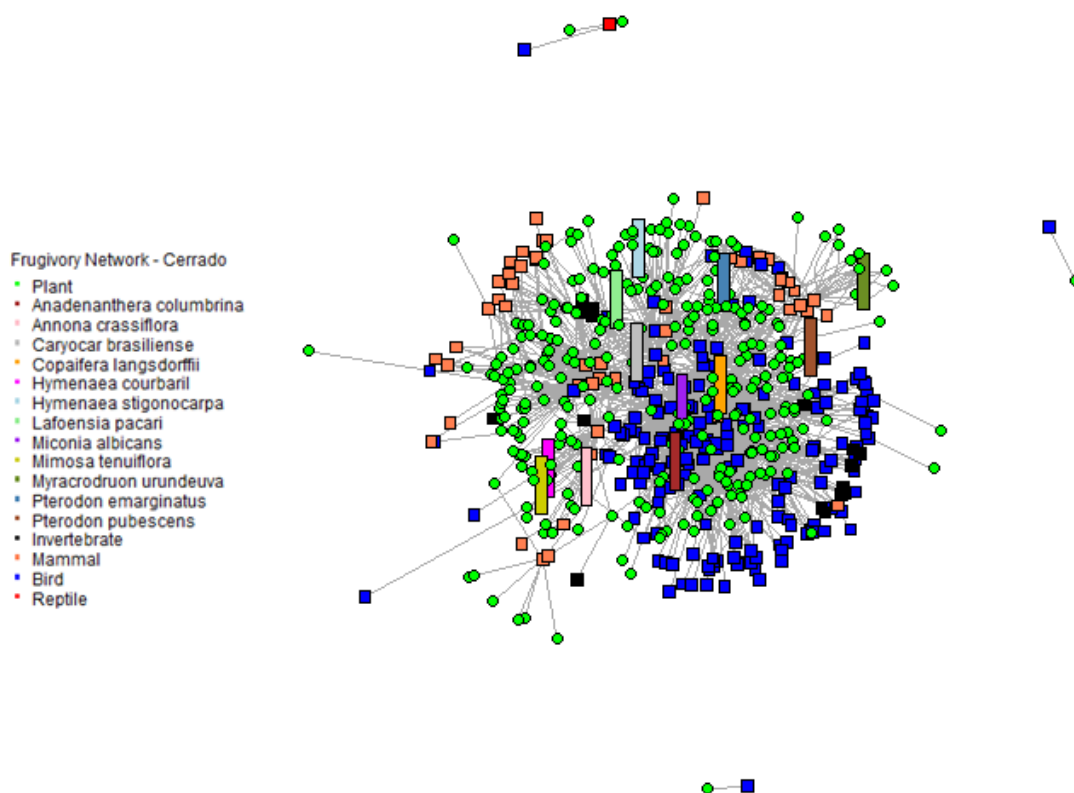
Há dois casos em que animal e planta interagem exclusivamente entre si, como por exemplo a situação do único réptil observado. Em geral, a maioria das espécies especialistas interagem com espécies generalistas.

Os invertebrados, embora apresentem tanto espécie generalistas quanto especialistas, em sua maioria são especialistas.



**Figura 3.** Rede de interações frugívoro-plantas do Cerrado.

As quatro espécies de relevância etnobotânica que apresentaram maior número de interações - *Annona crassiflora* (5 interações), *Caryocar brasiliense* (8 interações), *Copaifera langsdorffii* (21 interações), *Miconia albicans* (125 interações) – estão localizadas no centro da rede (**Figura 3**). As demais espécies interagiram apenas com um animal cada, que por sua vez apresentaram interações com mais de uma espécie de planta - *Alouatta caraya* com 9 interações, *Cyanocorax cyanopogon* com 27 interações, *Tapirus terrestres* com 40 interações, *Sapajus libidinosus* com 20 interações, *Saltator maximus* 14 e *Ara ararauna* com 31 interações.



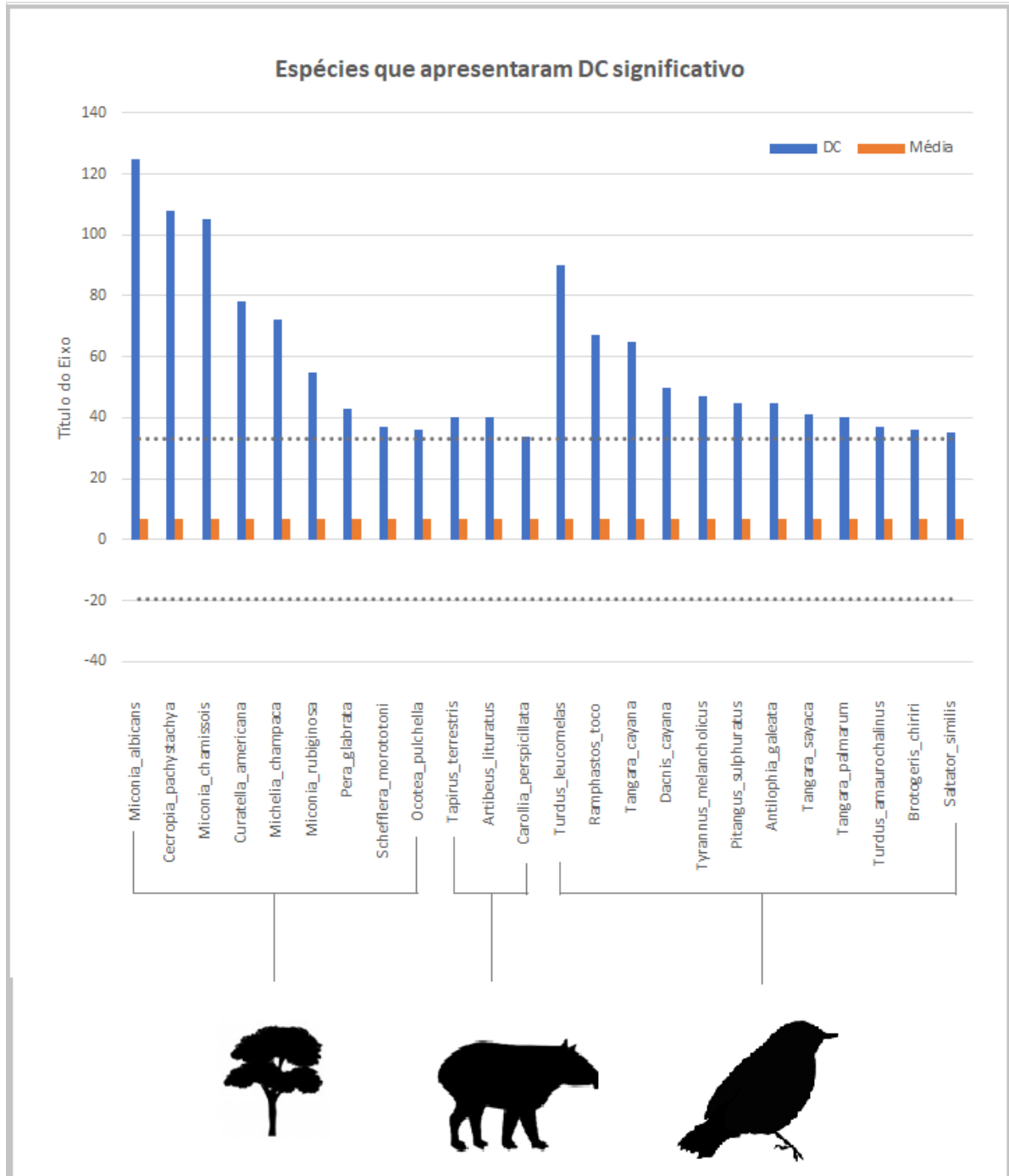
**Figura 4.** Rede de interações frugívoro-plantas do Cerrado com destaque para as espécies de planta de relevância etnobotânica.

