



SELEÇÃO DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA COM ANÁLISE DE CLUSTER PARA CANOAS DE PESCA NA CIDADE DE MANAUS

SELECTION OF AMAZON WOODS WITH CLUSTER ANALYSIS FOR FISHING CANOES IN THE CITY OF MANAUS

Almeida, Ana Célia ⁽¹⁾*; De Lima Mesquita, Antônio ⁽²⁾; Monteiro de Paula, Estevão ⁽³⁾;
Catanhede do Nascimento, Claudete ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Acadêmica de Eng. Naval. UEA – Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, Brasil

⁽²⁾ Doutor, UEA – Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, Brasil

⁽³⁾ Doutor, UEA – Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, Brasil

⁽⁴⁾ Doutora, INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Brasil

* Contato: almeidaceliap@gmail.com

CÓDIGO: 4620189

Resumo

A frota pesqueira que abastece a cidade de Manaus engloba a maioria dos municípios do Estado do Amazonas. Sabe-se que é considerável a atuação do setor no fornecimento alimentício e principal fonte de renda dos ribeirinhos. No Amazonas, foram relatados que cinquenta e seis por cento (56%) dos armadores vivem exclusivamente da pesca, o que implica na grande exploração madeireira no setor naval. Observa-se que o manejo florestal sustentável é uma alternativa para a valorização das embarcações de pesca na região amazônica e para o desmatamento consciente dos recursos naturais. Com o decorrer dos anos, o homem tornou-se o principal responsável pelo cenário exploratório no Amazonas, um exemplo a ser destacado é a exploração da madeira Itaúba (*Mezilaurus itauba*) utilizada na região amazônica com foco principal na construção de canoas de pesca. A fim de minimizar os danos causados a Itaúba, realizou-se um estudo de seleção de espécies com potencial para substituir a mesma na construção das canoas, favorecendo o melhor aproveitamento das espécies nativas da região Norte. Os critérios de seleção se deram por meio de análise estatística multivariada com o uso dos métodos de clusterização e dendrogramação, onde os dados foram obtidos a partir do estudo realizado na área da Hidrelétrica de Balbina, reunindo um total de 40 espécies madeiras nativas da Amazônia.

Palavras-chave: Análise de clusters, manejo florestal sustentável, pesca de subsistência.

Abstract

The fishing fleet supplying the city of Manaus encompasses most municipalities in the state of Amazonas. It is known that the sector's performance in food supply and the main source of income of the riverside communities is considerable. In Amazonas, 56% were reported off the shivers live exclusively from fishing, which implies the large logging in the naval sector. It is observed that sustainable forest management is an alternative for the valuation of fishing vessels in the Amazon region and for the conscious deforestation of natural resources. Over the years, man has become the main responsible for the exploratory scenario in Amazonas, an example to be highlighted is the exploitation of the wood Itaúba (*Mezilaurus itauba*) used in the Amazon region with main focus on the construction of canoes of Fishing. In order to minimize the damage caused to Itaúba, a study of species selection was carried out with the potential to substitute the same in the construction of canoes, favoring the better use of native species in the North region. The selection criteria were based on multivariate statistical analysis with the use of clustering and dendrogramation methods, where data were obtained from the study conducted in the area of the Balbina hydroelectric plant, gathering a total of 40 species Native timber from the Amazon.

Keywords: Cluster analysis, sustainable forest management, subsistence fishing.



1. INTRODUCCIÓN

La región norte de Brasil se beneficia geográficamente al tener la segunda vía fluvial más grande del mundo, el Río Amazonas con una longitud de 6,992 km, además de tener el Bosque Amazónico con toda su heterogeneidad de especies maderables. Como resultado de estos factores, es común encontrar en los ríos de la región embarcaciones fabricadas de forma artesanal con el uso de bosques nativos de la región. Teniendo los ríos como uno de los principales medios de transporte por el Estado del Amazonas, estas comunidades utilizan las canoas como su medio de transporte característico, que a su vez también se utilizan en la pesca de subsistencia para garantizar la fuente de proteínas de estas familias.

