

# Uma Compensação que Não Compensa: o Caso dos Campos Ferruginosos Associados à Mata Atlântica em Minas Gerais

**LUCIANO JOSÉ ALVARENGA**

---

*Doutor e Mestre em Ciências Naturais pela Universidade Federal de Ouro Preto; Bacharel em Direito pela Universidade Federal de Minas Gerais; Professor e pesquisador em Direito e Temáticas Ambientais.*

**FLÁVIO FONSECA DO CARMO**

---

*Doutor e Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais; Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais; Pesquisador em Biologia da Conservação no Instituto Prístino.*

**LUCIANA HIROMI YOSHINO KAMINO**

---

*Doutora e Mestre em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Minas Gerais; Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais; Pesquisadora em Biologia da Conservação no Instituto Prístino.*

**RESUMO:** A compensação ambiental é instrumento legal com objetivo de garantir que não ocorra perda em biodiversidade e serviços ambientais. No caso dos Campos Ferruginosos, ecossistemas ameaçados e associados à Mata Atlântica, não há uma base legal específica. Em Minas Gerais, regramentos inadequados em termos conceituais e de proporcionalidade jurídica têm sido aplicados à gestão dos Campos Ferruginosos associados à Mata Atlântica. Esses regramentos não conduzem à conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos dos Campos Ferruginosos. Este artigo, que complementa investigações precedentes, objetiva apresentar pontos problemáticos da atuação estatal, nomeadamente administrativa, no que diz respeito aos referidos ecossistemas e, correlativamente, discorrer sobre tensões e contradições entre essa atuação e o enquadramento jurídico pertinente a tais formações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecossistemas Ferruginosos. Conservação. Legislação Ambiental. Proporcionalidade.

**SUMÁRIO:** Introdução. 1 Caracterização Geral dos Campos Ferruginosos Associados à Mata Atlântica. 2 A Produção Jurídica de uma Compensação Ambiental Ecologicamente Deficitária. Considerações Finais. Referências.

## Introdução

A Constituição da República Federativa do Brasil – CRFB, de 1988, reconheceu o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, *bem comum* essencial à sadia qualidade de vida (art. 225, *caput*). Correlativamente, para que esse direito, classificado como fundamental, alcance níveis satisfatórios de efetivação, a CRFB preceitua que são deveres do Estado<sup>1</sup>: (i) preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais; (ii) prover o manejo ecológico de espécies e ecossistemas; (iii) preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do país; (iv) proteger a fauna e a flora, sendo proibidas práticas que coloquem em risco a função ecológica delas, provoquem a extinção de espécies ou submetam animais a crueldade (art. 225, § 1º, I, II e VII).

Para Benjamin (2007, p. 80), a CRFB introduz no Brasil o paradigma da *constitucionalidade ambiental*, o que conduz a uma “ambiciosa reestruturação da equação jurídico-ambiental”<sup>2</sup>. Uma reestruturação que deve partir da assunção teórica e efetiva da *centralidade hermenêutica* dos sobreditos preceitos constitucionais. Dessa maneira, a interpretação de *toda* a legislação infraconstitucional, desde as leis complementares até os atos administrativos regulamentares e as denominadas “normas técnicas”, deve conduzir a decisões e a aplicações da norma que *projetem e afirmem concretamente* as melhores condições possíveis de salvaguarda e recuperação dos ecossistemas. Guardar a salvo e reabilitar os *bens ambientais*<sup>3</sup>, que, em conjunto, compõem um patrimônio protegido pela CRFB, devem ser entendidos, aliás, como objetivos precípuos do Estado<sup>4</sup>. Perante esses objetivos, a Administração, nomeadamente os entes e órgãos afetos à gestão ambiental, devem aferir a execução da legislação a partir dos preceitos constitucionais sobre o *meio ambiente*.