### 5.3.1 Degree Centrality (DC)

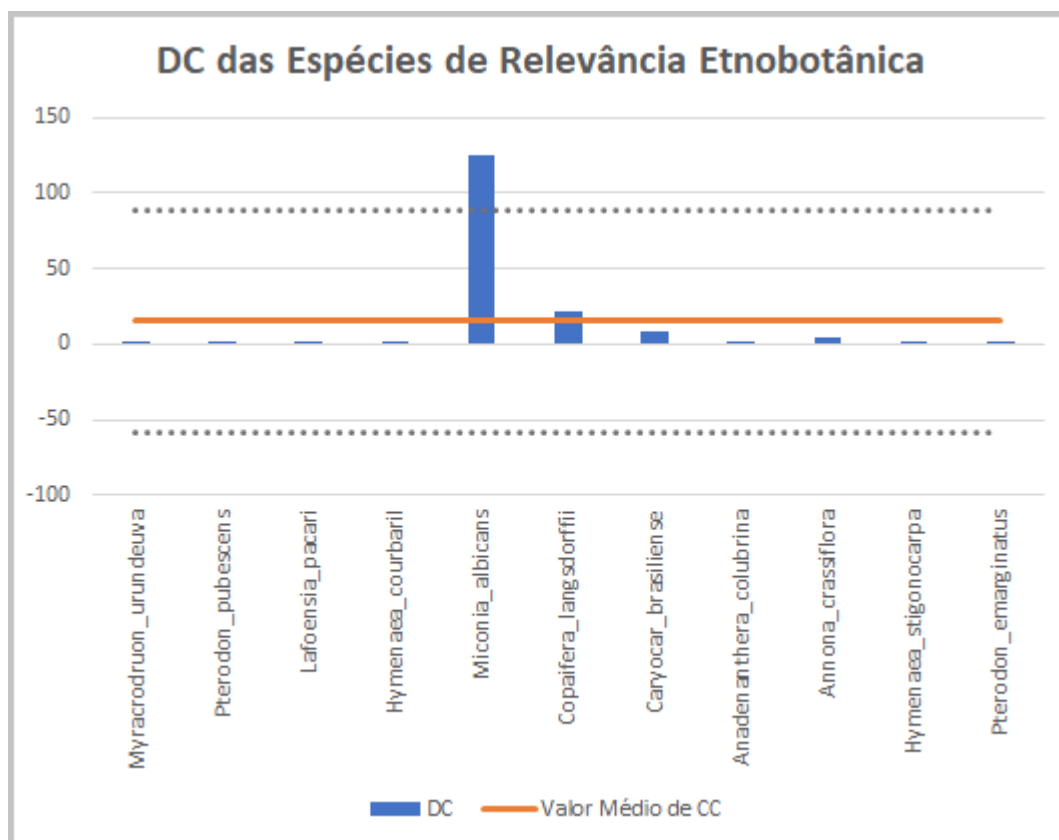
Das espécies observadas, 24 espécies - *Miconia albicans*, *Cecropia pachystachya*, *Miconia chamissois*, *Turdus leucomelas*, *Curatella americana*, *Michelia champaca*, *Ramphastos toco*, *Tangara cayana*, *Miconia rubiginosa*, *Dacnis cayana*, *Tyrannus melancholicus*, *Pitangus sulphuratus*, *Antilophia galeata*, *Pera glabrata*, *Tangara sayaca*, *Tangara palmarum*, *Tapirus terrestris*, *Artibeus lituratus*, *Turdus amaurochalinus*, *Schefflera morototoni*, *Brotogeris chiriri*, *Ocotea pulchella*, *Saltator similis*, *Carollia perspicillata* - apresentaram valores de DC significativos ( $z\text{-score} \geq |2|$ ).

A *Miconia Albicans* foi a espécie de planta que apresentou maior valor (125), *Turdus leucomelas* a espécie de pássaro que apresentou maior valor (90) e *Tapirus terrestris* (40) e *Artibeus lituratus* as espécies de mamíferos que apresentaram maior valor (40).

Quanto às espécies de relevância etnobotânica, apenas a *Miconia albicans* e *Copaifera langsdorffii* apresentaram DC acima da média, sendo a *Miconia albicans* a única com diferença significativa em relação à média dos valores (**Gráfico 2**).



**Figura 5.** Espécies que apresentam valor de DC significativos.



**Figura 6.** Valores de DC de espécies de relevância etnobotânica.

### 5.3.2 Betweenness Centrality (BC)

As espécies que apresentaram valores de BC significativos ( $z\text{-score} \geq |2|$ ) foram: *Cecropia pachystachya*, *Ramphastos toco*, *Turdus leucomelas*, *Miconia albicans*, *Artibeus lituratus*, *Mauritia flexuosa*, *Tapirus terrestris*, *Tangara cayana*, *Miconia chamissois*, *Miconia rubiginosa*, *Schefflera morototoni*, *Curatella americana*, *Carollia perspicillata*, *Brotogeris chiriri*, *Antilophia galeata*, *Psidium guajava*, *Didelphis albiventri* e *Ara ararauna*, totalizando 18 espécies (**Gráfico 4**).

