

# O MapBiomias e a avaliação do risco de extinção da flora brasileira

Lucas S.B. Jordão      Gláucia C. Ferreira      Monira B. Bicalho  
Fernanda C. Wimmer      Mário Gomes      Lucas A. Aragão      Pablo H. A. Mello  
Eduardo T. Amorim      Eduardo P. Fernandez      Thaís Laque

18/02/2022

## Resumo

Os dados da série histórica dos últimos 36 anos da cobertura de uso do solo do MapBiomias destacam-se como cruciais para a avaliação de risco de extinção de espécies da flora brasileira. O Brasil tem o compromisso de cumprir a Meta 2 da GSPC e avaliar toda sua flora. Nesse sentido, os dados do MapBiomias fornecem parâmetros objetivos e reprodutibilidade à aplicação do sistema de categorias e critério da Lista Vermelha da IUCN. O CNCFlora/JBRJ vem progredindo na construção de um sistema nacional de gerenciamento de dados para avaliação do risco de extinção de espécies da flora brasileira, o ProFlora. Sem embargo, avança também no desenvolvimento de uma plataforma automatizada, que sirva como um painel de avaliação que auxilie os avaliadores na aplicação dos protocolos da IUCN. A série histórica do MapBiomias provê base material para justificação do parâmetro de declínio contínuo e a contagem do número de *locations*, ambos utilizados no critério B do sistema da IUCN. Os dados também permitem o desenvolvimento de metodologias de avaliação rápida para definição de espécies prioritárias para avaliação. Nesse documento, apresentamos o protótipo de um painel de avaliação para seis espécies, que demonstram a importância dos dados do MapBiomias na avaliação de risco de extinção.

## 1 Introdução

Em 1992, ano que o Brasil sediou a 2ª Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (conhecida como ECO-92), foi estabelecida a **Convenção sobre a Diversidade Biológica** (CDB). Dentre os programas estabelecidos pela CDB, a **Estratégia Global para a Conservação de Plantas** (GSPC, do inglês) estabeleceu 16 metas que deveriam ser alcançadas pelos signatários em um período de dez anos, de modo a frear a perda de diversidade de espécies vegetais em nível global. Com o intento de cumprir as Metas 1 e 2 da GSPC, que tratam: (1) da elaboração de um portal on-line das plantas conhecidas do país; e (2) da avaliação do estado de conservação das espécies de plantas conhecidas para orientar; o Governo Federal, por meio do Ministério do Meio Ambiente, designou o Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) para coordenar a elaboração e a revisão da Lista Oficial das Espécies Ameaçadas da Flora Brasileira, por meio de sua unidade de referência em conservação de plantas, o Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora) (Portaria MMA nº 401/09).

A Meta 1 da GSPC foi cumprida com o lançamento do Projeto Flora do Brasil (The Brazil Flora Group 2018); <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>). Contudo, a Meta 2 da GSPC ainda encontra-se distante de ser cumprida (Martins, Martinelli, e Loyola 2018) (veja o tópico 1.5).

### 1.1 Política pública para proteção das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção

A justificação jurídica da proteção das espécies ameaçadas de extinção da flora brasileira tem sua fundamentação na Constituição e em normas específicas. Na Constituição da República Federativa do Brasil de

1988 (CF/88), fundamenta-se no inciso VII do art. 225, segundo o qual preceitua que incumbe ao poder público “proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade”. Desta forma, entende-se que a proteção da flora e das espécies ameaçadas de extinção são condições necessárias para a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

O Brasil vem construindo uma política pública de meio ambiente e biodiversidade sólida em suas bases doutrinárias e estruturação estatal. No que diz respeito às espécies ameaçadas brasileiras, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) instituiu o **Programa Nacional de Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção - Pró-Espécies**, sancionado pela Portaria nº 43, de 31 de janeiro de 2014, com o objetivo de cumprir a Meta 12 da CDB, que é o de adotar ações de prevenção, conservação, manejo e gestão, com vistas a minimizar as ameaças e o risco de extinção de espécies. Nessa portaria, espécies ameaçadas são conceituadas como aquelas cujas populações e/ou habitats estão desaparecendo rapidamente, de forma a colocá-las em risco de tornarem-se extintas.

A implementação do Programa Pró-espécies vem sendo viabilizada pelo Projeto Estratégia Nacional para a Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção (**GEF Pró-Espécies: Todos contra extinção**) (Portaria MMA nº 444/18). A estratégia é financiada pelo Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF, da sigla em inglês para Global Environment Facility Trust Fund), sob a coordenação do Departamento de Conservação e Manejo de Espécies do MMA, e é quem apoia o CNCFlora/JBRJ. O GEF Pró-Espécies é implementado através do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio) e tem o WWF-Brasil como agência executora.

Atualmente, as espécies da flora ameaçadas de extinção estão validadas pela Portaria MMA nº 443/14, de 17 de dezembro de 2014, que convalidou as 2.113 espécies ameaçadas do Livro Vermelho da Flora do Brasil (Martinelli e Moraes 2013), desenvolvido pelo CNCFlora.

## 1.2 A IUCN e a Lista Vermelha

As listas de espécies ameaçadas, ou Listas Vermelhas, indicam quais as espécies estão sob risco de extinção, constituindo importante instrumento da política ambiental por possibilitarem o estabelecimento de programas prioritários para a proteção da biodiversidade, fornecendo subsídios para a formulação de políticas de fiscalização, criação de unidades de conservação e definição sobre a aplicação de recursos técnicos, científicos, humanos e financeiros em estratégias de recuperação das espécies ameaçadas.

Globalmente, a Lista Vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature - IUCN*) é um dos inventários mais detalhados do estado de conservação dos recursos biológicos do planeta. A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN é constituída essencialmente por uma lista de táxons que foram submetidos ao processo de avaliação de risco de extinção a partir da aplicação do sistema de categorias e critérios proposto pela referida organização. O sistema de critérios e categorias da IUCN tem sido amplamente utilizado na detecção do risco de extinção de espécies, e sendo frequentemente apontado como um instrumento fundamental para aferir as chances de uma dada espécie estar em risco de extinção.

No Brasil, o CNCFlora/JBRJ é reconhecido como a autoridade nacional para a elaboração de listas vermelhas de espécies da flora nativa, conforme estabelecido oficialmente através da Portaria MMA nº 43 e Portaria MMA nº 443, e internacionalmente, a partir da designação do CNCFlora pela Comissão de Sobrevivência de Espécies (SSC) da IUCN como a autoridade global em avaliação de risco de extinção de plantas brasileiras (*Brazil Plants Red List Authority - BP-RLA*).

## 1.3 Sistema de avaliação do estado de conservação da Lista Vermelha da IUCN

O sistema de avaliação do estado de conservação de táxons da Lista Vermelha da IUCN compreende um conjunto de categorias e critérios (IUCN 2012).

### 1.3.1 Categorias

As categorias do sistema de avaliação do estado de conservação da Lista Vermelha da IUCN são:

- Extinto (EX)
- Extinto na Natureza (EW)
- Criticamente em Perigo (CR)
- Em Perigo (EN)
- Vulnerável (VU)
- Quase Ameaçado (NT)
- Menos Preocupante (LC)
- Dados Insuficientes (DD)
- Não Avaliado (NE)

### 1.3.2 Critérios

O sistema apresenta cinco **critérios** nomeados pelas letras de A a E, mas os critérios de A a D podem ser subdivididos em **subcritérios** (A1, A2, A3, A4, B1, B2, C1, C2, D1, D2).

Além dos subcritérios, os critérios A e B, e o subcritério C2, se subdividem em **condições**:

- Do critério A: a, b, c, d, e;
- Do critério B: a, b, c; e
- Do subcritério C2: a, b.

Por sua vez, as condições b e c do critério B e a condição a do subcritério C2 também se apresentam subdivididas em **subcondições**:

- Da condição b do critério B: i, ii, iii, iv, v;
- Da condição c do critério B: i, ii, iii, iv;
- Da condição a do subcritério C2: i, ii.

Os critérios, subcritérios, condições e subcondições possuem requisitos que precisam ser atendidos para o devido enquadramento. A regra geral é a necessidade de justificação através de documentação para o enquadramento nos (sub)critérios e (sub)condições.

**1.3.2.1 Critério B** O critério B foi estabelecido para investigar o risco de extinção associado à táxons que apresentam distribuição restrita e/ou especificidade de habitat expressos através de seus valores de EOO e AOO. E que além disso, também apresentam pelo menos duas das três condições [(a), (b) e (c)]. Se apenas uma condição é atendida, não é possível categorizar o táxon sob o critério B. Essas condições referem-se a fragmentação severa ou número de situações de ameaças, declínio contínuo observado, estimado ou projetado em EOO, AOO, área, extensão e/ou qualidade do habitat, no número de situações de ameaça ou e no número de indivíduos maduros.

A condição “(a)” requer fragmentação severa e/ou número limitado de situações de ameaças. A IUCN recomenda que os avaliadores especifique explicitamente em sua documentação: (1) se o táxon está gravemente fragmentado e (2) o número de situações de ameaça.

A condição “(c)” requer que a flutuação seja extrema em qualquer dos parâmetros: (i) EOO; (ii) AOO; (iii) número de situações de ameaças ou subpopulações; e (iv) número de indivíduos maduros.