Articulada à CRFB, a Lei Federal n° 6.938, de 1981, preceitua que a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA tem como objetivo principal *preservar, melhorar e recuperar* a qualidade ambiental propícia à vida, por forma

---

1 Embora a CRFB se refira expressamente ao Poder Público no art. 225, § 1º, os deveres que o dispositivo contém alcançam também todos os cidadãos e as instituições de direito privado.

2 Como escreveu Benjamin (2007, p. 80): “(...) por força da constitucionalização, substituiu-se o paradigma da legalidade ambiental pelo paradigma da constitucionalidade ambiental. Embora se inclua tal benefício entre os de natureza formal, a verdade é que ele determina uma ambiciosa *reestruturação da equação jurídico-ambiental*, com implicações muito mais amplas do que uma singela alteração cosmética da norma e da sua percepção social. Constitucionalizar, nesse enfoque, denota que a constitucionalidade toma o lugar da legalidade na função de veículo e resguardo de valores essenciais, firmando-se, a partir daí, uma ordem pública ambiental constitucionalizada (...)”.

3 Por motivação ética, Aragão (2006, p. 41) justifica o uso da expressão *componentes ambientais*, em vez de *recursos naturais*. Nessa reflexão, usa-se a expressão *bens ambientais*, por forma a exprimir a valorização, a significação e a proteção que tais componentes alcançam no sistema jurídico para além de uma aceção economicista.

4 Há que se lembrar que o Direito Ambiental, desde suas origens, não objetiva apenas regulamentar o meio ambiente, mas “(...) contribuir à reação contra a degradação ambiental e o esgotamento dos recursos naturais”. O Direito Ambiental é “(...) um direito engajado, que age na luta contra as poluições e a perda da biodiversidade. É um direito que se define segundo um critério finalista, pois se dirige ao meio ambiente: implica uma obrigação de resultado, qual seja, a melhoria constante do estado do ambiente” (PRIEUR, 2012, p. 16-17).

a assegurar no país condições ao desenvolvimento socioeconômico, à segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (art. 2º, *caput*). Para a efetivação desse objetivo, a PNMA fixa uma série de princípios a serem observados, dos quais se destacam os atinentes: (i) à ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, reconhecido o meio ambiente como patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, a bem da fruição coletiva; (ii) à proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; (iii) à recuperação de áreas degradadas; (iv) à proteção de áreas ameaçadas de degradação (art. 2º, I, IV, VIII e IX).

Abrigos de componentes singularíssimos da biodiversidade e da geodiversidade e palcos de processos ecológicos relevantes, os Campos Ferruginosos (também designados pela palavra “canga”), encontráveis no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, concentram complexos vegetacionais associados a substratos metalíferos, apresentando predominante vegetação rupestre, campos e capões de mata. Trata-se de *ecossistemas únicos*, de inestimável valor geológico e biológico, o que, por correspondência e proporcionalidade jurídico-ambiental, justifica, *a priori*, a elaboração e a aplicação de um regime com alta intensidade de proteção.

Particularmente em Minas Gerais, entretanto, tem sido aplicado à gestão dos Campos Ferruginosos associados à Mata Atlântica um conjunto de regramentos conceitual e proporcionalmente inadequados à conservação deles. Este artigo, em complementaridade a investigações precedentes<sup>5</sup>, objetiva apresentar pontos problemáticos da atuação estatal, nomeadamente administrativa, no que atine aos referidos ecossistemas e, correlativamente, discorrer sobre tensões e contradições entre essa atuação e o enquadramento jurídico pertinente a tais formações.