A *Cecropia pachystachya* foi a espécie de planta que apresentou maior valor (44616.9965151479), *Ramphastos toco* a espécie de pássaro que apresentou maior valor (19663.0696490628) e *Artibeus lituratus* a espécie de mamífero que apresentou maior valor (13605.35529).

Quanto às espécies de relevância etnobotânica, a *Miconia albicans*, *Caryocar brasiliense*, *Annona crassiflora* e *Copaifera langsdorffii* apresentaram DC acima da média, sendo a *Miconia albicans* a única com diferença significativa em relação à média dos valores (**Gráfico 5**).

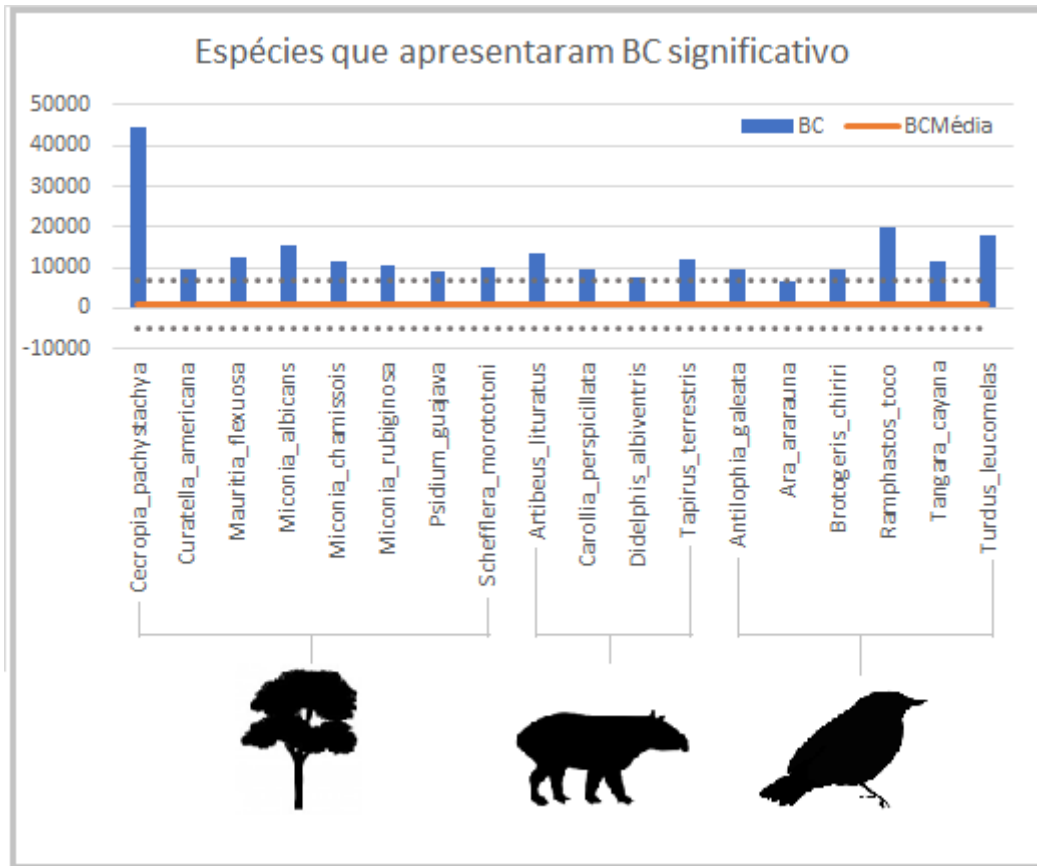


Figura 7. Espécies que apresentaram valor de BC significativos.

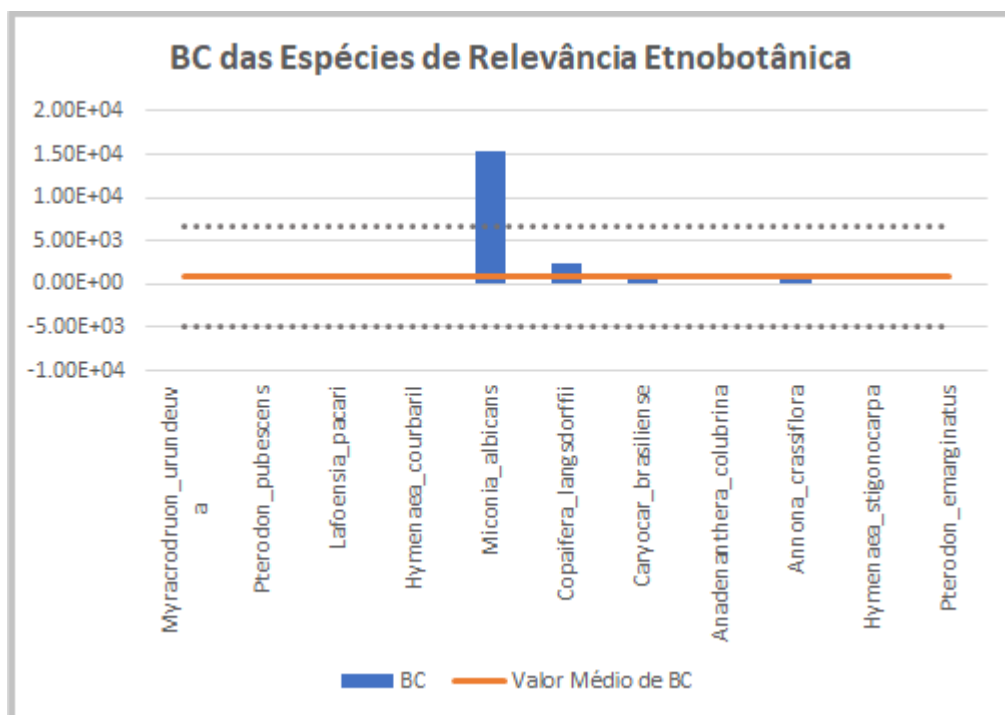
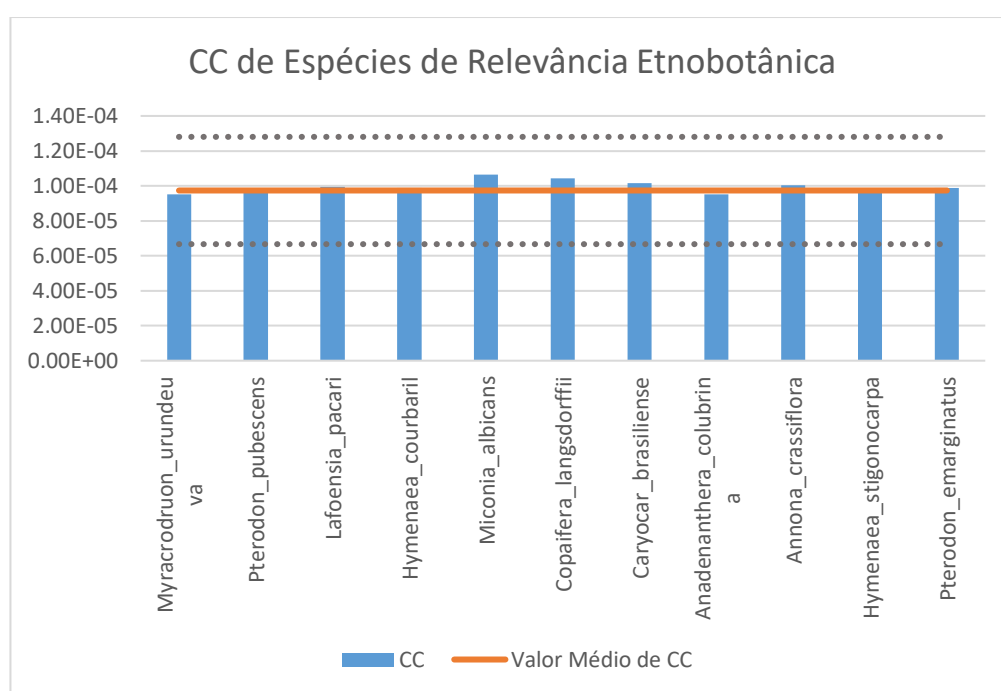