Amplitude geográfica na forma de B1 (EOO) E/OU B2 (AOO)			
	CR	EN	VU
B1 EOO	< 100 km <sup>2</sup>	< 5.000 km <sup>2</sup>	< 20.000 km <sup>2</sup>
B2 AOO	< 10 km <sup>2</sup>	< 500 km <sup>2</sup>	< 2.000 km <sup>2</sup>
E PELO MENOS 2 das 3 condições seguintes:			
(a) Severamente fragmentada OU Número de situações de ameaças	= 1	≤ 5	≤ 10
(b) Declínio contínuo observado, estimado, inferido ou projetado em qualquer dos seguintes parâmetros: (i) EOO; (ii) AOO; (iii) área, extensão e/ou qualidade do habitat; (iv) número de situações de ameaças ou subpopulações; (v) número de indivíduos maduros			
(c) Flutuação extrema em qualquer dos seguintes parâmetros: (i) EOO; (ii) AOO; (iii) número de situações de ameaças ou subpopulações; (iv) número de indivíduos maduros			

### 1.3.3 Conceitos importantes

**1.3.3.1 AOO** A Área de Ocupação (AOO) é um parâmetro que representa a área de habitat adequado atualmente ocupado por um táxon. A AOO está incluída nos critérios por duas razões:

1. o primeiro papel do AOO é como uma medida do “efeito seguro”, pelo qual táxons que ocorrem em muitos ou grandes trechos em uma paisagem são protegidos contra os riscos de ameaças espacialmente explícitas.
2. Há, em geral, uma correlação positiva entre a AOO e o tamanho populacional. A veracidade dessa correlação para qualquer táxon depende da variação espacial na sua densidade populacional. Não obstante, a AOO pode ser um parâmetro útil para identificar o risco de extinção de táxons quando não há dados disponíveis para estimar o tamanho da população e sua estrutura.

**1.3.3.2 EOO** A **Extensão de Ocorrência (EOO)** é definido como o menor polígono, ainda que possa ser um triângulo, que contenha todas as áreas conhecidas, inferidas ou projetadas de ocorrência atual do táxon, com exceção dos casos errantes.

O objetivo da avaliação do EOO não é estimar a quantidade de área ocupada ou potencialmente ocupada de um táxon. Essa medida pode ser verificada pela sua distribuição. O EOO serve como uma medida dos riscos

aproximada aos quais um táxon está submetido e a lógica subjacente à sua utilização é a constatação de que muitas variáveis ambientais e processos são espacialmente relacionados. Assim, há uma certa expectativa de que as ameaças ocorrentes em um determinado local têm uma probabilidade maior de afetar áreas mais adjacentes do que áreas mais distantes.

**1.3.3.3 Location** O termo em inglês *location* tem sido traduzido como **situação de ameaça** e trata-se de termo bem específico definido pela IUCN. O entendimento cuidadoso desse conceito é fundamental para sua correta aplicação, uma vez que um juízo construído rapidamente à respeito de sua definição pode induzir ao erro. Trata-se de um conceito operacional complexo cuja finalidade é servir como requisito para atendimento dos critérios B e D. Na realidade, é a contagem do número de situações de ameaça que representa o parâmetro a ser verificado.

Segundo a IUCN, o termo *location* define uma área geograficamente ou ecologicamente distinta, na qual um único evento de ameaça pode afetar rapidamente todos os indivíduos do táxon ali presentes. O tamanho (ou amplitude) da situação de ameaça depende da área coberta pelo evento ameaçador e pode incluir parte de uma ou até várias subpopulações. Quando um táxon é afetado por mais de um evento ameaçador, a situação de ameaça deve ser definida considerando a ameaça plausível mais séria.

Cada situação de ameaça é uma área geográfica distinta susceptível a uma ameaça mais severa. Caso haja outras subpopulações ou partes destas nas quais aquela ameaça mais severa não produza impactos, e havendo outras ameaças incidentes a estas subpopulações não afetadas, a segunda ameaça direta mais severa deverá distinguir e contabilizar as situações de ameaça. Havendo outras subpopulações não afetadas pela segunda ameaça direta mais severa e ainda houver outras ameaças incidindo sobre estas subpopulações, um terceiro evento ameaçador deverá distinguir e contabilizar as situações de ameaça, até que não haja mais eventos ameaçadores capazes de rapidamente afetar todos os indivíduos do táxon ali presentes.

Quando algumas áreas da distribuição de uma espécie não são afetadas por nenhuma ameaça, então o número de situações de ameaça é definido pelo número de subpopulações nessas áreas.

## 1.4 Sistema ProFlora

Recentemente, o JBRJ sancionou a Instrução Normativa JBRJ nº 1, que disciplina as diretrizes e procedimentos para a Avaliação do Risco de Extinção das Espécies da Flora Brasileira, a utilização do Sistema Nacional para Conservação da Flora - ProFlora, a política de dados e a publicação dos resultados.

O ProFlora é um sistema de gerenciamento de dados que servirá também aos órgãos ambientais estaduais em suas atribuições de produzirem suas próprias listas de espécies ameaçadas, conforme determinado pela Lei Complementar nº 140/11.

## 1.5 Desafios

O Brasil possui cerca de 36.400 plantas nativas terrestres (Martins, Martinelli, e Loyola 2018). Atualmente, o CNCFlora avaliou o risco de extinção de 5.646 espécies da flora brasileira, o que corresponde a 15,5% da flora deste país (Martins, Martinelli, e Loyola 2018).

A falta ou insuficiência de dados populacionais, como por exemplo, o números de indivíduos jovens e maduros, dados reprodutivos, inclusive decorrentes de atividades de monitoramento de longo prazo, e a falta de coletas, além da existência de áreas pouco coletadas, é um dos maiores entraves para a alcançar a meta de avaliar o risco de extinção das espécies da flora brasileira. Diante da falta ou insuficiência de dados populacionais e reprodutivos, o critério B torna-se um dos critérios mais utilizados nos países de regiões megabiodiversas, que geralmente carecem desses dados.

Dada a dimensão da Meta 2 da GSPC, a única possibilidade de alcançá-la da GSPC é através da viabilização de meios automatizados que possam analisar uma grande quantidade de dados e ampliar o número de pessoas comprometidas com a causa (no caso, os órgãos ambientais estaduais). Para garantir o envolvimento desses

órgãos, cursos, ferramentas, manuais e guias serão disponibilizados pelo CNCFlora para que os mesmos possam avançar colaborativamente. Nesse toar, apresentamos os objetivos desta empreitada.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo mediato

- Avaliar o estado de conservação da flora brasileira.

### 2.2 Objetivos imediatos

- Reconhecer a importância do MapBiomias para definição de critérios (parâmetros) objetivos, quantificáveis e reprodutíveis para mensuração do declínio contínuo de AOO, EOO e qualidade do habitat, condição do critério B do sistema de categorias e critérios da IUCN.
- Desenvolver um painel para avaliação do risco de extinção da flora brasileira que forneça automatização e padronização das avaliações.
- Desenvolver uma metodologia de avaliação rápida para seleção de espécies possivelmente ameaçadas, além do ranqueamento das mais ameaçadas pelo declínio contínuo da AOO, EOO e qualidade do habitat, possibilitando a priorização das avaliações de risco de extinção.

## 3 Metodologia

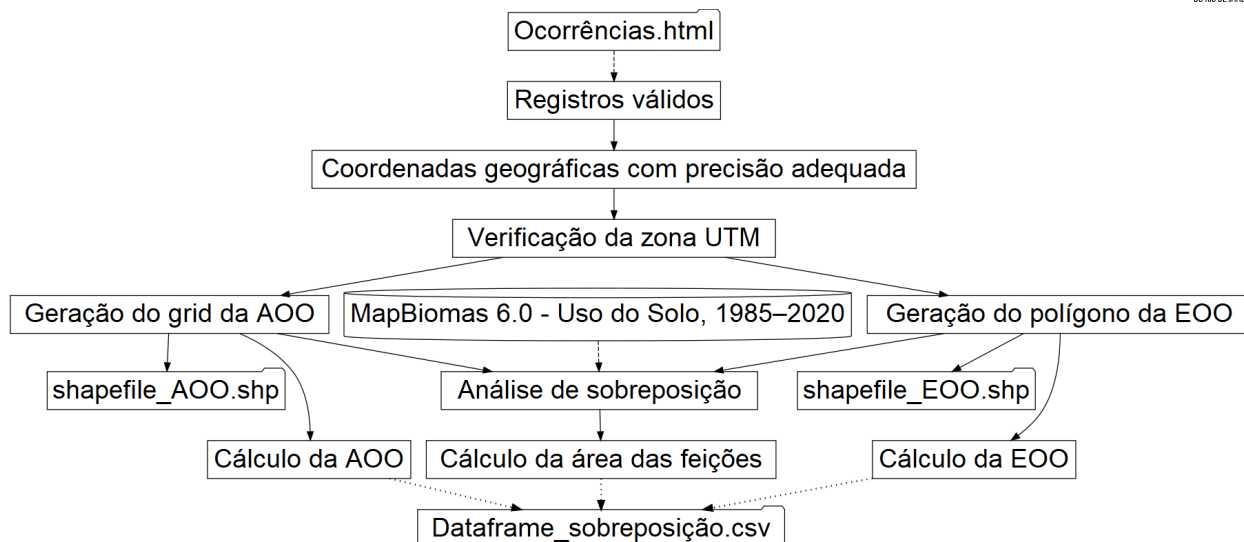
### 3.1 Análise de sobreposição

A análise de sobreposição consiste em uma análise geoespacial cujo objetivo é interseccionar duas geometrias geoespaciais (*shapefiles* ou *raster*) para obter (extrair) dados de uma delas com base na outra.

Os *shapefiles* da AOO e EOO são cruzados com os dados da série histórica do MapBiomias - Uso do Solo (1985–2020), com resolução de 30 m, a fim de obter o cálculo da área ocupada por cada uma das feições do uso do solo em cada ano. No cálculo da AOO, a análise é realizada considerando não apenas os dados de todas as quadrículas do *grid* da AOO, mas também de cada uma delas. Os resultados são armazenados em um arquivo *csv*. Os *shapefiles* da AOO e EOO são armazenados para sua inclusão no mapa interativo do painel de avaliação. Para o cálculo da área, foi utilizado o sistema UTM de coordenada geográfica com *datum* WGS-84.