## 1 Caracterização Geral dos Campos Ferruginosos Associados à Mata Atlântica

Uma relevante porção do patrimônio natural brasileiro consiste em formações vegetais conhecidas como Campos Ferruginosos<sup>6</sup>, que se desenvolvem em substratos rochosos (cangas e formações ferríferas) muito antigos (≈ 50 milhões de anos). São compostos por plantas de distribuição geográfica restrita e adaptadas ao estresse ambiental acentuado, condicionado em função de solos rasos, ácidos, pobres em nutrientes e com elevadas concentrações de ferro e

---

5 Cfr. Silveira et al. (2020).

6 Carmo e Jacobi (2013) apresentaram alguns termos utilizados no Brasil para denominar esse complexo vegetacional, tais como vegetação de bancada laterítica, campo hematítico, savana metalófila, campos rupestres ferruginosos, vegetação sobre canga, entre outras nomenclaturas.

outros minerais metálicos (RIZZINI, 1979; JACOBI et al., 2007; MESSIAS et al., 2013). Alguns processos ecológicos têm lugar de maneira singular nos Campos Ferruginosos, devido à presença dos substratos metalíferos. A heterogeneidade microtopográfica favorece o desenvolvimento do sistema radicular das plantas para o interior das cangas, em fendas, poros e canalículos, formando em algumas situações estruturas conhecidas como rizotemas e tufos de raízes suspensas, os quais ocupam espaços no interior de cavidades naturais subterrâneas. Essa biomassa vegetal subterrânea compõe uma base trófica específica para organismos invertebrados cavernícolas, incluindo espécies endêmicas dos sistemas ferruginosos (CARMO; JACOBI, 2013; FERREIRA et al., 2015). Os próprios sistemas radiculares e alguns microrganismos estão diretamente associados ao ciclo biogeoquímico do ferro, realizando constantemente a redução e a subsequente oxidação, contribuindo para a evolução geomorfológica das cangas e para a heterogeneidade subsuperficial (LEVETT et al., 2016).

Os Campos Ferruginosos agrupam complexos vegetacionais associados a substratos metalíferos, incluindo predominantemente vegetação rupestre, campos e capões de mata (Figura 1). No sudeste do Brasil, as áreas de Campos Ferruginosos estão localizadas em três províncias minerais: Quadrilátero

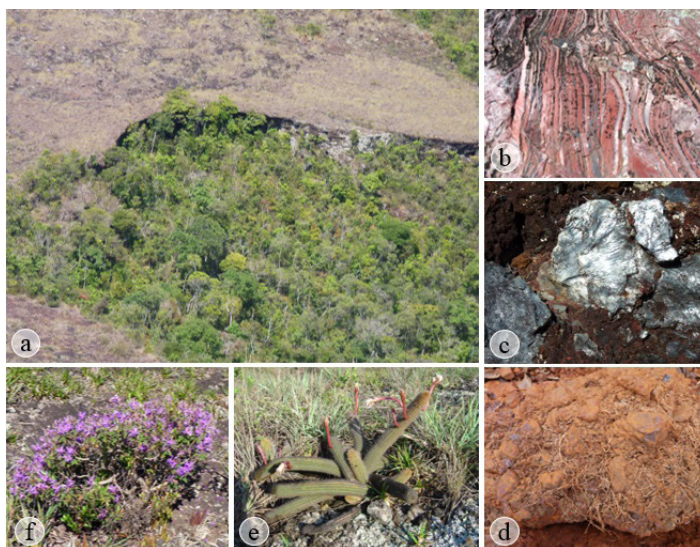


Figura 1 – Campos Ferruginosos no sudeste do Brasil agrupam complexos vegetacionais associados a substratos metalíferos. (a) Contato entre as formações florestais e formações campestres associadas às cangas. Tipos de substratos ferruginosos – (b) formação ferrífera bandada; (c) hematita; (d) couraça de canga (notar raízes desenvolvidas entre os poros e fissuras do afloramento). Algumas espécies endêmicas – (e) cacto *arthroceus glaziovii*, espécie ameaçada de extinção; (f) arbusto *pleroma ferricola*, recentemente descrita pela ciência. Fonte: os autores.

Ferrífero – QF, região da Serra da Serpentina, Morro do Pilar – SS/MP e região do Vale do Rio Peixe Bravo – VPB (Figura 2). A descrição do contexto geográfico dessas províncias é apresentada por Carmo et al. (2018).