Figura 8. Valores de BC de espécies de relevância etnobotânica.

### 5.3.3 Closeness Centrality (CC)

Todas as espécies observadas com dados significativos ( $z\text{-score} \geq |2|$ ) apresentaram valores abaixo da média. 14 espécies apresentaram valores de CC significativos: *Cnemidophorus ocellifer*, *Leptotila verreauxi*, *Amazona amazônica*, *Eupetomena macroura*, *Heliomaster furcifer*, *Xolmis velatus*, *Chrotopterus auritus*, *Melocactus glaucescens*, *Annona cornifolia*, *Plenckia populnea*, *Connarus suberosus*, *Maprounea guianensis*, *Miconia burchellii*, *Syagrus coronata*.

Todas as espécies apresentaram o mesmo valor de CC ( $3.19 \times 10^{-6}$ ). Nenhuma das espécies de relevância etnobotânica apresentou diferença significativa (**Gráfico 8**).



**Figura 9.** Valores de CC de espécies de relevância etnobotânica.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Base de dados e as espécies etnobotânica

Das 18 espécies observadas nos quatro trabalhos utilizados como referência, 12 foram encontradas no banco de dados. Esse resultado pode ter sido causado pela escassez de estudos que há nesse sentido para o bioma Cerrado, o Atlantic-frugivory (Bello, et al, 2017), por

exemplo, reuniu 823 interações em 166 artigos encontrados, enquanto o *data set* utilizado conta com aproximadamente 1900 interações reunidas em 101 artigos, ou também por conta dos próprios *traits* das espécie de plantas selecionadas. Outro possível fator é a diferença de escalas utilizadas, uma vez que o *data set* se trata de um banco de dados regional, compreendendo todos os estados que contém Cerrado, enquanto a lista de plantas de relevância etnobotânica compreende apenas a distribuição das plantas no DF.

Os *traits* consistem nos atributos que as espécies possuem, os quais podem ser quantitativos ou qualitativos, como por exemplo tamanho, forma, composição química, valor nutritivo e/ou energético, respostas ecofisiológicas, comportamento, estágio de vida e abundância (Zamora, 2000; Bascompte e Jordano, 2014). Assim, as interações são influenciadas diretamente pela compatibilidade das características dos indivíduos, de forma que esses podem ser utilizados para prever possíveis interações.

As plantas que interagem com animais frugívoros em geral apresentam frutos com coloração e/ou odor forte, a fim de atrair seus possíveis dispersores. A *Miconia albicans*, por exemplo, que foi observada no *data set* apresenta flores perfumadas e brancas e fruto verde chamativo (Peres, 2018). Por outro lado, a *Lychnophora ericoides*, cuja principal forma de dispersão é a anemocoria, apresenta fruto seco do tipo aquênio, não atrativo para os frugívoros mas em contrapartida possui *traits* que atraem animais polinizadores (Avelino, 2005). O banco de imagens das espécies de plantas está contido no **ANEXO I**.

## 6.2 Análise da rede

Pelo gráfico da rede, é possível perceber que as espécies estão bem conectadas, há uma grande quantidade de nós dispostos no centro da rede e que realizam mais de uma interação, o que pode ser confirmado pelos valores de centralidade encontrados.

Observando a rede, é possível visualizar espécies interagindo com apenas uma outra espécie, mas também espécies interagindo com outras espécies. Assim, a rede apresenta tanto espécies generalistas quanto especialistas. Os valores de DC sugerem que a maioria das espécies é generalista, uma vez que a maioria interage com mais de uma espécie.

As espécies de frugívoros que apresentaram maior quantidade de interações foram *Turdus leucomelas*, enquanto a espécie de planta foi *Miconia albicans*. A *Miconia albicans*, que está entre as espécies de relevância etnobotânica selecionadas, foi a espécie da rede com maior número de interações.



Para além disso, tem-se que os valores de CC são próximos do valor médio da métrica. 14 apresentam diferença significativa para baixo de valor de CC em comparação ao valor médio. Assim, entende-se que os graus de influência que cada espécie exerce sobre as demais são parecidos. Ou seja, todas as espécies têm um potencial parecido de gerar um efeito cascata. O efeito cascata pode ser entendido como o potencial das demais espécies da rede serem atingidas indiretamente por alguma perturbação que atingiu diretamente determinada espécie (Ripple, et al., 2016). Na prática, isso significa que, em uma situação hipotética, em que uma perturbação cause a extinção de uma espécie, se essa apresentar um valor de CC relevante significa que os efeitos dessa extinção atingirão facilmente as demais espécies da rede.