Além da AOO e EOO, outro parâmetro foi desenvolvido para estimar a redução da EOO. Consiste na criação de um *buffer* de 5 km na linha de contorno da EOO para que todas as quadrículas da AOO localizadas internamente nesse *buffer* possam ser analisadas quanto ao uso do solo na série histórica do MapBiomias.

Para desenvolvimento das manipulações e análises geoespaciais, utiliza-se, principalmente, os pacotes **raster** e **sf**.



### 3.2 Análise de tendência

A análise de tendência é realizada para calcular a taxa de acréscimo ou decréscimo dos valores de uma variável ao longo de uma série histórica. A análise é desenvolvida para cada feição do mapa de uso do solo do MapBiomas, mas também para as feições naturais aglutinadas, bem como as de uso alternativo. A análise é realizada considerando não apenas os dados de todas as quadrículas do *grid* da AOO, mas também de cada uma dessas quadrículas. Com efeito, as subpopulações mais ameaçadas podem ser computadas via processamento de dados.

A análise é desenvolvida mediante o pacote `basicTrendline` (Mei et al. 2018), através do qual se obtém a linha de regressão e o intervalo de confiança, a equação de regressão, R-quadrado e o valor-p. O modelo de regressão linear é utilizado para estimar a taxa anual de acréscimo ou decréscimo a partir do coeficiente angular da reta dividido pelo número de anos analisados (36 anos: 1985–2020). Os resultados das análises de tendências são armazenados em um arquivo `.csv` e como um *shapefile* com os resultados de cada quadrícula da AOO.

#### 3.2.1 Reversão de tendência

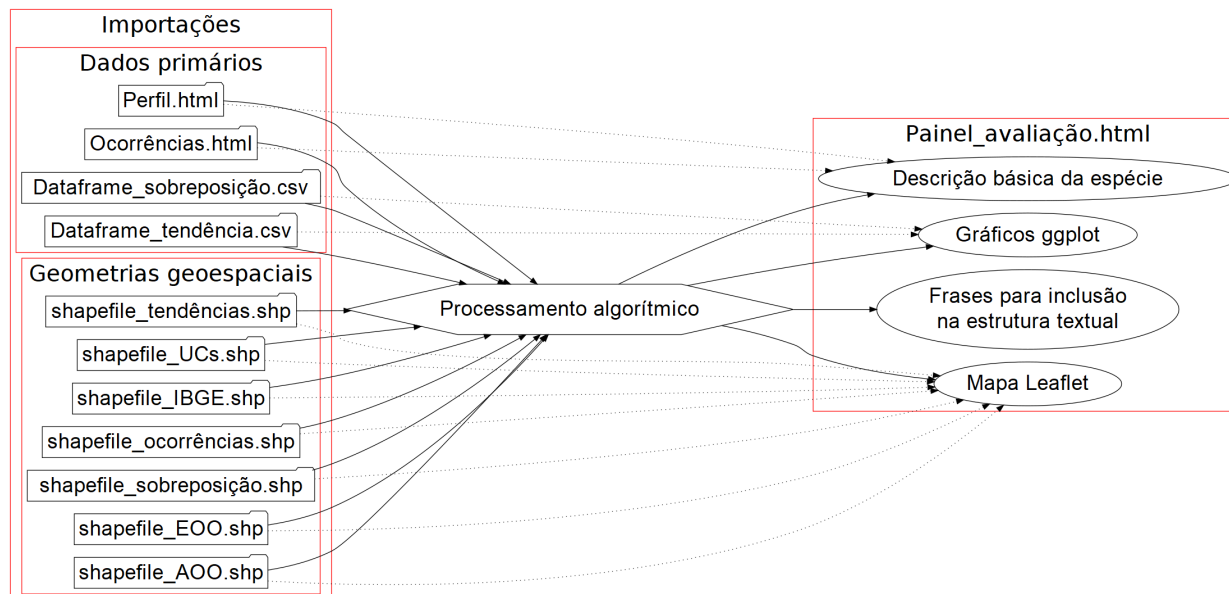
A análise de reversão de tendência é realizada para verificar se há reversão ao longo dos 36 anos da série histórica (1985–2020), constatando a taxa anual e o ano do início da última tendência. Tal processamento é realizado com o pacote `trendsegmentR` (Maeng e Fryzlewicz 2021), que executa uma detecção de mudanças de tendência linear para séries temporais univariadas, segmentando-as em intervalos de tendências de cada reversão. Uma análise de tendência adicional é realizada incluindo apenas os dados da última tendência.

### 3.3 Painel de avaliação

O painel de avaliação consiste em um arquivo HTML completo, compilado a partir de um fluxo em linguagem R, e implementado com recursos em *javascript* para permitir a responsividade ao usuário (avaliador). O painel foi desenvolvido para auxiliar a preparação do texto de justificativa (*rationale*) do enquadramento em uma das categorias da Lista vermelha da IUCN Nesse protótipo, cuida-se da implementação do critério B.

O *script* de programação cria uma estrutura de seleção ou, em outras palavras, uma **estrutura de controle de fluxo** utilizando como dados primários, os dados do perfil e de ocorrência das espécies, além dos resultados da análise de sobreposição e de tendência.





Para controlar os desvios no fluxo estruturado, **objetos de controle de fluxo** são criados. Tais objetos são utilizados como elementos da proposição condicional da estrutura (de controle) condicional e armazenam dados de tipo booleano (VERDADEIRO/FALSO).

Os **objetos de armazenamento de dados** armazenam cadeias de texto (*strings*), que são concatenadas para construção de um texto final. O texto final possui uma estrutura textual (vide tópico 3.3.2).

Fundamental para o avaliador é ter disponível uma ferramenta que permita a visualização espacial dos dados e informações que são mais relevantes à aplicação o sistema da IUCN para avaliação do risco de extinção. Com o **mapa interativo Leaflet** (Cheng et al. 2022), disponibilizam-se as geometrias geoespaciais que ajudam nessa tomada de decisão.

Os resultados das análises de sobreposição e de tendência também são apresentados como geometrias geoespaciais no módulo **Leaflet**. Os identificadores únicos de cada registro de ocorrência são visualizáveis como metadados dos pontos plotados no mapa. O ano de cada coleta é representado por uma escala de cores, na qual as cores mais claras representam as coletas mais antigas e as mais escuras, mais recentes. As Unidades de Conservação e os municípios de ocorrência também são visualizados. Além disso, a contagem do número de *locations* é auxiliada por um *buffer* de tamanho variável que aglutina os pontos de ocorrências próximos. Os *buffers* em torno de cada registro de ocorrência são apresentados em tamanhos variados. Os *buffers* que se encostam, aglutinam-se em um único polígono para então serem contados. Essa tarefa é executada com o pacote **dismo** (Hijmans et al. 2015). O modelo circular de distribuição de espécies usa a localização de ocorrências conhecidas e prevê que uma espécie pode estar presente dentro de um círculo com um determinado raio em torno desses pontos de ocorrência. Com a utilização deste pacote, é possível contar a quantidade de polígonos independentes, sem sobreposição.

Para geração dos **gráficos das análises de sobreposição e de tendência**, o pacote **ggplot2** (Wickham 2016) é requisitado. O gráfico de pizza é utilizado para representar a proporção de cada feição de ameaça conforme os dados do último ano da coleção do uso do solo do MapBiomias, enquanto o gráfico de área empilhada (*stacked area chart*) para representar a série histórica dos 36 anos.

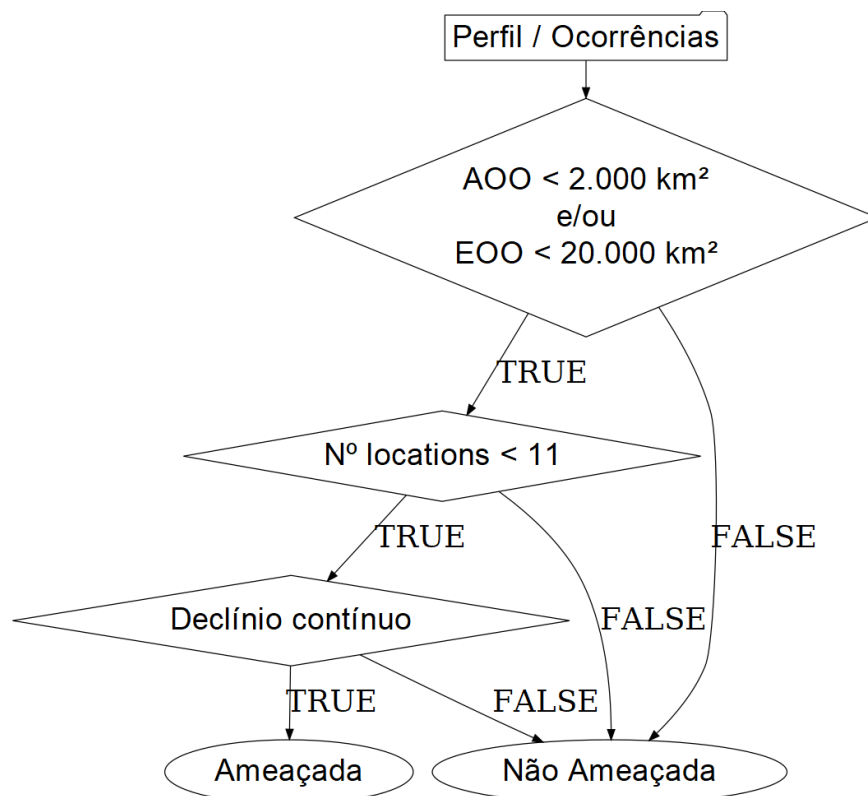
### 3.3.1 Parâmetros do critério B para categorização como espécie ameaçada

Para uma espécie ser categorizada como ameaçada conforme critério B, pelo menos três condições devem ser satisfeitas:



1. Valor de AOO < 2.000 km<sup>2</sup> e/ou EOO < 20.000 km<sup>2</sup>;
2. número de *locations* (até 10); e
3. declínio contínuo.