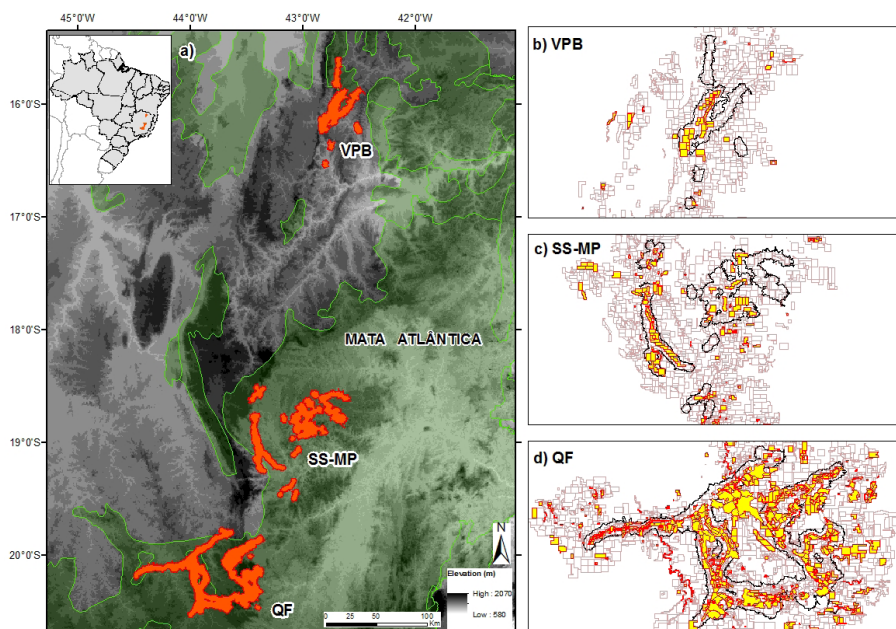


Figura 2 – (a) Campos Ferruginosos no sudeste do Brasil (polígonos vermelhos) sob o Domínio da Mata Atlântica (Decreto Federal nº 6.660/08) em relação às províncias minerais: (b) Quadrilátero Ferrífero – QF; (c) Serra da Serpentina, Morro do Pilar – SS/MP; e (d) Vale do Rio Peixe Bravo – VPB. Os polígonos representam os títulos minerários, em destaque (polígonos amarelos) os títulos em fase de “concessão de lavra”, conforme ANM (2019). Fonte: os autores.

A associação entre a vegetação em canga e os sistemas rochosos ferruginosos propicia a prestação de serviços ecossistêmicos relevantes para a manutenção da qualidade ambiental, a regulação climática, a recarga hídrica pela infiltração das águas das chuvas, o armazenamento hídrico pelos aquíferos, o fornecimento de água pelas nascentes e a manutenção das vazões dos cursos d’água (CARMO et al., 2012; GAMA; MATIAS, 2015).

Os Campos Ferruginosos do sudeste do Brasil são ecossistemas associados ou abrangidos pelo domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, reconhecido como um *hotspot* mundial de biodiversidade (MITTERMEIER et al., 2004). O número de espécies de plantas vasculares (> 2.900) é tão expressivo quanto os encontrados em outros centros mundiais de diversidade de plantas metalíferas. Foram identificadas mais de 130 espécies ameaçadas

de extinção e 48 plantas raras com distribuição restrita aos substratos ferruginosos (CARMO et al., 2018). Entre as espécies da Mata Atlântica, as que têm *habitat* exclusivamente nos afloramentos rochosos estão sob maior grau de ameaça, corroborando a hipótese, segundo a qual espécies adaptadas a ambientes estressantes ou com recursos limitados são mais vulneráveis à extinção devido aos distúrbios humanos (LEÃO et al., 2014). Essa vulnerabilidade à extinção é mais acentuada para as plantas dos Campos Ferruginosos, pois elas apresentam distribuição disjunta, isto é, em ecossistemas insulares espacializados numa matriz originalmente florestal, porém intensamente degradada, que recobre um dos maiores depósitos globais de minério de ferro (JACOBI et al., 2007; 2011). Os Campos Ferruginosos também são sítios representativos da geodiversidade, vale dizer, da variedade de características, conjuntos, sistemas e processos geológicos, geomorfológicos e do solo (AUSTRALIAN HERITAGE COMMISSION, 2002). São, portanto, testemunhos discretos da evolução da Terra.