Según Araújo (2011), la gran región amazónica tiene una naturaleza biológica que está determinada por sus condiciones físicas / climáticas, con los factores meteorológicos de brillo solar, volumen de agua, lluvia, humedad relativa, que proporcionan una gran diversidad. Es de conocimiento que la selva amazónica, cuenta con alrededor de 600 millones de hectáreas, tiene un enorme potencial exploratorio, favoreciendo el desarrollo exponencial del sector maderero. Sin embargo, existe la presencia del ser humano en realizar prácticas de explotación en los bosques brasileños de manera inapropiada. De Paula (1997), afirma que desde la colonización del país, especies como la Secoya/ Palo Brasil (*Caesalpinia echinata*) han sido explotadas de manera depredadora.

El hombre a lo largo de los años, se convirtió en el principal responsable de este escenario de explotación, un ejemplo a destacar es la explotación de la madera Itaúba (*Mezilaurus itauba*) utilizada en la región norte con aplicación en la construcción de canoas. En un informe técnico de la Secretaría Municipal de Medio Ambiente y Sostenibilidad - SEMAS, desde 2009 esta especie maderera ha sido presentada y es vulnerable a la extinción.

Al realizar una identificación de las especies presentes en el área de la planta hidroeléctrica Balbina, fue posible reunir datos de 40 bosques presentes en la región, con respecto a sus características estructurales y anatómicas. Para minimizar el daño causado a la madera de Itaúba, se realizó un estudio para seleccionar especies con potencial para reemplazar su uso en la construcción de canoas de pesca, proporcionando el mejor uso sostenible de las especies nativas de la flora amazónica.

Los criterios de selección de especies se obtuvieron mediante análisis estadísticos multivariados mediante métodos de dendrogramas y agrupación, obteniendo familias y agrupaciones de especies similares entre sí. Por lo tanto, se determinó qué bosques tienen mayores niveles de similitud con *Mezilaurus itauba*.

2. METODOLOGÍA

2.1. Análisis multivariado

Inicialmente, se define que para que dos cosas sean similares deben tener un nivel de equivalencia. Mediante el estudio del análisis estadístico multivariado, fue posible analizar el comportamiento de todas las variables que ocurren simultáneamente. Las



especies de madera se reorganizaron por el nivel de similitud entre ellas y a partir de esta premisa, se agruparon teniendo en cuenta los factores de las características estructurales y anatómicas.

Grus (2018) afirma que cuando se observa alguna fuente de datos, es normal que los datos formen grupos de alguna manera. Sobre la base de esta premisa, las variables del sistema se definieron donde se utilizaron para ambos métodos de agrupación. La resistencia estructural se dividió en cuatro variables: módulo de elasticidad en flexión con valores que varían de 7.06 MPa a 18.72 MPa, módulo de ruptura en la compresión que varía de 28.22 MPa a 120.54 MPa, El esfuerzo cortante, que oscila entre 5,10 MPa y 21,56 MPa, y las densidades básicas de madera se clasificaron en baja, media y alta. Para la resistencia natural, se eligió la resistencia de los bosques a hongos y termitas. Clasificándolos como: no resistentes, poco resistentes, moderadamente resistentes, resistentes y altamente resistentes.

El modelo realizado en el estudio se puede ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**(diagrama de flujo), que resume todo el proceso metodológico realizado para alcanzar el objetivo final a través de dos líneas de investigación, dendrogramación y agrupación.