Caso pelo menos uma dessas três condições não sejam satisfeitas, a espécie não é considerada ameaçada.



### 3.3.2 Estrutura textual da avaliação do risco de extinção

O texto de justificação da categorização conforme IUCN (*rationale*) apresenta uma estrutura bem definida:

**Rationale** = Descrição básica + Considerações + Categoria (+ Consid. concessivas) + Recomendações

#### 1. Descrição básica da espécie

Informações sobre hábito, distribuição, bioma, vegetações, número de espécimes registrados, ano das coletas, etc.

#### 2. Considerações

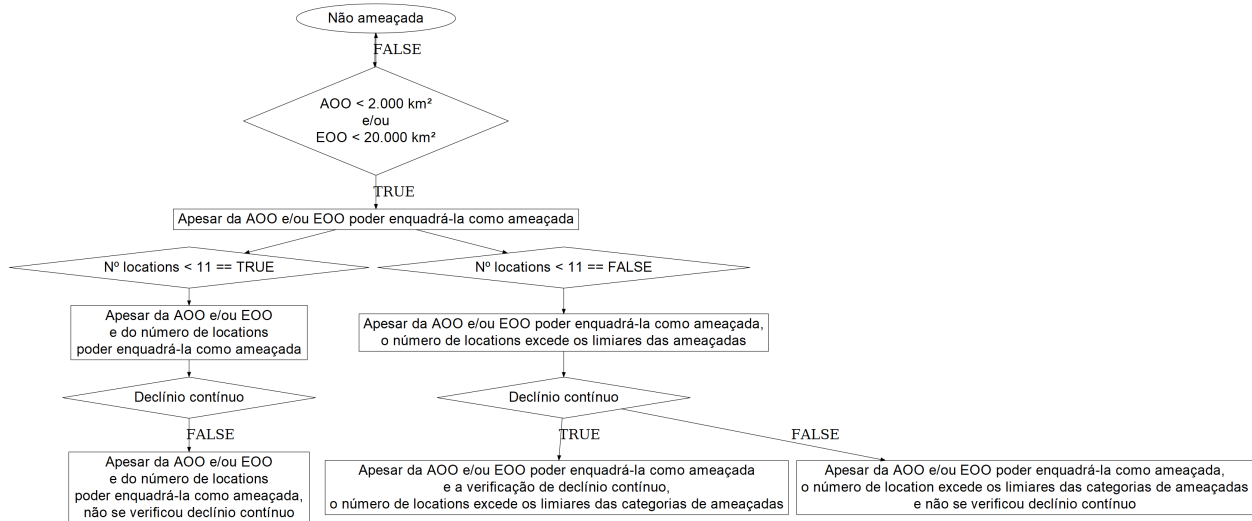
Informações sobre valor de AOO, EOO, amplitude de distribuição, nível de conhecimento da área de ocorrência (ex: pouco coletada, bem coletada), conversão de áreas par uso alternativo do solo, número de *locations* (“situações de ameaças”), declínio contínuo, presença em Unidades de Conservação, etc.

#### 3. Categoria

Para a definição de uma categoria, é necessário proceder a verificação dos parâmetros (vide tópico 3.3.1) do sistema de critérios da IUCN para o critério B.

#### 4. Considerações concessivas

Complementação textual quando há constatação de que uma ou duas, mas não das três condições necessárias para categorização de uma espécie como ameaçada pelo critério B. Então, as condições atendidas e não atendidas são destacadas em uma frase.



#### 5. Recomendações

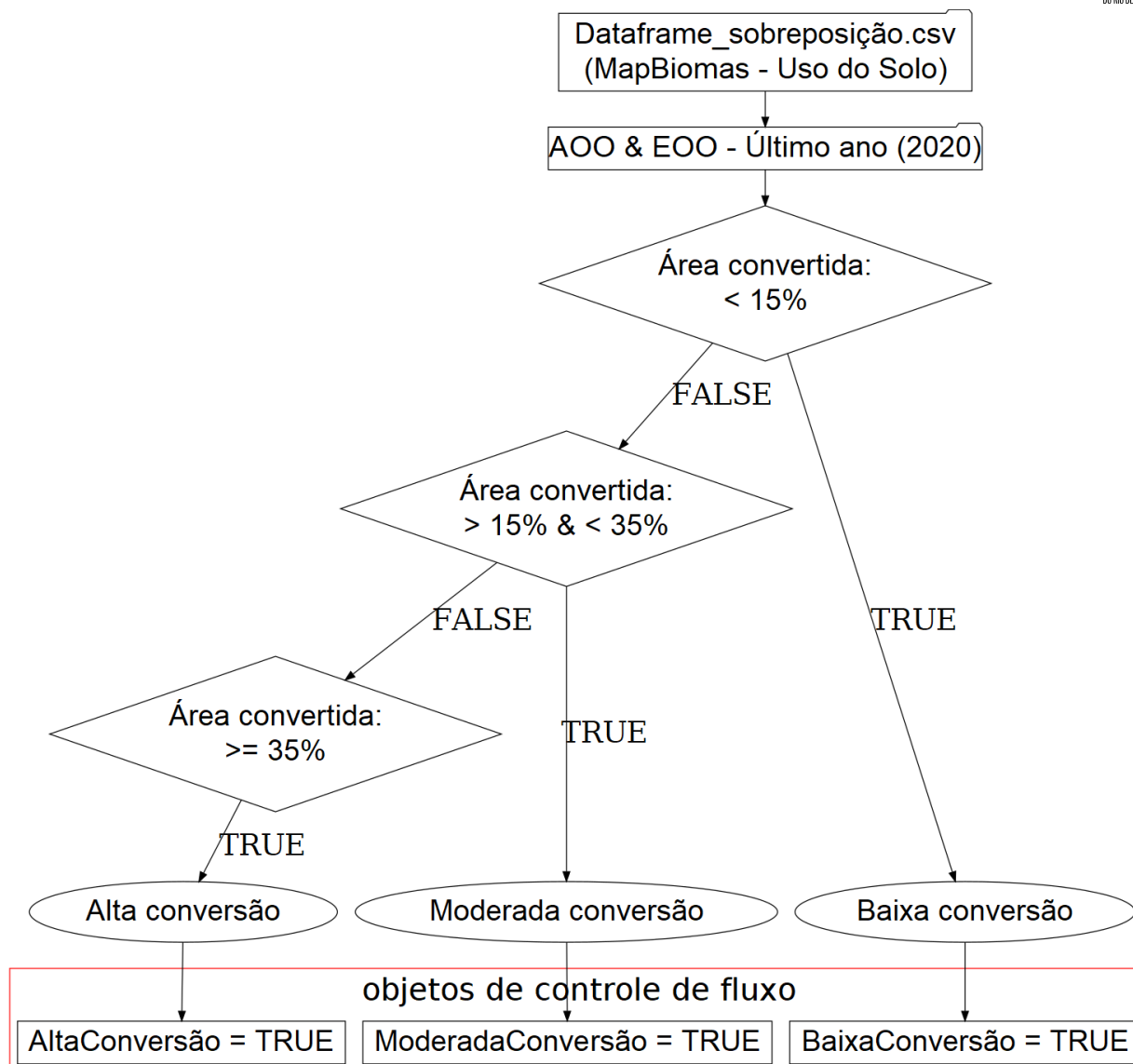
As recomendações são apontamentos para a necessidade de mais estudos florísticos, populacionais, reprodutivos, estudos direcionados à busca direta pelas espécies, entre outros.

##### 3.3.3 Objetos de controle de fluxo

A título de exemplo, destacam-se exemplos de objetos de controle de fluxo relacionados a: (1) número de *locations*; (2) Ocorre apenas no bioma Amazônia; e (3) distribuição (ampla vs. restrita).

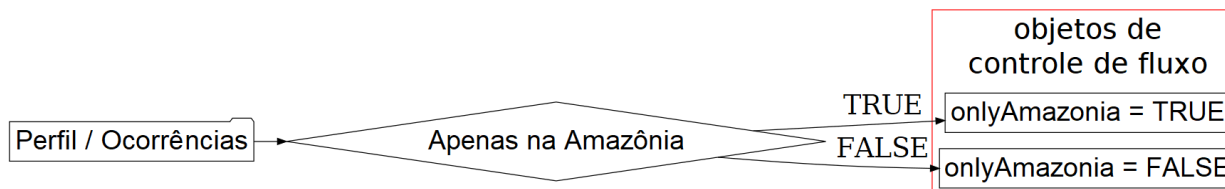
**3.3.3.1 Número de *locations*** Os resultados da análise de sobreposição, arquivados como um arquivo *csv*, são processados em linguagem R para gerar objetos de controle de fluxo que regulam o *script* de produção do texto final.

Os dados do último ano da análise de sobreposição (2020, atualmente) auxiliam a contagem do número de *locations*.

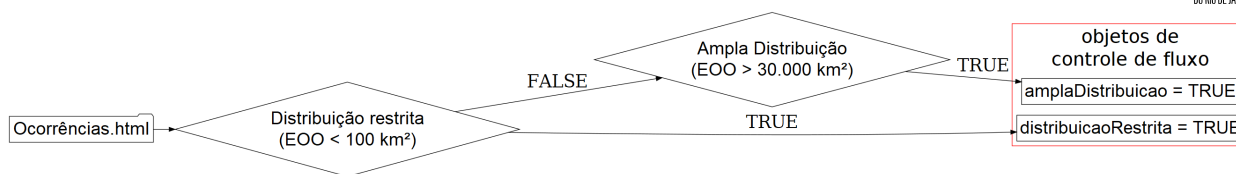


**3.3.3.2 Distribuição** Qualificadores sobre a distribuição são criados para elaboração de frases das **Con-** siderações:

- Apenas no bioma Amazônia:



- Distribuição ampla vs. restrita:



## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Exemplos produzidos

Apresentam-se painéis de avaliação de seis espécies:

- *Allantoma pauciramosa* (W.A. Rodrigues) S.A. Mori et al.
- *Chrysophyllum paranaense* T.D. Penn.
- *Erythroxylum carajasense* (Plowman) Costa-Lima
- *Matelea microphylla* Morillo
- *Solanum reitzii* L.B. Sm. & Downs
- *Spirotheca rivieri* (Decne.) Ulbr.