Nesse contexto, a mais importante estratégia de conservação dos ecossistemas e seus serviços ambientais *deve ser* evitar a perda e a degradação de áreas naturais (NEUGARTEN et al., 2018). Estudos demonstram, no entanto, que os Campos Ferruginosos do QF já perderam irreversivelmente metade da área original (SALLES et al., 2019). Para a maioria das áreas remanescentes, localizadas fora de Unidades de Conservação – UC de proteção integral, antevê-se uma elevada probabilidade de novas supressões, dada a coincidência espacial entre essas áreas e títulos minerários de significativo potencial econômico (JACOBI et al., 2011).

Os Campos Ferruginosos do QF localizam-se numa das maiores aglomerações mundiais de minas de ferro a céu aberto, cuja produção bruta anual já superou, segundo estimativas oficiais, 360 milhões de toneladas (DNPM, 2017). Entretanto, essa intensa atividade de mineração gera impactos ambientais irreversíveis e em larga escala, como a supressão de aquíferos e nascentes. Para a biota, principalmente as plantas, o principal impacto irreversível é a perda de *habitat* (PENA et al., 2017; SALLES et al., 2019). No QF, a perda de *habitat* ocorre de maneira intensa. Entre 1985 e 2011, houve um aumento de 213% de ambientes naturais convertidos em áreas mineradas (DINIZ et al., 2014). A intensa atividade de mineração pode gerar danos socioambientais irreversíveis e em escala continental (CARMO et al., 2017).





Figura 3 – Perda irreversível de áreas naturais em Campos Ferruginosos causada pela supressão para fins de mineração, Quadrilátero Ferrífero/MG. (a) Serra de Gandarela; (b) Serra de Itatiaiuçu. Fonte: os autores.

Diante desse cenário, a proteção dos últimos remanescentes de vegetação nativa é vital para conservar o patrimônio ambiental, seja em áreas naturais, seja em núcleos urbanos, que, no QF, abrigam milhões de pessoas.

## 2 A Produção Jurídica de uma Compensação Ambiental Ecologicamente Deficitária

No art. 225, § 4º, da CRFB, reconheceu-se a Mata Atlântica como patrimônio nacional, ao lado da Floresta Amazônica, da Serra do Mar, do Pantanal Mato-Grossense e da Zona Costeira Brasileira. Preceituou-se, correlativamente, que a utilização dessas regiões deve ocorrer de maneira a assegurar a preservação do meio ambiente, inclusive no que atine ao uso dos bens ambientais. O destaque protetivo aos domínios naturais menciona-

dos pela CRFB justifica-se pelo valor ecológico singular e pela condição de fragilidade que apresentam. O sistema de proteção da Mata Atlântica e dos ecossistemas a ela associados, que densifica juridicamente o sobredito preceito da CRFB, encontra-se hoje estruturado na Lei Federal nº 11.428, de 2006, e no seu regulamento, o Decreto Federal nº 6.660, de 2008.

As propostas de empreendimentos causadores de significativo impacto ambiental em áreas da Mata Atlântica, que impliquem o corte ou a supressão de vegetação nativa, devem passar por procedimento administrativo de licenciamento, no qual é exigida uma compensação ambiental. Apesar da relevância dessa compensação, a sociedade em geral pouco conhece sobre seus mecanismos, potenciais riscos e benefícios, porquanto são incipientes as informações disponíveis (BARROS et al., 2015). A compensação ambiental objetiva contrabalançar os impactos negativos irreversíveis previamente identificados no licenciamento (FARIA, 2008). Ela deve ser exigida quando se verificar a impossibilidade de mitigar o impacto ou de recuperar o ambiente (TOMAS et al., 2018).