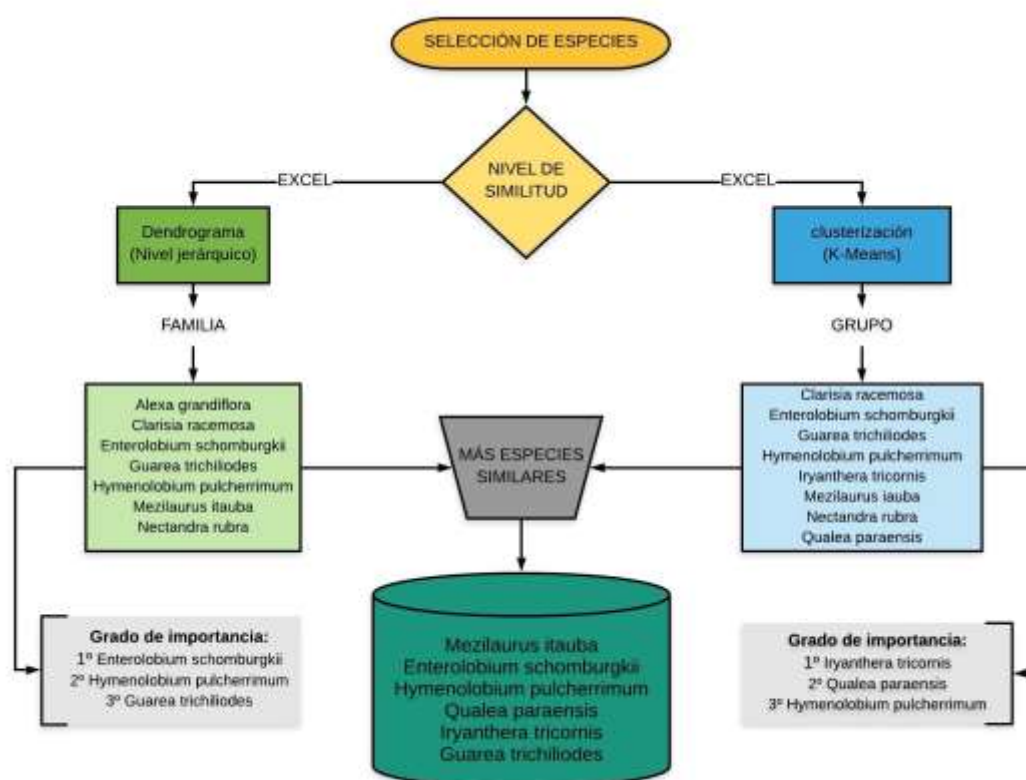


Figura 1: Proceso metodológico de la investigación

2.2. Dendrograma y Clusterización

En ambos métodos, se realizó un análisis de distancia euclidiana y los seis grupos generados en cada uno de los métodos de agrupación se definieron de antemano.



El dendrograma es la representación ramificada, presentada con una configuración equivalente a un árbol genealógico, donde los elementos que pertenecen al grupo comparten factores comunes entre ellos. Las especies se agruparon en seis familias de acuerdo con su nivel jerárquico de similitud, donde se tomaron en cuenta los datos de cada especie con respecto a la resistencia estructural y la resistencia natural.

En el método de agrupamiento, las especies se organizaron en seis grupos distintos, en los que las especies maderables equivalentes se unen a través de características similares de un estudio de medias, o k-medias, en relación con las fuerzas estructurales de cada uno. También se analizaron los comportamientos de las especies con respecto a su resistencia natural a hongos y termitas.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de dendrogramación, las especies se agruparon en 6 familias con varias ramas que detallan el nivel de similitud presente entre cada una. Notamos que cuanto más cerca estén del nivel jerárquico, mayores serán sus similitudes. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, podemos ver cómo se presentó el análisis y sus ciertas ramificaciones.