A seguir, são indicados a categoria (e critérios para as ameaçadas) e o texto de justificação (*rationale*) de cada espécie resultantes da utilização do painel de avaliação, e apontam-se algumas constatações concernentes às análises:

#### 4.1.1 *Allantoma pauciramosa* (W.A. Rodrigues) S.A. Mori et al.

**Diretório/Arquivo:** “Outputs - HTMLs assessments/output assessment Allantoma pauciramosa.html”

**Categoria:** LC

**Rationale:** Árvore com até 25 m de altura; com ocorrência no bioma Amazônia, em floresta de terra-firme; endêmica do Brasil, com distribuição nos municípios Itacoatiara (AM) e Rio Preto da Eva (AM); representada por 14 coletas entre os anos de 1970 e 1975; e sem dados populacionais disponíveis. Considerando: sua distribuição em região pouco estudada, onde esforços de coleta ainda são necessários; a baixa proporção de áreas convertidas para uso alternativo do solo não apenas na AOO (12.19%) e na EOO (10.51%), mas também à nível regional, em 2020, na qual foi possível contabilizar quatro situações de ameaça pela conversão de áreas para atividades de pecuária; a última tendência de ganho de áreas naturais na AOO em região do perímetro da EOO (a uma taxa de 1.1% ao ano) desde 1999 até 2020, com a consequente diminuição de áreas convertidas para uso alternativo do solo (a uma taxa de -1,12% ao ano); e a tendência de ganho de áreas naturais na AOO (a uma taxa de 0.37% ao ano) desde 1985 até 2020, com a consequente diminuição de áreas convertidas para uso alternativo do solo (a uma taxa de -0,39% ao ano); a espécie é categorizada como Menos Preocupante (LC). Apesar do valor de AOO e EOO e do número de situações de ameaças poderem categorizá-la como ameaçada, não se verificou declínio contínuo da AOO, EOO ou da qualidade do habitat. Além disso, não há certeza sobre sua distribuição efetiva. Recomenda-se estudos populacionais e monitoramento da espécie.

- Essa é uma espécie que apresenta baixos níveis de conversão de área naturais para uso alternativo do solo e não apresenta declínio contínuo. Além disso, distribui-se no bioma Amazônia, que ainda carece de mais estudos florísticos para levantamento de sua diversidade vegetal. Portanto, não há certeza sobre a distribuição efetiva da planta. Por esta razão, foi considerada não ameaçada.

- Vale destacar que a legenda das geometrias “Porcentagem convertida 2020” e “Tendência 1985–2020” do mapa interativo *Leaflet* é balizada pelo valor máximo e mínimo. Dessa forma, a legenda da geometria da “Porcentagem convertida 2020” apresenta as colorações esverdeadas, significando que as conversões em cada quadrícula são mais baixas.
- Ao longo dos anos, pastagens na região deram lugar a florestas, conforme pode ser observado ao se comparar as linhas de tendências de ambas as feições.
- OBS<sup>1</sup>: no painel de avaliação, as “Considerações Concessivas” não está funcional, bem como no painel das demais espécies apresentadas nesse documento em que não há certeza sobre a sua distribuição efetiva<sup>1</sup>. Nesse caso, apresentar-se-ão as conjecturas à respeito do valor da AOO e EOO, do número de *locations* e do declínio contínuo, e acrescentar-se-á a frase: “Além disso, não há certeza sobre sua distribuição efetiva”. Esta correção encontra-se em desenvolvimento.
- OBS<sup>2</sup>: O *checkbox* da presença/ausência em Unidades de Conservação não está funcional, aparentemente, em nenhum dos painéis.

#### 4.1.2 *Chrysophyllum paranaense* T.D. Penn.

**Diretório/Arquivo:** “Outputs - HTMLs assessments/output assessment Chrysophyllum paranaense.html”

**Categoria:** LC

**Rationale:** Árvore com até 8 m de altura; com ocorrência no bioma Mata Atlântica, em floresta estacional perenifólia e floresta ombrófila densa; endêmica do Brasil, com distribuição em diversos municípios dos Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo; representada por 102 coletas entre os anos de 1966 e 2018; e sem dados populacionais disponíveis. Considerando: a baixa proporção de áreas convertidas para uso alternativo do solo não apenas na AOO (13.02%) e na EOO (não calculado), mas também à nível regional, em 2020, na qual foi possível contabilizar 17 situações de ameaça das quais duas são afetadas pela conversão de áreas para atividades de infraestrutura urbana e agricultura e pastagem consorciadas; a tendência de ganho de áreas naturais na AOO (a uma taxa de 0.08% ao ano) desde 1985 até 2020, com a consequente diminuição de áreas convertidas para uso alternativo do solo (a uma taxa de -0,08% ao ano); a última tendência de ganho de áreas naturais na AOO (a uma taxa de 0.38% ao ano) desde 2010 até 2020, com a consequente diminuição de áreas convertidas para uso alternativo do solo (a uma taxa de -0,43% ao ano); e sua ocorrência em diversas Unidades de Conservação; a espécie é categorizada como Menos Preocupante (LC). Apesar do valor de AOO poder categorizá-la como ameaçada, o número de situações de ameaças excede os limiares das categorias de ameaçadas e não se constatou declínio contínuo do AOO, EOO ou da qualidade do habitat. Recomenda-se estudos populacionais e monitoramento da espécie.

- Essa espécie apresenta ampla distribuição e número elevado do número de *locations*, o que a categoriza como não ameaçada.
- Apesar da análise de sobreposição não ter sido realizada para a EOO, haja vista o seu valor maior que 40.000 km<sup>2</sup>, a análise de sobreposição na AOO em região do perímetro da EOO verificou declínio contínuo que resulta em declínio da EOO decorrente da redução da qualidade do habitat na região de seu perímetro.

#### 4.1.3 *Erythroxylum carajasense* (Plowman) Costa-Lima

**Diretório/Arquivo:** “Outputs - HTMLs assessments/output assessment Erythroxylum carajasense.html”

<sup>1</sup>Mas veja o tópico 5.1, para orientações ao uso do painel de avaliação.

**Categoria:** EN

**Critério:** B1ab(i,ii,iii)

**Rationale:** Arbustos, 0,8–3,5 m de altura; com ocorrência no bioma Amazônia, em vegetação sobre afloramentos rochosos; endêmica do Brasil, com distribuição nos municípios Canaã dos Carajás (PA) e Parauapebas (PA); representada por 46 coletas entre os anos de 1977 e 2017; e sem dados populacionais disponíveis. Considerando: seu valor de AOO igual a 72 km<sup>2</sup> e de EOO igual a 365 km<sup>2</sup>; a moderada proporção de áreas convertidas para uso alternativo do solo na AOO (24.58%) e na EOO (17.21%), em 2020, na qual foi possível contabilizar quatro situações de ameaça das quais duas são afetadas pela conversão de áreas para atividades de mineração, pecuária e infraestrutura urbana; a tendência de perda de áreas naturais na AOO (a uma taxa de -1.27% ao ano) desde 1985 até 2020, decorrente do crescimento da conversão de áreas para uso alternativo do solo (a uma taxa de 1,26% ao ano), que resulta em um declínio contínuo observado da qualidade do habitat; a última tendência de perda de áreas naturais na AOO (a uma taxa de -3.19% ao ano) desde 2004 até 2020, decorrente do crescimento da conversão de áreas para uso alternativo do solo (a uma taxa de 3,19% ao ano), que resulta em um declínio contínuo observado da qualidade do habitat; a espécie é categorizada como Em Perigo (EN). Recomenda-se trabalhos de campo direcionados para recoletá-la em sua distribuição conhecida e em outras localidades próximas, visando ampliar o conhecimento de sua distribuição, e para coletar dados populacionais.

- Essa espécie é endêmica da região da Serra dos Carajás, altamente afetada por atividades de mineração e pastagens. Na análise de tendência, encontrou-se níveis elevados de declínio contínuo. Observe a legenda da geometria “Tendência 1985–2020”, em que constam predominantemente valores de decréscimo (taxas negativas) das áreas naturais. O gráfico de área empilhada (Feições aglutinadas [Natural vs. Uso Alternativo]) é informativo para demonstrar as taxas de declínio.

#### 4.1.4 *Matelea microphylla* Morillo

**Diretório/Arquivo:** “Outputs - HTMLs assessments/output assessment *Matelea microphylla*.html”

**Categoria:** EN

**Critério:** B1ab(i,ii,iii)

**Rationale:** Liana com altura não registrada; com ocorrência no bioma Amazônia, em campos rupestres; endêmica do Brasil, com distribuição nos municípios Curionópolis (PA), Parauapebas (PA) e São Félix do Xingu (PA); representada por 14 coletas entre os anos de 1981 e 2017; e sem dados populacionais disponíveis. Considerando: a alta proporção de áreas convertidas para uso alternativo do solo na AOO (43.97%), em 2020, na qual foi possível contabilizar quatro situações de ameaça das quais duas são afetadas pela conversão de áreas para atividades de pecuária, mineração e infraestrutura urbana; a tendência de perda de áreas naturais na AOO (a uma taxa de -3.71% ao ano) desde 1985 até 2020, decorrente do crescimento da conversão de áreas para uso alternativo do solo (a uma taxa de 3,71% ao ano), que resulta em um declínio contínuo observado da qualidade do habitat; a última tendência de perda de áreas naturais na AOO (a uma taxa de -1.1% ao ano) desde 1997 até 2020, decorrente do crescimento da conversão de áreas para uso alternativo do solo (a uma taxa de 1,1% ao ano), que resulta em um declínio contínuo observado da qualidade do habitat; a espécie é categorizada como Em Perigo (EN). Recomenda-se trabalhos de campo direcionados para recoletá-la em sua distribuição conhecida e em outras localidades próximas, visando ampliar o conhecimento de sua distribuição, e para coletar dados populacionais.