No que diz respeito à Mata Atlântica e aos ecossistemas associados, o art. 17 da Lei nº 11.428 condiciona as intervenções de corte ou supressão de vegetação nativa à compensação ambiental de uma “área equivalente à extensão da área desmatada, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica”. Para isso, a lei estabelece que devem ser identificados os estágios de regeneração das formações vegetais que serão alvo de intervenções. No caso de vegetação primária – “aquela de máxima expressão local, com grande diversidade biológica, sendo os efeitos das ações antrópicas mínimos, a ponto de não afetar significativamente suas características originais de estrutura e de espécies” (cf. Resolução nº 10, de 1993, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama) –, a utilização poderá ser autorizada apenas em casos excepcionais, como na realização de obras, projetos ou atividades de utilidade pública.

Apesar da intensa perda de áreas naturais e de sua singularidade ecológica e geoambiental, ainda não foi estabelecida base normativa específica para os Campos Ferruginosos. Uma base que preveja parâmetros básicos para identificação e análise, como meios para compensar a supressão de vegetação por uma área com extensão equivalente à da área suprimida, com as mesmas características ecológicas, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica ou em áreas localizadas no mesmo município ou região metropolitana.

Entretanto, em Minas Gerais, o órgão responsável por avaliar os procedimentos de licenciamento ambiental utiliza um texto normativo de alcance



jurídico limitado e validade claramente questionável<sup>7</sup>, a Instrução de Serviço nº 02, de 2017<sup>8</sup>, para tratar o assunto. Essa instrução é usada para transmitir a orientação geral segundo a qual o tratamento de ecossistemas não abrangidos diretamente pelas resoluções em vigor, caso dos Campos Ferruginosos, pode se basear na Resolução nº 423, de 2010, do Conama. Essa resolução dispõe sobre parâmetros básicos, como a utilização da lista de espécies vegetais identificadoras, para análise da vegetação primária e dos estágios sucessionais nos Campos de Altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica.

Entre os textos normativos, a Resolução nº 10, de 1993, do Conama, define Campos de Altitude como “vegetação típica de ambientes montano e alto-montano, com estrutura arbustiva e/ou herbácea, que ocorre geralmente nos cumes litólicos das serras com altitudes elevadas, predominando em clima subtropical ou temperado. Caracteriza-se por uma ruptura na sequência natural das espécies presentes nas formações fisionômicas circunvizinhas. As comunidades florísticas próprias dessa vegetação são caracterizadas por endemismos”.

Todavia, conforme o conceito mais aceito na comunidade científica para Campo de Altitude, trata-se da vegetação campestre que ocorre nos trechos mais elevados das Serras do Mar, Mantiqueira e Serra Geral e ocorre em associação com rochas ígneas ou metamórficas (granito-gnaiss) (FLORA DO BRASIL, 2020). Portanto, os Campos Ferruginosos e os Campos de Altitude compõem ecossistemas distintos por apresentarem influências geológica, pedológica, climática e geográfica diferenciadas (VASCONCELOS, 2011; CARMO; JACOBI, 2013; ZAPPI et al., 2017).

Nesse contexto, em que pese a necessidade de as compensações ambientais para os Campos Ferruginosos serem destinadas a novas áreas de conservação, investigações recentes (SILVEIRA et al., 2020) têm vindo a demonstrar que: (1) a maioria das áreas destinadas à compensação em Campos Ferruginosos serve à resolução de pendências atinentes à regularização fundiária de UC já estabelecidas, ou seja, não há a destinação para a formação de novas áreas protegidas; (2) nalguns casos, a compensação beneficia formações vegetais distintas dos Campos Ferruginosos, como Candeal, Campos Rupestres *stricto sensu* (associados a substratos quartzíticos) e em vegetação sobre granito.