Ao observar a rede, verifica-se que as espécies em geral não formam módulos que interagem apenas entre si e que se ligam a outros módulos por meio de determinadas espécies (Delmas et al., 2019). Em geral todas as espécies interagem entre si, o que sugere um comportamento não-modular da rede, o qual pode ser verificado por meio do cálculo de métricas de modularidade. Caso esta seja uma rede não-modular, é de esperar que não haja grandes outliers entre os valores de BC, uma vez que a métrica corresponde ao papel que cada espécie de exercerá enquanto uma potencial ponte, utilizando a menor distância possível, para conectar outros módulos de interações de plantas e frugívoros.

O critério utilizado para verificar se as espécies apresentavam importância significativa ou não para a manutenção da dinâmica do ecossistema foi observar se apresentavam valores de CC e DC significativos para cima, ou seja, se a diferença entre o valor da métrica é igual ou superior a dois desvios padrão. Contudo, a fim de entender melhor o significado de tais métricas, é interessante ainda a utilização de ferramentas de análise que consigam traduzir a forma como tais métricas se relacionam, como a PCA (*Principal Components Analysis*<sup>1</sup>, por exemplo.

Entre as espécies de plantas observadas, as que apresentaram diferença significativa para as duas métricas em que houve diferença significativa para mais foram as plantas *Cecropia pachystachya*, *Curatella americana*, *Miconia albicans*, *Miconia chamissois* e *Miconia rubiginosa* e os frugívoros foram *Schefflera morototoni*, *Antilophia galeata*, *Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata*, *Ramphastos toco*, *Tangara cayana*, *Tapirus terrestris*, *Turdus leucomelas*. Entre as 12 espécies de plantas de relevância etnobotânica listadas, apenas a *Miconia albicans* apresentou valor significativo de BC e DC. Como já foi comentado

---

<sup>1</sup>PCA consistem em uma técnica para reduzir o número de dimensões de dados, a fim de facilitar a sua interpretação e minimizar a perda de informações (Jolliffe e Cadima, 2016).

anteriormente, esse resultado pode se relacionar aos próprios atributos dessas espécies de plantas, que não são atrativos para os frugívoros mas que podem ser favoráveis a outras síndromes de dispersão, como por exemplo a anemocoria.

## 7 CONCLUSÕES

O presente trabalho se propôs a investigar a importância ecológica de espécies de relevância etnobotânica de uso múltiplo a fim de subsidiar novos estudos e estratégias para a conservação do Cerrado.

O formato da rede de interações frugívoro-plantas do Cerrado observada sugere um comportamento não modular e verifica-se uma maior presença de espécies generalistas que especializadas.

Apenas uma das espécies de relevância etnobotânica apresentou dados significativos para DC e CC, que foi a *Miconia albicans*, podendo ser considerada uma espécie-chave para a manutenção da dinâmica dos ecossistemas. Tendo em vista ainda, que essa é uma espécie que não se encontra ameaçada, é interessante que a *M. albicans* seja utilizada em estratégias que visem a conservação do ecossistema como um todo, como por exemplo a nucleação ambiental e recuperação de áreas degradadas. Outras espécies também apresentaram importância para a rede, como a *Cecropia pachystachya*, *Curatella americana*, *Miconia chamissois*, *Miconia rubiginosa*, e *Schefflera morototoni*. Assim, uma possível estratégia de conservação também seria explorar e popularizar o uso sustentável dessas espécies.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U.P. Re-examining hypotheses concerning the use and knowledge of medicinal plants: a study in the Caatinga vegetation of NE Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2: 30. 2006.

AMARAL, C. N. Recursos vegetais dos tradicionais quintais de Rosário Oeste – Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) – Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 80p. 2008.

ARROYO, Juan M. et al. La distribución de las especies a diferentes escalas espacio-temporales. 2004.

AVELINO, ALEXANDRE SANTOS. Biologia reprodutiva de *Lychnophora ericoides* Mart.(Asteraceae: Vernoniae). 2005. Tese de Doutorado. Tese de Mestrado.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P. Mutualistic networks. Princeton. 2014.

BASCOMPTE, Jordi; JORDANO, Pedro. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 38, p. 567-593, 2007.

Bastolla U, Fortuna MA, Pascual-García A, Ferrera A, Luque B, & Bascompte J. 2009. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature*, 458(7241), 1018

BRASIL. Lei nº 6040, de 7 de fevereiro de 2017. Institui . A Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 7 fev. 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm). Acesso em: 12 mar. 2022.

CAMARGO, Flora Ferreira; SOUZA, Thaianny Rodrigues de; COSTA, Reginaldo Brito da. Etnoecologia e etnobotânica em ambientes de Cerrado no Estado de Mato Grosso. *Interações (Campo Grande)*, v. 15, p. 353-360, 2014.

CAMPOS, L.Z.; ALBUQUERQUE, U.P.; PERONI, N.; ARAÚJO, E.L. Do socioeconomic characteristics explain the knowledge and use of native food plants in semiarid environments in Northeastern Brazil? *Journal of Arid Environments* 115: 53-61. 2015.

CARVALHO, J. V. F.; GUARIM NETO, G.; GUARIM, V. L. M. S.; FERREIRA, H. Plantas aromáticas no cerrado. In: GUARIM NETO, G.; CARVALHOR, J. V. F. (Org.). *Biodiversidade matogrossense: as plantas e suas potencialidades*. Cuiabá: Carlini & Caniato Editorial, p. 15-40. 2011.

CORRÊA, CHRISTIANE et al. Síndromes de dispersão em fragmentos de cerrado no município de Itirapina/SP. Unicampi, Campinas, 2007.

DELMAS, Eva et al. Analysing ecological networks of species interactions. *Biological Reviews*, v. 94, n. 1, p. 16-36, 2019.

DELMAS, Eva et al. Analysing ecological networks of species interactions. *Biological Reviews*, v. 94, n. 1, p. 16-36, 2019.

DIEGUES, A.C.S.; VIANA, V.M. Comunidades tradicionais e manejo dos recursos naturais da Mata Atlântica. 2a ed. HUCITEC/NUPAUB, São Paulo. 273p. 2004.

Dormann, C.F., Friend, J., Bluethgen, N. & Gruber B. 2009. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *Them Open Ecology Journal*, 2, 7-24.