- Essa espécie é endêmica da região da Serra dos Carajás, altamente afetada por atividade de mineração e pastagens. Na análise de tendência, encontrou-se níveis elevadíssimos de declínio contínuo. Em uma da cinco quadrículas do AOO, verificou-se uma taxa de declínio que chega a 7,26%. Nessa quadrícula, florestas e formações campestres deram lugar a pastagens.

#### 4.1.5 *Solanum reitzii* L.B. Sm. & Downs

**Diretório/Arquivo:** “Outputs - HTMLs assessments/output assessment Solanum reitzii.html”

**Categoria:** LC

**Rationale:** Árvore com até 8 m de altura; com ocorrência no bioma Mata Atlântica, em floresta estacional decidual e floresta ombrófila mista; endêmica do Brasil, com distribuição em diversos municípios dos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina; representada por 68 coletas entre os anos de 1914 e 2019; e sem dados populacionais disponíveis. Considerando: a alta proporção de áreas convertidas para uso alternativo do solo na AOO (60.21%), em 2020, na qual foi possível contabilizar 21 situações de ameaça das quais 16 são afetadas pela conversão de áreas para atividades de agricultura e pastagem consorciadas, agricultura e pecuária; a tendência de perda de áreas naturais na AOO (a uma taxa de -0.25% ao ano) desde 1985 até 2020, decorrente do crescimento da conversão de áreas para uso alternativo do solo (a uma taxa de 0,2% ao ano), que resulta em um declínio contínuo observado da qualidade do habitat; e a última tendência de perda de áreas naturais na AOO em região do perímetro da EOO (a uma taxa de -2.05% ao ano) desde 2008 até 2020, decorrente do crescimento da conversão de áreas para uso alternativo do solo (a uma taxa de 2,34% ao ano), que resulta em um declínio contínuo observado da EOO decorrente da redução da qualidade do habitat na região de seu perímetro; a espécie é categorizada como Menos Preocupante (LC). Apesar do valor de AOO poder categorizá-la como ameaçada, da alta proporção de áreas convertidas para uso alternativo do solo na AOO e do declínio contínuo verificado, o número de situações de ameaças excede os limiares das categorias de ameaçadas. Recomenda-se estudos populacionais e monitoramento da espécie.

- Espécie com ampla distribuição, que apresenta altos níveis de conversão de áreas naturais para uso alternativo do solo em 2020. Além disso, observa-se uma alta taxa (2.34% ao ano) de conversão de áreas naturais para uso alternativo do solo na região da AOO localizada no perímetro da EOO na última tendência verificada, que teve início entre 2008 e 2009. Não obstante, a espécie apresenta número de *locations* elevado, o que não a categoriza como ameaçada.

#### 4.1.6 *Spirotheca rivieri* (Decne.) Ulbr.

**Diretório/Arquivo:** “Outputs - HTMLs assessments/output assessment Spirotheca rivieri.html”

**Categoria:** LC

**Rationale:** Árvore com até 25 m de altura; com ocorrência no bioma Mata Atlântica, em floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila densa; endêmica do Brasil, com distribuição em diversos Estados; representada por 106 coletas entre os anos de 1873 e 2014; e sem dados populacionais disponíveis. Considerando: seu valor de AOO igual a 172 km<sup>2</sup> e de EOO igual a 403854 km<sup>2</sup>; a moderada proporção de áreas convertidas para uso alternativo do solo na AOO (23.53%), em 2020, na qual foi possível contabilizar 30 situações de ameaça das quais nove são afetadas pela conversão de áreas para atividades de agricultura e pastagem consorciadas, pecuária e infraestrutura urbana; a tendência de ganho de áreas naturais na AOO (a uma taxa de 0.24% ao ano) desde 1985 até 2020, com a conseqüente diminuição de áreas convertidas para uso alternativo do solo (a uma taxa de -0,24% ao ano); e a tendência de ganho de áreas naturais na AOO em região do perímetro da EOO (a uma taxa de 0.15% ao ano) desde 1985 até 2020, com a conseqüente diminuição de áreas convertidas para uso alternativo do solo (a uma taxa de -0,22% ao ano); a espécie é categorizada como Menos Preocupante (LC). Apesar do valor de AOO poder categorizá-la como ameaçada, o número de situações de ameaças excede os limiares das categorias de ameaçadas e não se constatou declínio contínuo do AOO, EOO ou da qualidade do habitat. Recomenda-se estudos populacionais e monitoramento da espécie.



- Espécie de ampla distribuição e com número elevado de *locations*. Um declínio contínuo com baixa taxa de conversão de áreas naturais para uso alternativo do solo na AOO (0,07% ao ano) foi verificado na última tendência iniciada em 2000. Já na AOO localizada na periferia da EOO, a taxa de declínio das áreas naturais foi mais acentuada (1,15% ao ano).

## 4.2 Painel de avaliação

No que pese este protótipo implementar a aplicação do critério B, todos os critérios do sistema de categorias e critérios da IUCN podem e devem ser processualizados em termos algorítmicos. Entretanto, a construção de uma programação algorítmica que implemente a aplicação de todos os critérios da IUCN é uma tarefa de prazo mais longo. Para tanto, será necessário, não obstante, o desenvolvimento de diversas bases de dados, de múltiplas fontes (usos, dados populacionais, reprodução), para atender a outros parâmetros. Ademais, ainda podem ser verificada a necessidade de correções a serem procedidas, que vêm continuamente sendo realizadas.

O *design* proposto para construção da estrutura textual da avaliação, que utiliza **elementos HTMLs**, como caixas de marcação (*checkboxes*) e botões de tipo rádio (*radio buttons*), e **funções em javascript** para conduzir a interação do avaliador com o painel, como através da alteração do estilo de elementos HTML, possibilita que desvios de fluxos possam acontecer através da interação do usuário do painel (avaliador) com os elementos HTMLs.

Destarte, esta estrutura de programação pode servir para o aperfeiçoamento da aplicação e dos métodos.

## 4.3 Análise de sobreposição

Em geral, espécies cuja AOO e EOO apresentam maior grau de conversão de áreas naturais para uso alternativo do solo são mais ameaçadas do que aquelas com menor grau de conversão. Entretanto, e evidentemente, outros fatores importam quando infere-se ameaças relacionadas a uso de solo, como por exemplo, se a conversão, de fato, compromete a distribuição da espécie. Uma espécie arbórea não pioneira fica comprometida quando há redução das florestas. Por outro lado, uma espécie arbórea pioneira, adaptada a crescer em áreas alteradas ou degradadas, pode não ser tão afetada pela conversão de áreas. No Cerrado, espécies sensíveis ao fogo são afetadas pela intensidade e periodicidade de queimadas, ao passo que as adaptadas, podem até ser beneficiadas pelas queimadas. Diversos processamentos podem ser implementados para o desenvolvimento da automação da análise desses resultados.

Os dados do último ano da série histórica (2020, atualmente) são úteis para a contagem do número de *locations*. A proporção das feições de uso alternativo do solo em comparação com as feições de áreas naturais permite que seja contada a quantidade de populações (ou subpopulações, conforme IUCN) ameaçadas pelas atividades antrópicas. Além disso, com a ferramenta do mapa **Leaflet**, um *shapefile* contendo as proporções (em %) representadas por uma escala de cor do verde ao vermelho em cada quadrícula da AOO, auxiliam a visualização geoespacial das ameaças. Consequentemente, as quadrículas mais avermelhadas são aquelas que apresentam maior proporção de conversão de áreas. Esses dados serão posteriormente utilizados na elaboração do texto de justificativa da contagem do número de *locations*, a ser incluído no painel de avaliação. Neste texto, as subpopulações e as ameaças associadas são identificadas.

A análise de sobreposição com a série histórica do MapBiomias pode ser utilizada, por exemplo, para intersectar *shapefiles* com dados de modelagens de distribuição potencial de espécies, de nicho ecológico, ou das unidades espaciais do *Green Status* da IUCN (Akçakaya et al. 2018), ou dos Planos de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção (PANs), contribuindo para o avanço das avaliações de risco de extinção de espécies, bem como sua conservação.

A análise de sobreposição, que possibilita o cálculo da área de cada feição da geometria geoespacial, desponta como uma análise fundamental para a avaliação do risco de extinção da flora brasileira. A conversão de áreas naturais para uso alternativo do solo constitui um dos principais fatores que provocam a extinção de espécies por alteração, degradação e fragmentação de habitat natural, de indivíduos jovens e maduros. Poder calcular

a área de cada feição do uso do solo objetivamente, e de modo reprodutível, confere credibilidade às avaliações do risco de extinção que seguem os critérios do sistema da IUCN.

#### 4.4 Análise de tendência

Com os dados da série histórica de 36 anos de uso do solo do MapBiomas, é possível estabelecer parâmetros objetivos para o subcritério “declínio contínuo” da AOO, EOO e da qualidade de habitat, conforme o critério B do sistema da IUCN. A IUCN não estabelece um limiar para esse declínio, portanto, qualquer taxa desde que negativa pode justificar um declínio contínuo. Obviamente, há diferentes graus (níveis) de declínio, que é indicado pelas taxas em porcentagem. É informativa e oportuna a elaboração de uma escala, como um tipo de variável qualitativa ordinal, que qualifique as taxas como baixas, médias e altas, estabelecendo os limiares de cada categoria.

A análise de tendência baseada no modelo de regressão linear é consistente para verificação de declínio contínuo, mas outros cálculos, análises e modelos preditivos podem ser incorporados ao fluxo de trabalho. Ao menos, a aferição da taxa de declínio ou aumento na EOO, em toda AOO, em cada uma das quadrículas da AOO e nas quadrículas da AOO localizadas no buffer do perímetro da EOO mostrou-se ser extremamente útil.