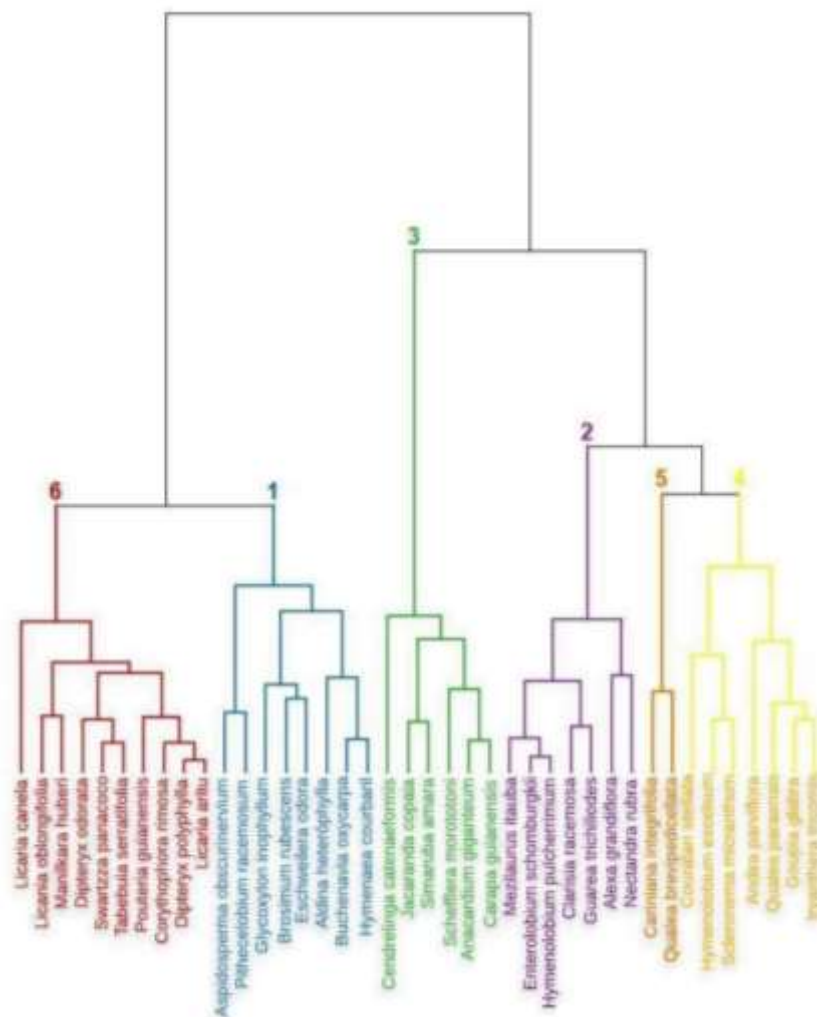


Figura 2: Agrupamiento Método Jerárquico

Observamos que en el Grupo 1 las especies se caracterizaron por su alta densidad básica. En cuanto a la resistencia estructural, tenemos que en este grupo el rango de módulo elástico es de 10.5 MPa a 15 MPa, el módulo de ruptura varía de 47.8 MPa a 80.1 MPa y las tensiones de ruptura con valores entre 12.9 MPa a 18 MPa. En cuanto a su resistencia natural a hongos y termitas, se encontró que las especies eran resistentes, moderadamente o muy resistentes.

Para las especies de madera agrupadas en las ramas que pertenecen al Grupo 3, notamos una variación en las densidades básicas en comparación con el Grupo 1. A diferencia del primer grupo, en estas ramas las especies tienen bajas densidades en todos los casos. Para las resistencias estructurales, tenemos en este grupo un módulo de elasticidad entre 7.1 MPa a 11.1 MPa, mientras que para los módulos de ruptura obtuvimos un rango de 28.2 MPa a 48.6 MPa y para la tensión de ruptura, el intervalo estuvo entre 5,1 MPa y 12,3 MPa. En los resultados obtenidos para las características de resistencia natural, se encontró que en el 75% de los casos las especies tienen poca o ninguna resistencia a hongos y termitas y el 25% es moderadamente resistente.



Para las especies maderables que pertenecen al Grupo 4, se observó que las especies encontradas en este grupo presentaban densidades básicas promedio. Con respecto a las resistencias estructurales, éstas presentaron en un rango de 11.2 MPa a 13.6 MPa para el módulo de elasticidad, 60.1 MPa a 73 MPa para el módulo de ruptura y un rango de 9.3 MPa a 14.3 MPa para las tensiones de ruptura. Al analizar el comportamiento de estas especies ante el ataque de hongos y termitas, en el 71.4% de los casos, las especies maderables mostraron cierta resistencia a estos agentes externos, y en el 28.6% las especies fueron poco o nada resistentes.

En el Grupo 5, todas las especies maderables presentaron densidades básicas promedio y en el 100% del grupo se informó que tienen poca o ninguna resistencia a los hongos y termitas. En cuanto a las otras variables del sistema, obtuvimos intervalos de 9.8 MPa a 11.4 MPa para el módulo de elasticidad, 43.6 MPa a 44.1 MPa para el módulo de ruptura y finalmente, 7.9 MPa a 10.8 MPa para la tensión de ruptura.