DUNNE, Jennifer A.; WILLIAMS, Richard J.; MARTINEZ, Neo D. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. **Ecology letters**, v. 5, n. 4, p. 558-567, 2002.

EMBRAPA. Embrapa: contando ciência na web, [s.d]. Bioma Cerrado. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>>. Acesso em: 05 de jan. de 2021.

GRANDO, Felipe. On the analysis of centrality measures for complex and social networks. 2015.

GUARIM NETO, G.; CARVALHO, J. V. F.; MORAES, A. J. F.; FERREIRA, H. Frutos comestíveis no cerrado. In: GUARIM NETO, G.; CARVALHO, J. V. F. (Org.). Biodiversidade matogrossense: as plantas e suas potencialidades. Cuiabá: Carlini & Caniato Editorial, p 41-72. 2011.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: Biodiversidade do Cerrado, [s.d]. Biodiversidade. Disponível em: < <https://www.icmbio.gov.br/cbc/conservacao-da-biodiversidade/biodiversidade.html>>. Acesso em: 05 de jan. de 2021.

JOLLIFFE, Ian T.; CADIMA, Jorge. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 374, n. 2065, p. 20150202, 2016.

JORDÁN, Ferenc. Keystone species and food webs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1524, p. 1733-1741, 2009.

Jordan, P. (2000). Fruits and frugivory. In: Fenner, M. (ed) *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. CABI, Wallingford, 2. ed., pp.125-166

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

MANUEL, Alberto. Social Network Analysis – part two. End to end bpm, 2013. Disponível em:< <https://ultrabpm.wordpress.com/2013/03/25/social-network-analysis-part-two/>>. Acesso em: 28 de março de 2022.

MELLO, Marco Aurelio Ribeiro et al. Keystone species in seed dispersal networks are mainly determined by dietary specialization. *Oikos*, v. 124, n. 8, p. 1031-1039, 2015.

MITTERMEIER, Russell A. et al. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation biology*, p. 516-520, 1998.

MMA. Ministério do Meio Ambiente: biomas [s.d]. Biomas. Disponível em:<<https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html#:~:text=Estima%2Dse%20que%2020%2>

5%20das,altera%C3%A7%C3%B5es%20com%20a%20ocupa%C3%A7%C3%A3o%20humana.>. Acesso em: 05 de jan. de 2021.

MYERS, Norman. Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. *Environmentalist*, v. 8, n. 3, p. 187-208, 1988.

MYERS, Norman. Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. *Environmentalist*, v. 8, n. 3, p. 187-208, 1988.

OLIVEIRA, Daniela Almeida; PIETRAFESA, José Paulo; BARBALHO, MG da S. Manutenção da biodiversidade e o hotspots cerrado. *Caminhos de Geografia*, v. 9, n. 26, p. 101-114, 2008.

PERES, Marcelo Kuhlmann. Estratégias de dispersão de sementes no bioma cerrado: considerações ecológicas e filogenéticas. 2016.

PRADO, A.C.C.; RANGEL, E.B.; SOUSA, H.C.; MESSIAS, M.C.T.B. Etnobotânica como subsídio à gestão socioambiental de uma unidade de conservação de uso sustentável. *Rodriguésia* 70: e02032017. 2019.

RIPPLE, William J. et al. What is a trophic cascade?. *Trends in ecology & evolution*, v. 31, n. 11, p. 842-849, 2016.

ROCHA, Joyce Alves; BOSCOLO, Odara Horta; FERNANDES, Lucia Regina Rangel de Moraes Valente. Etnobotânica: um instrumento para valorização e identificação de potenciais de proteção do conhecimento tradicional. *Interações (Campo Grande)*, v. 16, p. 67-74, 2015.

SIMMONS, Benno I. et al. Moving from frugivory to seed dispersal: Incorporating the functional outcomes of interactions in plant–frugivore networks. *Journal of Animal Ecology*, v. 87, n. 4, p. 995-1007, 2018.

SOUSA, R.; HANAZAKI, N.; LOPES, J.B.; BARROS, R.M. Are gender and age 37ato-gross in understanding the distribution of local botanical knowledge in fishing communities of the Parnaíba Delta Environmental Protection Area? *Ethnobotany Research and Applications* 10: 551-559. 2012.

THÉBAULT, Elisa; FONTAINE, Colin. Stability of ecological communities and the architecture of mutualistic and trophic networks. *Science*, v. 329, n. 5993, p. 853-856, 2010.

XAVIER, F. F.; GUARIM NETO, G.; GUARIM, V. L. S.; FERREIRA, H.; Plantas medicinais no cerrado. In: GUARIM NETO, G.; CARVALHO, J. V. F. (Org.). *Biodiversidade Mato-grossense: as plantas e suas potencialidades*. Cuiabá: Carlini & Caniato Editorial, p 93-112. 2011.

ZAMORA, Regino. Functional equivalence in plant-animal interactions: ecological and evolutionary consequences. *Oikos*, v. 88, n. 2, p. 442-447, 2000.

JORDANO, Pedro et al. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. 2006.

## 8 ANEXOS

### 8.1 Anexo I – Espécies etnobotânica

**Foto 1** – *Stryphnodendron adstringens*



Fonte: Flora do Brasil (Souza, Vinicius Castro), 2018.

**Fotos 2 - *Vernonia polysphaera***



Fonte: PlantaSonya ([s.d])

**Foto 3 e 4 - *Myracrodruon urundeuva***



Fonte: Alamy ([s.d]).



Fonte: Reserva Mãe-da-Lua (2020).



**Fotos 5, 6 e 7 – *Pterodon pubescens***



Fonte: Flora do Brasil (de Carvalho, Catarina Silva), 2020.

**Fotos 8 e 9 - *Echinodorus macrophyllus***



Fonte: Flickr (Hoyer, Rich), 2017.

**Fotos 10, 11 e 12 - *Lafoensia pacari***



Fonte: Flora do Brasil (Cavalcanti, Taciana B.), 2014.

**Fotos 12 e 13 - *Hymenaea courbaril***

Fonte: BFN, [s.d].



Fonte: Urban Forest, c2014.

**Fotos 13 e 14 - *Centrosema bracteosum***

Fonte: Flickr (Mercadante, Mauricio), 2010.