Gera-se, assim, um déficit de compensação para os ecossistemas ferruginosos, uma vez que não se contrabalança a perda equivalente de

---

7 Na classificação dos atos administrativos em espécie, instruções de serviço devem ser reservadas à disciplina de condutas e procedimentos internos (*interna corporis*) às unidades da Administração, sem projeção direta para a regulação de relações jurídicas para além dessas fronteiras.

8 Instrução de Serviço Sisema nº 02/2017. Compensação pelo corte ou supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração no bioma Mata Atlântica.

*habitats* específicos para as populações de dezenas de espécies endêmicas dos substratos metalíferos, tampouco os processos ecossistêmicos inerentes aos Campos Ferruginosos.

Na Resolução Conama nº 423, três parâmetros podem ser relacionados à estrutura da comunidade (Tabela 1): (1) cobertura vegetal; (2) fitofisionomias; (3) diversidade e dominância de espécies. Porém, a partir do conteúdo da norma, não é possível discriminar se uma determinada área de Campo Ferruginoso pode ser categorizada como “estágio médio” ou “estágio avançado”, considerando tanto as métricas da cobertura vegetal viva no nível do solo (> 50% para ambas), quanto a proporção de cobertura de espécies exóticas e ruderais, se os dados coletados em campo indicarem valores entre 49% e 11%.

Tabela 1 – Parâmetros básicos para identificação e análise da vegetação primária e secundária dos Campos de Altitude abrangidos pela Mata Atlântica (Resolução Conama nº 423/2010)

Parâmetros básicos	Estágio inicial	Estágio médio	Estágio avançado	Vegetação primária
Histórico de uso	Remanescentes de vegetação campestre com porção subterrânea incipiente ou ausente.	Ação antrópica com pouco ou nenhum comprometimento da parte subterrânea da vegetação, ou que estejam em processo de regeneração após ação antrópica mediante supressão da parte aérea e subterrânea da vegetação.	Ação antrópica moderada sem comprometimento da estrutura e fisionomia da vegetação, ou que tenha evoluído a partir de estágios médios de regeneração.	Efeitos das ações antrópicas mínimos.
Cobertura vegetal viva do solo	< 50% (no nível do solo); Espécies exóticas ou ruderais $\geq$ 50%.	> 50% (no nível do solo); Espécies exóticas ou ruderais < 50%.	> 50% (no nível do solo); Espécies exóticas ou ruderais < 30%.	> 80% (no nível do solo); Espécies exóticas ou ruderais < 10%.
Diversidade e dominância de espécies	?	?	?	?
Espécies vegetais indicadoras*	Ausência ou presença esporádica de espécies raras e endêmicas.	Presença esporádica de espécies raras e endêmicas.	Presença de espécies raras e endêmicas.	Presença de espécies raras e endêmicas.
Presença de fitofisionomias características	Herbácea aberta.	Herbácea ou herbáceo-arbustiva.	Herbácea ou herbáceo-arbustiva. Eventual ocorrência de espécies lenhosas.	Herbácea ou herbáceo-arbustiva. Eventual ocorrência de espécies lenhosas.

\* Cf. Anexo I (Região Sudeste), Resolução Conama nº 423/2010.

Para o parâmetro *fitofisionomia característica*, também não é possível discriminar se uma área de Campo Ferruginoso se encontra entre as categorias estágio médio, avançado ou vegetação primária, uma vez que todas podem ser caracterizadas tanto como fitofisionomia herbácea quanto como herbáceo-arbustiva. A informação adicional sobre eventual ocorrência de espécies lenhosas também não contribui para a discriminação entre as categorias, considerando que um arbusto pode ser definido como um vegetal que na fase adulta é lenhoso (IBGE, 2012).

Tenha-se presente, em adição, que o texto normativo não apresenta definição, critério ou métrica para o parâmetro *diversidade e dominância de espécies*, dificultando a análise e a comparação entre a vegetação. A literatura acerca das métricas de diversidade e dominância de espécies é extensa, e existem dezenas de índices que podem abarcar desde o número total de espécies encontrado em uma área-alvo (riqueza ou diversidade alfa) até índices de diversidade taxonômica ou funcional (MAGURRAN, 2011).