En el Grupo 6, obtuvimos en el 100% de los casos altas densidades básicas, siendo similares a los resultados encontrados en el Grupo 1; Sin embargo, al observar la resistencia natural de estas especies maderables, se encontró que en el 90% de los casos las especies son altamente resistentes a los hongos y termitas en el Grupo 6, mientras que para el Grupo 1, este valor cae al 37.5%.

En las especies que se agruparon en las ramas del Grupo 2, consideradas las más importantes de este análisis, observamos que tienen factores comunes con *Mezilaurus itauba*, que fue la especie elegida como la especie maderera modelo de este estudio. En este grupo observamos que las especies más cercanas al árbol genealógico del Grupo 2 son: *Enterolobium schomburgkii* y *Hymenolobium pulcherrimum*. Además de que estas especies de madera tienen factores comunes con Itaúba, también tienen aplicación de datos bibliográficos acordes en la construcción de canoas en el Estado de Amazonas, corroborando así la validación de los resultados obtenidos. Las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, respectivamente, muestran el comportamiento de estas especies en la resistencia estructural y natural.

Tabela 1: Comportamiento de las especies propiedades Físico- mecánicas

Nombre Científico	Densidad Básica	Módulo de elasticidad	Módulo de ruptura	Tensión de ruptura
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	Média	11,858	64,974	12,544
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Média	12,642	63,406	14,504
<i>Mezilaurus itauba</i>	Média	13,034	51,45	11,564

Tabela 2: Resistencia de las especies de madera a Factores de Biodegradación

Nombre Científico	Ataque de Termitas	Ataque de Hongos
-------------------	--------------------	------------------



<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	Altamente resistente	Resistente
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Altamente resistente	Resistente
<i>Mezilaurus itauba</i>	Altamente resistente	Resistente

Las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestran que las especies tienen muchos factores en común, como la densidad básica y la resistencia al ataque de hongos y termitas. También fue observado que cuando se trata de su resistencia estructural, las tres especies presentaron valores con una pequeña variación.

En el segundo método utilizado en este análisis, se realizó un estudio de promedios entre las variables del sistema para detectar sus grados de similitud, con el fin de organizar los grupos o grupos con las especies de madera equivalentes entre sí. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los resultados obtenidos a partir del método de agrupamiento, que muestra cómo se organizaron las especies.

Tabela 3: Grupos de especies utilizando el método de agrupamiento

GRUPO 01	GRUPO 02	GRUPO 03
<i>Aldina heterophylla</i>	<i>Alexa grandiflora</i>	<i>Andira parviflora</i>
<i>Aspidosperma obscurinervium</i>	<i>Anacardium giganteum</i>	<i>Couratari stellata</i>
<i>Brosimum rubescens</i>	<i>Carapa guianensis</i>	<i>Goupia glabra</i>
<i>Buchenavia oxycarpa</i>	<i>Cariniana integrifolia</i>	<i>Hymenolobium excelsum</i>
<i>Corythophora ramosa</i>	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	<i>Scleronema micranthum</i>
<i>Dipteryx odorata</i>		
<i>Dipteryx polyphylla</i>		
<i>Eschweilera odora</i>		
<i>Glycoxylon inophyllum</i>		
<i>Hymenaea courbaril</i>		
<i>Pithecelobium racemosum</i>		
GRUPO 04	GRUPO 05	GRUPO 06
<i>Clarisia racemosa</i>	<i>Jacaranda copaia</i>	<i>Licania oblongifolia</i>
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	<i>Qualea brevipedicellata</i>	<i>Licaria aritu</i>
<i>Guarea trichiliodes</i>	<i>Schefflera morototoni</i>	<i>Licaria canela</i>
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	<i>Simaruba amara</i>	<i>Manilkara huberi</i>
<i>Iryanthera tricornis</i>		<i>Pouteria guianensis</i>
<i>Mezilaurus itauba</i>		<i>Swartzza panacoco</i>