**Fotos 15, 16 e 17 - *Lychnophora ericoides* Mart.**



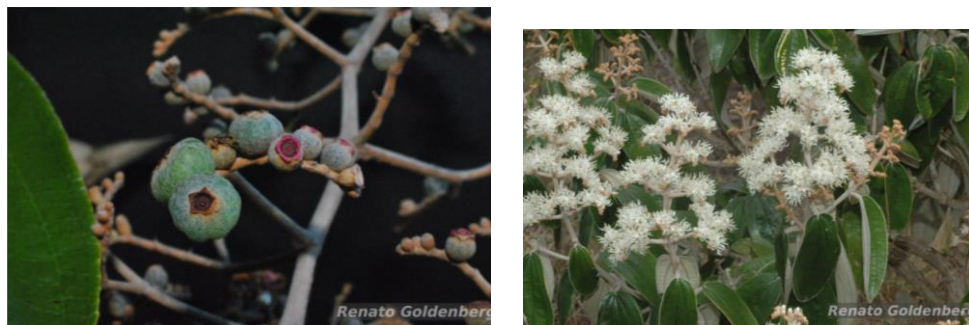
Fonte: Flickr (Mercadante, Mauricio), 2017.

**Fotos 18 - *Croton antisiphiliticus***



Fonte: Flora do Brasil (Caruzo, Maria Beatriz Rossi.), 2016.

**Fotos 19 e 20 - *Miconia albicans* (sw.) Triana**



Fonte: Flora do Brasil (Goldenberg, Renato.), 2020.

**Fotos 21 e 22 - *Copaifera langsdorffii* Desf.**



Fonte: Vertflora, [s.d].



Fonte: Escola de Fitoterapia Ervanarium, [s.d.]

**Fotos 23 e 24 - *Maytenus ilicifolia* Reiss**



Fonte: Natureza Bela, 2014.



Fonte: Apremavi, 2009.

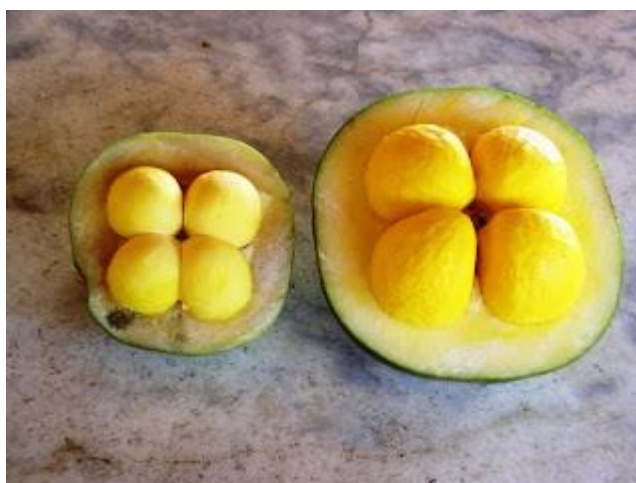
**Fotos 25, 26 e 27 - *Caryocar brasiliense* Cambess**



Fonte: Embrapa Cerrados (Junqueira, Nilton Tadeu Vilela), 2017.



Fonte: Embrapa Cerrados (Junqueira, Nilton Tadeu Vilela), 2010.

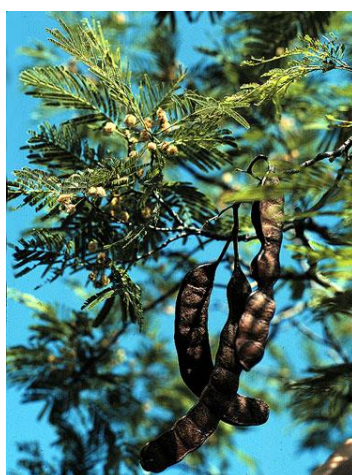


Fonte: Lider Agronomia, 2012.

**Fotos 28 e 29 - *Anadenanthera colubrina* (vell.) Brenan**



Fonte: CNPT, [s.d].



Fonte: Field Museum, [s.d].

**Fotos 30 e 31 - *Phyllanthus niruri* L**



Fonte: Flora do Brasil (Mendes, Jone), 2020.

**Fotos 32 e 33 – *Amburana cearensis***



Fonte: Flora do Brasil (Seleme, Elidiene Priscila), 2020.

**Fotos 34 e 35 – *Annona crassiflora***



Fonte: A Planta da Vez, 2018.



Fonte: A Planta da Vez, 2018.



**Fotos 36 e 37 – *Caesalpinia férrea***

Fonte: Árvores de São Paulo, [s.d].



Fonte: Plant e Key, [s.d].

**Fotos 38 – *Chenopodium ambrosioides***

Fonte: Lar natural [s.d].

Fotos 39, 40, 41 e 42 – *Dipteryx alata* Vog



Fonte: Flora do Brasil (Carvalho, Catarina), 2020.

**Fotos 43** – *Hibiscus rosa-sinensis*



Fonte: Mundo Ecologia, 2019.

**Fotos 44 e 45** – *Hymenaea stigonocarpa*



Fonte: A Planta da Vez, 2020.

**Fotos 46** – *Mimosa tenuiflora* L



Fonte: Alchetron, 2018.

**Fotos 47** – *Passiflora incarnata*



Fonte: In Naturalist, [s.d].

**Fotos 48, 49, 50 e 51 – *Pterodon emarginatus***



Fonte: Flora do Brasil (Carvalho, Catarina), 2020.

**Fotos 52 – *Rosmarinus officianalis*.**



Fonte: CNPT, [s.d].

**Fotos 53** – *Urtica dioica* L



Fonte: Natur Data, [s.d].