Na metodologia aqui proposta para justificar o declínio contínuo da EOO, considera-se que um declínio observado nas quadrículas da AOO localizadas no *buffer* do contorno da EOO representa um redução da EOO, haja vista que a perda ou a redução da qualidade do habitat nas quadrículas mais periféricas faz com que a área de extensão da espécie seja reduzida. Essa abordagem permitiu a verificação de declínio contínuo da EOO mesmo quando este é maior que 40.000 k<sup>2</sup>, valor a partir do qual se considera que as espécies não são ameaçadas, e por conseguinte, casos em que não se executa a análise de sobreposição. Deste modo, espécies com EOO > 40.000 km<sup>2</sup> também têm seu EOO avaliado quanto ao declínio contínuo.

Assim como os dados de proporção das áreas no último ano, os resultados das análises de tendências também serão posteriormente usados na elaboração do texto de justificativa da contagem do número de *locations*. As quadrículas da AOO com taxas elevadas de conversão de áreas naturais serão identificadas textualmente, inclusive com informação da coordenada de seu centroide. Esses dados futuramente poderão ainda serem utilizados para se selecionar áreas prioritárias para conservação e monitoramento, com o cruzamento desses dados para uma grande quantidade de espécies.

##### 4.4.1 Reversão de tendência

Com a análise de reversão de tendência da série histórica dos 36 anos de uso de solo do MapBiomas, é possível verificar a taxa e o ano de início da última tendência. Com isso, o declínio contínuo pode ser verificado tanto a partir da análise de tendência dos 36 anos, quanto da última tendência.

Quando se executa a análise de tendência a partir do ano de início da última tendência, frequentemente se verifica um valor-p mais significativo do que o obtido na análise de tendência dos 36 anos. Isso por que em uma série histórica com grande variação ao longo do tempo, geralmente, a dispersão dos dados (R<sup>2</sup>) tende a ser mais baixa quando se analisa cada intervalo de tendência em comparação com a tendência de toda série histórica.

#### 4.5 Metodologia de avaliação rápida

O método aqui apresentado fornece não apenas um meio para realização da avaliação de risco de extinção conforme os protocolos da IUCN, mas também pode ser utilizado como metodologia para identificação de espécies possivelmente ameaçadas. Baseado nas análises de sobreposição e de tendência para responder a três parâmetros do critério B (valor de AOO e/ou EOO, número de *locations* e declínio contínuo), é possível elaborar uma metodologia de avaliação rápida de espécies potencialmente ameaçadas com vistas à seleção de espécies prioritárias para avaliação. Para tal feita, deve-se estipular um valor arbitrário para o *buffer*

das ocorrências para então contar o número de *locations* relacionada à subpopulações ameaçadas e não ameaçadas. Considerando a necessidade de otimizar recursos e esforços, o desenvolvimento de metodologias automatizadas que possam produzir dados informativos ao processo de avaliação é crucial para o sucesso da empreitada.

## 4.6 Resultados almejados

Além dos dados sobre uso do solo, os dados sobre **fogo** do MapBiomas também são muito importantes para a avaliação do estado de conservação de espécies de flora. Nessa toada, deveremos implementar a análise desses dados no fluxo da avaliação de risco.

Os dados de **transição de uso do solo** do MapBiomas de cada ano deverão ser implementados para produção de gráficos do tipo diagrama de Sankey, que auxiliará a entender a dinâmica da conversão, o que poderá contribuir ainda mais para a avaliação de risco de espécies.

O CNCFlora é o órgão executor da esfera federal competente pela elaboração da lista de espécies ameaçadas da flora brasileira e execução de ações e atividades voltadas à conservação dessas espécies. Cabe ao CNCFlora, de maneira suplementar, auxiliar os órgãos ambientais estaduais na formulação de suas próprias listas de espécies ameaçadas da flora. Atualmente, o CNCFlora tem desenvolvido ferramentas e instrumentos para a consolidação de uma política efetiva para avaliação do estado de conservação de espécies da flora brasileira em âmbito federal e estadual, através de acordos de cooperação.

O desenvolvimento de sistemas estruturados de programação que possam analisar os dados automaticamente é altamente recomendável. Um sistema que permita a análise de dados em massa, o armazenamento de *backlog* e a recuperação desses dados é o que tornará alcançável o objetivo de avaliar a flora brasileira, principalmente as espécies mais ameaçadas.

Por isso, pretende-se proceder a revisão e refatoração do código conforme Martin (2009) e Martin (2019), e sobretudo, a preparação de um pacote em R, além de manuais e tutoriais para auxílio de pessoas sem conhecimentos avançados nessa linguagem de programação. Ademais, será essencial a apresentação de documentação detalhada dos procedimentos algorítmicos envolvidos no processo avaliativo e a publicação do método em periódico científico.

## 5 Arquivos em anexo

Baixe o arquivo completo (CNCFlora.zip [635 Mb]) com os *scripts* e os resultados [aqui](#). Leia as orientações mais abaixo, após a árvore das pastas e arquivos do CNCFlora.zip.

Os painéis de avaliação das espécies em HTML podem ser baixados diretamente através dos links abaixo. É preciso baixar o arquivo para o computador e abri-lo.

- [Allantoma pauciramosa](#)
- [Chrysophyllum paranaense](#)
- [Erythroxylum carajasense](#)
- [Matelea microphylla](#)
- [Solanum reitzii](#)
- [Spirotheca rivieri](#)

Compactados no arquivo CNCFlora.zip, constam os seguintes pastas e arquivos:

```

## -- CNCFlora.zip
## -- Inputs
##   |__especies.csv
##   |__header_html.txt
##   |__header_leaflet.txt
##   |__htmls_ocorrências
##     |__Allantoma pauciramosa.html
##     |__Chrysophyllum paranaense.html
##     |__Erythroxyllum carajasense.html
##     |__Matelea microphylla.html
##     |__Solanum reitzii.html
##     |__Spirotheca rivieri.html
##   |__htmls_perfis_preenchidos
##     |__Allantoma pauciramosa.html
##     |__Chrysophyllum paranaense.html
##     |__Erythroxyllum carajasense.html
##     |__Matelea microphylla.html
##     |__Solanum reitzii.html
##     |__Spirotheca rivieri.html
## -- Outputs - HTMLs assessments
##   |__output assessment Allantoma pauciramosa.html
##   |__output assessment Chrysophyllum paranaense.html
##   |__output assessment Erythroxyllum carajasense.html
##   |__output assessment Matelea microphylla.html
##   |__output assessment Solanum reitzii.html
##   |__output assessment Spirotheca rivieri.html
## -- Scripts
##   |__HTML assessment-Premio_MapBiomas.R
##   |__HTML_SIG_occurrences_by_raster(AOO_grid)_LandUse_TodosOsAnos-Premio_MapBiomas.R
##   |__HTML_SIG_occurrences_by_raster(AOO_grid)_LandUse_TodosOsAnos_byQuadOfGrid-Premio_MapBiomas.R
##   |__HTML_SIG_occurrences_by_raster(AOO_grid)_LandUse_TodosOsAnos_E00buffer-Premio_MapBiomas.R
##   |__SIG_CARinAOO-Premio_MapBiomas.R
##   |__SIG_export_E00bufferANDpoints_shapefiles-Premio_MapBiomas.R
##   |__SIG_export_MapBiomas_AOO-Premio_MapBiomas.R
##   |__Trend analysis for AOO_QuadOfGrid - MapBiomas-Premio_MapBiomas.R
## -- Shapefiles
##   |__BR_Municipios_2020
##     |__BR_Municipios_2020.cpg
##     |__BR_Municipios_2020.dbf
##     |__BR_Municipios_2020.prj
##     |__BR_Municipios_2020.shp
##     |__BR_Municipios_2020.shx
##   |__BR_UF_2020
##     |__BR_UF_2020.cpg
##     |__BR_UF_2020.dbf
##     |__BR_UF_2020.prj
##     |__BR_UF_2020.shp
##     |__BR_UF_2020.shx
##   |__CAR_Ago2021
##     |__FONTE.txt
##     |__mapbiomas_car_Layer_ago21.cst
##     |__mapbiomas_car_Layer_ago21.dbf
##     |__mapbiomas_car_Layer_ago21.prj
##     |__mapbiomas_car_Layer_ago21.shp

```

```
##      |__mapbiomas_car_Layer_ago21.shx
##      |__UCs
##      |__UCs.cpg
##      |__UCs.dbf
##      |__UCs.prj
##      |__UCs.sbn
##      |__UCs.sbx
##      |__UCs.shp
##      |__UCs.shp.xml
##      |__UCs.shx
## -- SIG_land_use_TodosOsAnos_A00byQuadOfGrid_output-Premio_MapBiomas.csv
## -- SIG_land_use_TodosOsAnos_A00inE00buffer_output-Premio_MapBiomas.csv
## -- SIG_land_use_TodosOsAnos_output-Premio_MapBiomas.csv
## -- Trend analysis of A00_QuadOfGrid-Premio_MapBiomas.csv
```

No diretório `Inputs`, há dois arquivos e dois subdiretórios:

- Arquivos:
  - `header_html.txt`
    - \* Código para configuração das tabelas geradas nos pacotes `knitr` e `kableExtra`. Arquivo lido pelo *script* `HTML assessment-Premio_MapBiomas.R`.
  - `header_html.txt`
    - \* Código para configuração do mapa `Leaflet` gerado no pacote homônimo. Arquivo lido pelo *script* `HTML assessment-Premio_MapBiomas.R`.
- Diretórios:
  - `htmls_ocorrências`
    - \* Contém arquivos `.HTMLs` das espécies, baixados do sistema em operação do CNCFlora, onde constam os registros de ocorrências das espécies. Os *scripts* coletam as informações por *scraping*, usando o pacote `rvest`. Os arquivos dessa pasta são lidos em vários *scripts*.
  - `htmls_perfis_preenchidos`
    - \* Contém arquivos `.HTMLs` das espécies, baixados do sistema em operação do CNCFlora, onde constam os perfis das espécies preenchidos com as informações sobre cada uma delas, tais quais: os municípios de ocorrência, estados da federação, biomas, vegetações, etc. As informações são coletadas por *scraping*, usando o pacote `rvest`. Os arquivos dessa pasta são lidos pelo *script* `HTML assessment-Premio_MapBiomas.R`.