<i>Nectandra rubra</i>		<i>Tabebuia serratifolia</i>
<i>Qualea paraensis</i>		

Los resultados obtenidos a partir de este método mostraron que el Grupo 04, que pertenece a la especie *Mezilaurus itauba*, se detectó nuevamente la presencia de las especies *Enterolobium schomburgkii* e *Hymenolobium pulcherrimum*, se encontraron en el estudio de dendogramas, lo que confirma una vez más la validez de los datos en cuanto al nivel de similitud. También se observó que para ambos análisis los grupos presentaron la misma especie dentro de los grupos, que incluyen: *Clarisia racemosa*, *Guarea trichiliodes*, *Guarea trichiliodes* y *Nectandra rubra*.

En el análisis de clusterización de datos se encontró que dentro del grupo, la especie que más se parecía a Itaúba era *Qualea paraensis*, una especie que no pertenecía al grupo formado en el análisis de dendrograma. Sin embargo, según la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), las aplicaciones de *Qualea paraensis* también se pueden encontrar en la construcción de embarcaciones de madera, específicamente en canoas y remos.

Según Lins (2011), la industria de la construcción naval emerge como uno de los mayores contribuyentes al desarrollo económico de la región, destacándose como uno de los mayores creadores de empleo. Los datos proporcionados por IBGE (2017) informan que el corte de la madera destinada a la construcción naval, la construcción civil, entre otros, generó R \$ 4,5 mil millones, un aumento del 16,6% en comparación con 2016. Puede afirmarse sobre la importancia de una visión sostenible con respecto a las técnicas de explotación de las especies maderables. Los dos análisis desarrollados en este estudio promovieron un grupo de alternativas con nuevas opciones de especies maderables que tienen características equivalentes a las encontradas en Itaúba, contribuyendo en gran medida como nuevos modelos de explotación sostenible.

4. CONCLUSIONES

Los análisis generados en este estudio se centraron en la generación de grupos de especies que podrían reemplazar la madera de Itaúba (*Mezilaurus itauba*), actualmente utilizada con gran frecuencia en la construcción de embarcaciones de madera en la región norte de Brasil.

Se observó que en los dos métodos utilizados, dendrograma y agrupamiento (Clusterización), las especies presentes en casi todos ellos eran las mismas para ambos grupos, especialmente *Enterolobium schomburgkii* y *Hymenolobium pulcherrimum*. La validación de los resultados obtenidos en ambos métodos se confirmó de acuerdo con la literatura actual.

El resultado final presentó que el grupo de 5 especies de madera con características estructurales y anatómicas equivalentes a las encontradas en Itaúba, que incluyen: Sucupira amarilla (*Enterolobium schomburgkii*), Angelim-Pedra (*Hymenolobium pulcherrimum*), Mandioqueira (*Qualea paraensis*), Ucuúba-punã (*Iryanthera tricornis*) y Gitó (*Guarea trichiliodes*).



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Estatal de Amazonas - UEA por su apoyo académico, a la Fundación para el Apoyo a la Investigación en el Estado de Amazonas - FAPEAM, por su apoyo financiero y al Laboratorio de Ingeniería de Artefactos de Madera INPA por otorgar la base de datos utilizada en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, V. C. de. (2011). *Silvicultura Tropical Amazônia*. Valer. 22ª edição, 260p.
- Paula, J. E. de. (1997). *Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso*. Fundação Mokiti Okada.
- Grus, J. (2018). *Data Science do zero: Primeiras regras com o Python*. Alta Books Editora.
- IBGE (2017). *Pevs 2017: produção da silvicultura e da extração vegetal chega a R\$ 19,1 bilhões e cresce 3,4% em relação a 2016*. Agência IBGE notícias.
- ITTO (2019). *Mandioqueira (Qualea paraensis)*. International Tropical Timber Organization.
- Lins, N. V. M. (2011). *Construção naval na Amazônia*. Manaus: BK editora.
- SEMAS (2009). *Espécies Ameaçadas*. Secretaria de meio ambiente e sustentabilidade