## 8.2 Anexo II – R script for network analysis of plant species

```
#R script for network analysis course
#Author: Hernani OLiveira, Cintia Isla e Beatriz Farias
#Date: 30/03/2022

#Load R packages
install.packages("igraph")
rm()
library(igraph)

#Defining the working area
setwd("~/Floresta/TC")

#Load the table with the data
frugivory<-read.table("frugivory.txt", h=T, sep ="\t")

#Explore the dataset
head(frugivory)
ncol(frugivory)
nrow(frugivory)
str(frugivory)

#Separate the plot view in columns and rows
par(mfrow=c(1,1))

#Transforming the data for an Igraph object (graph data frame)
g<-graph.data.frame(frugivory[,c(2,3)], directed=FALSE)

A <- as_adjacency_matrix(g, type="both",names=TRUE,sparse=FALSE)
A <- as_adjacency_matrix(g)
```

```
#Makes an initial plot of our network
plot(g, vertex.label=NA, vertex.size=4)
```

```
#Load the file with the species attributes
attributes<-read.table("attr_frugivory.txt", h=T,sep ="\t")
```

```
#Explore the dataset
table(attributes[,3])
```

```
#Organize the colours of the network
```

```
V(g)$ID=as.character(attributes$ID[match(V(g)$name,attributes$Node.ID)]) # This
code says to create a vertex attribute called "Sex" by extracting the value of the column "Sex"
in the attributes file when the Bird ID number matches the vertex name.
```

```
V(g)$ID
```

```
V(g)$color=V(g)$ID #assign the "Sex" attribute as the vertex color
```

```
V(g)$color=V(g)$ID #assign the "Sex" attribute as the vertex color
```

```
V(g)$color=gsub("plant","green",V(g)$color) #etnos will be green #gsub() function
replaces all matches of a string, if the parameter is a string vector, returns a string vector of
the same length and with the same attributes (after possible coercion to character). Elements
of string vectors which are not substituted will be returned unchanged (including any declared
encoding).
```

```
V(g)$color=gsub("invertebrate","black",V(g)$color) #Invertebrate will be black
```

```
V(g)$color=gsub("mammal","coral",V(g)$color) #Mammal will be coral #
```

```
V(g)$color=gsub("bird","blue",V(g)$color) #Bird will be blue #
```

```
V(g)$color=gsub("reptile","red",V(g)$color) #Reptile will be brown #
```

```
V(g)$shape=V(g)$ID
```

```
V(g)$shape=gsub("plant","circle",V(g)$shape) #etnos will be square
```

```
V(g)$shape=gsub("invertebrate","square",V(g)$shape) #Invertebrate will be square
```

```
V(g)$shape=gsub("mammal","square",V(g)$shape) #Mammal will be square
```

```
V(g)$shape=gsub("bird","square",V(g)$shape)#Bird will be square
```

```
V(g)$shape=gsub("reptile","square",V(g)$shape) #Reptile will be square
```



```

plot.igraph(g, vertex.size=3, vertex.label=NA, layout=layout.kamada.kawai)

legend(-3.0, 1.0, legend=c("Plant", "Invertebrate", "Mammal", "Bird", "Reptile"),
      col=c("green", "black", "coral", "blue", "red"), pch=c(15, 15, 15, 15, 15),
      pt.cex=0.5, cex=0.75, bty="n", title="Frugivory Network - Cerrado ")

#Calculate the values of centrality
degree(g)
closeness(g)
betweenness(g)

```

### 8.3 ANEXO III - R script for network analysis of ethnobotanic plant species

#Author: Hernani OLiveira, Cintia Isla e Beatriz Farias

#Date: 30/03/2022

#Load R packages

```
install.packages("igraph")
```

```
rm()
```

```
library(igraph)
```

#Defining the working area

```
setwd("~/Floresta/TCC/ethnobotanic")
```

#Load the table with the data

```
frugivory<-read.table("frugivory_ethnobotanic3.txt", h=T, sep ="\t")
```

#Explore the dataset

```
head(frugivory)
```

```
ncol(frugivory)
```

```
nrow(frugivory)
```

```
str(frugivory)
```

```

#Separate the plot view in columns and rows
par(mfrow=c(1,1))

#Transforming the data for an Igraph object (graph data frame)
g<-graph.data.frame(frugivory[,c(2,3)], directed=FALSE)

A <- as_adjacency_matrix(g, type="both",names=TRUE,sparse=FALSE)
A <- as_adjacency_matrix(g)

#Makes an initial plot of our network
plot(g, vertex.label=NA, vertex.size=4)

#Load the file with the species attributes
attributes<-read.table("attr_frugivory_ethnobotanic2.txt", h=T,sep ="\t")

#Explore the dataset
table(attributes[,3])

#Organize the colours of the network
V(g)$ID=as.character(attributes$ID[match(V(g)$name,attributes$Node.ID)]) # This code says
to create a vertex attribute called "Sex" by extracting the value of the column "Sex" in the
attributes file when the Bird ID number matches the vertex name.
V(g)$ID
V(g)$color=V(g)$ID #assign the "Sex" attribute as the vertex color
V(g)$color=V(g)$ID #assign the "Sex" attribute as the vertex color
V(g)$color=gsub("plant","green",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etnox","brown",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etnoy","pink",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etnoz","gray",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etno4","orange",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etno5","magenta",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etno6","lightblue",V(g)$color)

```

```

V(g)$color=gsub("etno7","lightgreen",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etno8","purple",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etno9","yellow3",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etno10","olivedrab",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etno11","steelblue",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("etno12","sienna",V(g)$color)
V(g)$color=gsub("invertebrate","black",V(g)$color) #Invertebrate will be black
V(g)$color=gsub("mammal","coral",V(g)$color) #Mammal will be coral #
V(g)$color=gsub("bird","blue",V(g)$color) #Bird will be blue #
V(g)$color=gsub("reptile","red",V(g)$color) #Reptile will be brown #

```

```

V(g)$shape=V(g)$ID
V(g)$shape=gsub("plant","circle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etnox","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etnoy","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etnoz","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno4","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno5","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno6","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno7","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno8","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno9","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno10","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno11","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("etno12","rectangle",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("invertebrate","square",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("mammal","square",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("bird","square",V(g)$shape)
V(g)$shape=gsub("reptile","square",V(g)$shape)

```

```

plot.igraph(g, vertex.size=3, vertex.label=NA, layout=layout.kamada.kawai)

```

```

legend(-3.0, 1.0, legend=c("Plant", "Anadenanthera columbrina", "Annona crassiflora",
"Caryocar brasiliense", "Copaifera langsdorffii", "Hymenaea courbaril", "Hymenaea
stigonocarpa", "Lafoensia pacari", "Miconia albicans", "Mimosa tenuiflora", "Myracrodruon
urundeuva", "Pterodon emarginatus", "Pterodon pubescens", "Invertebrate", "Mammal",
"Bird", "Reptile"),

```

```

col=c("green", "brown", "pink", "gray", "orange", "magenta", "lightblue", "lightgreen",
"purple", "yellow3", "olivedrab", "steelblue", "sienna", "black", "coral", "blue", "red"),
pch=c(15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15),

```

```

pt.cex=0.5,cex=0.75, bty="n", title="Frugivory Network - Cerrado ")

```

```

#Calculate the values of centrality

```

```

degree(g)

```

```

closeness(g)

```

```

betweenness(g)

```