O diretório `Outputs` - `HTMLs assessments` contém arquivos `.HTMLs` produzidos pelo *script* `HTML assessment.R`.

O diretório `Scripts` contém os *scripts* usados para obter o produto final — os `HTMLs assessments`.

- Primeiro, deve ser realizada a análise de sobreposição, rodando três *scripts*:
  1. `HTML_SIG_occurrences_by_raster(A00_grid)_LandUse_TodosOsAnos-Premio_MapBiomas.R`
  2. `HTML_SIG_occurrences_by_raster(A00_grid)_LandUse_TodosOsAnos_byQuadOfGrid-Premio_MapBiomas.R`
  3. `HTML_SIG_occurrences_by_raster(A00_grid)_LandUse_TodosOsAnos_E00buffer-Premio_MapBiomas.R`
- Cada um desses *scripts* gerará um arquivo `.csv`, respectivamente:

1. SIG\_land\_use\_TodosOsAnos\_output-Premio\_MapBiomias.csv
    - Arquivo lido pelo *script* HTML assessment-Premio\_MapBiomias.R.
  2. SIG\_land\_use\_TodosOsAnos\_A00inE00buffer\_output-Premio\_MapBiomias.csv
    - \* Arquivo lido pelo *script* HTML assessment-Premio\_MapBiomias.R.
  3. SIG\_land\_use\_TodosOsAnos\_A00byQuadOfGrid\_output-Premio\_MapBiomias.csv
    - Arquivo lido pelos *scripts* HTML assessment-Premio\_MapBiomias.R e Trend analysis for A00\_QuadOfGrid - MapBiomias-Premio\_MapBiomias.R.
- Segundo, Rodar os *scripts*:
    - SIG\_CARinA00-Premio\_MapBiomias.R
      - \* Cria os arquivos *shapefiles* com resultados da intersecção (sobreposição) entre as feições do SICAR (gerado pelo MapBiomias) e da AOO das espécies. Os *shapefiles* gerados serão lidos pelo *script* HTML assessment-Premio\_MapBiomias.R.
    - SIG\_export\_E00bufferANDpoints\_shapefiles-Premio\_MapBiomias.R
      - \* Cria os arquivos *shapefiles* da AOO no *buffer* do EOO e dos pontos das coordenadas contendo as datas de coletas. Os *shapefiles* gerados serão lidos pelo *script* HTML assessment-Premio\_MapBiomias.R.
    - SIG\_export\_MapBiomias\_A00-Premio\_MapBiomias.R
      - \* Cria os arquivos *shapefiles* com resultados da intersecção (sobreposição) entre o mapa de 2020 de uso do solo do MapBiomias e da AOO das espécies. Os *shapefiles* gerados serão lidos pelo *script* HTML assessment-Premio\_MapBiomias.R.
    - Trend analysis for A00\_QuadOfGrid - MapBiomias-Premio\_MapBiomias.R
      - \* Gera análises de tendências de cada quadrícula da AOO e cria o arquivo Trend analysis of A00\_QuadOfGrid-Premio\_MapBiomias.csv, que será lido pelo *script* HTML assessment-Premio\_MapBiomias.R.

O diretório Shapefiles contém os *shapefiles* usados para obter o produto final — os HTMLs assessments.

- Contém os *shapefiles* do IBGE (municípios e estados da federação), do SICAR e das UCs.
- Os mapas em *rasters* do MapBiomias não foram incluídos no anexo, mas devem possuir os seguintes nomes:

MapBiomias\_Brazil\_6.0\_30m/MapBiomias\_Brazil\_6.0\_[Ano]\_30m.tif

**Exemplo:**

MapBiomias\_Brazil\_6.0\_30m/MapBiomias\_Brazil\_6.0\_2020\_30m.tif

## 5.1 Orientações ao uso dos painéis de avaliação

- Sempre que preciso, recarregue o painel no navegador (*browser*), geralmente pressionando a tecla F5.
- Observe o valor da AOO e EOO. A coloração (amarela = VU; laranja = EN; Vermelho = CR) indica que o valor enquadra no primeiro parâmetro a ser observado para considerar uma espécie como ameaçada. Se colorido está, a espécie pode estar ameaçada caso outros parâmetros sejam atendidos.
- Observe o texto básico sobre a espécie. Esse texto é fixo. Ele é montado utilizando códigos de expressões regulares (*regular expressions* - RegEx) a partir dos dados do perfil e dos registros de ocorrências. Ele introduz o parágrafo do *rationale*.

- Observe o mapa **Leaflet** e dê um *zoom* nos registros de ocorrências. Veja as camadas no menu à direita, há *shapefiles*:
  - de diferentes tamanhos de *buffers* para estimação do número de *locations*;
  - do SICAR, uma compilação disponibilizada pelo MapBiomias, com as propriedades privadas;
  - da EOO e do buffer da EOO;
  - do último ano (2020) do uso do solo do MapBiomias. Os nomes das feições são apresentados ao se passar o cursor do *mouse* em cima;
  - com a porcentagem do total de área convertida para uso alternativo do solo, com uma escala do verde ao vermelho; e
  - com a taxa de tendência ao longo dos 36 anos, calculada pela análise de tendência, com uma escala do verde ao vermelho.
- Os *checkboxes* sendo marcados, adicionam a frase ao texto final. O texto final aparece no HTML fixadamente na tela tão logo o primeiro *checkbox* é marcado.
- As frases marcadas em verde, são sugestões fortes para marcação. Essas sugestões de marcações são controladas pelo código no R e via *javascript*. Caberá ao avaliador julgar quais opções adequam-se melhor ao caso.
- **IMPORTANTE**: antes de marcar o *checkbox* que começa com: “a [*baixa/moderada/alta*] *proporção de áreas convertidas para uso alternativo do solo...*”, deve-se antes, marcar a indicação do número de *locations* e do do número de *locations* afetadas por ameaças. Também deve ser adicionada a(s) ameaça(s) mais significativas. Só então, deve-se marcar o *checkbox* mencionado. Este é o segundo parâmetro para categorização da espécie como ameaçada. No número de *locations*, teste o número 1, 5, 10 e 11, que passará pelos limires das categorias: CR, EN, VU, LC. Não deixe de marcar um número de *locations* afetadas por ameaças. De acordo com esse parâmetro, a Categoria Final será colorida de amarelo com a indicação da categoria mais aproximada. Somente quando se selecionar *checkboxes* do declínio contínuo, a categoria final será colorida de verde, indicando o resultado final. Caso seja uma ameaçada, depois de selecionada a categoria final, aparecerá na tela, no canto superior direito, a categoria final e o código do critério aplicado.
- As Considerações Concessivas (teste em *Solanum reitzii*) só serão marcadas de verde, caso a espécie seja não ameaçada, isto é, se tiver sido marcado um número de *locations* **acima de 10** e que seja marcado um *checkbox* de **ganho** de áreas naturais. Então, uma das alternativas será sugerida.
- Observe também os gráficos de áreas empilhadas com as feições isoladas e aglutinadas; examine a tabela das tendências e os gráficos das análises de tendências.

## Referências bibliográficas

- Akçakaya, H. Resit, Elizabeth L. Bennett, Thomas M. Brooks, Molly K. Grace, Anna Heath, Simon Hedges, Craig Hilton-Taylor, et al. 2018. «Quantifying species recovery and conservation success to develop an IUCN Green List of Species». *Conservation Biology* 32 (5): 1128–38.
- Cheng, J., B. Karambelkar, Y. Xie, H. Wickham, e et al. 2022. «leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript 'Leaflet' Library. R Package Version 2.1.0». Fevereiro de 2022. <http://CRAN.R-project.org/package=leaflet>.
- Hijmans, R. J., S. Phillips, J. Leathwick, e J. Elith. 2015. «Dismo: Species Distribution Modeling. R Package Version 1.0-12». Julho de 2015. <http://CRAN.R-project.org/package=dismo>.
- IUCN. 2012. «IUCN Red List categories and criteria, version 3.1, second edition. IUCN, Gland, Switzerland & Cambridge, UK.». 2012. <https://portals.iucn.org/library/node/10315>.



- Maeng, H., e P. Fryzlewicz. 2021. «Detecting linear trend changes in data sequences». <http://arxiv.org/abs/1906.01939>.
- Martin, R. C. 2009. *Código Limpo: Habilidades práticas do Agile Software*. Rio de Janeiro, RJ: Alta Books.
- . 2019. *Arquitetura Limpa: O Guia do Artesão para Estrutura e Design de Software*. Rio de Janeiro, RJ: Alta Books.
- Martinelli, G., e M. A. Moraes. 2013. *Livro Vermelho da Flora do Brasil*. Rio de Janeiro, RJ: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Martins, E., G. Martinelli, e R. Loyola. 2018. «Brazilian efforts towards achieving a comprehensive extinction risk assessment for its known flora». *Rodriguésia* 69 (4): 1529–37.
- Mei, W., G. Yu, J. Lai, Q. Rao, e Y. Umezawa. 2018. «basicTrendline: Add Trendline and Confidence Interval of Basic Regression Models to Plot. R package version 2.0.3». Julho de 2018. <http://CRAN.R-project.org/package=basicTrendline>.
- The Brazil Flora Group. 2018. «Brazilian Flora 2020: Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC)». *Rodriguésia* 69 (4): 1513–27.
- Wickham, Hadley. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>.