Para o parâmetro *histórico de uso*, o conteúdo definido na resolução para categorizar a vegetação contém termos subjetivos como “pouco”, “moderado”, “mínimos” ou “incipiente”, que dificultam uma análise objetiva. Não há condições de discriminar a vegetação a partir de espécies raras e endêmicas, porquanto todas as possíveis categorizações são direcionadas pela observação de presença daquelas espécies, salvo a categorização estágio inicial, a qual pode ou não ter espécies raras ou ameaçadas.

Uma característica inerente aos ecossistemas rupestres é a elevada heterogeneidade topográfica, edáfica, microclimática, florística e petrológica, além da dependência da composição e estrutura da vegetação ao tipo específico de rocha ou substrato (MOURA et al., 2011; SCARANO, 2007; ZAPPI et al., 2017). Portanto, é inviável verificar a *equivalência ecológica* utilizando apenas cinco parâmetros: simplifica-se o sistema investigado, gerando um reducionismo danoso e contrário ao microsistema constitucional e legal de proteção à Mata Atlântica. Como comparação, as Resoluções Conama ns. 392, de 2007 (Mata Atlântica de Minas Gerais), e 417, de 2009 (vegetação de Restinga), possuem, cada uma, nove parâmetros básicos, e desses, respectivamente, cinco e dois parâmetros quantitativos. Além disso, a necessidade de realizar amostragens sistemáticas em estudos sobre vegetação rupestre é amplamente conhecida, e sua importância se deve principalmente ao objetivo de comparabilidade entre as comunidades de plantas (MOURA et al., 2011).

Outra questão conceitual refere-se aos estágios sucessionais, especificamente os definidos na Resolução Conama nº 423. Os parâmetros básicos estabelecidos pelas normas que disciplinam a matéria de competência objetiva

da Lei nº 11.428 baseiam-se no processo de sucessão ecológica em ecossistemas florestais. De modo geral, nos sistemas florestais tropicais em que o fator climático consta entre os principais limitantes da comunidade vegetal, como é o caso na Mata Atlântica, os estágios de sucessão secundária podem ser observados de certa forma<sup>9</sup>. Contudo, para as formações vegetais associadas aos afloramentos rochosos, o fator edáfico representa a principal limitação no desenvolvimento da comunidade (MOURA et al., 2011), situação que pode gerar dificuldades para a aplicação da norma. Variações naturais nas condições edáficas, como a microtopografia ou a mineralogia das rochas, determinam diferenças abruptas no porte da vegetação e nas formas de crescimento das espécies, na produtividade, na ciclagem de nutrientes, entre outros processos ecológicos (MOURA et al., 2011; CARMO et al., 2016). Como exemplo, um mesmo afloramento ferruginoso (canga) pode apresentar desde regiões sem a presença de plantas vasculares – devido a condições específicas do substrato que impedem o desenvolvimento de sistema radicular – até regiões com elevadas diversidades e cobertura vegetal, podendo ocorrer 16 espécies (e dezenas de indivíduos) em um único metro quadrado (JACOBI; CARMO, 2008).

Outro fator importante nas comunidades rupestres é o tempo, uma vez que os processos de dinâmica geomorfológica em sistemas ferruginosos são extremamente lentos, desenvolvendo-se no decorrer de milhares ou até milhões de anos (LEVETT et al., 2016). De fato, ainda não há dados na literatura que indiquem processos sucessionais secundários em vegetação rupestre análogos aos observados em sistemas florestais com clímax climático<sup>10</sup>. E, mesmo no caso das formações florestais, já foram observadas incoerências nos “parâmetros estruturais” das resoluções do Conama, podendo gerar indicações equivocadas de estágios sucessionais (ANDREACCI; MARENZI, 2017).

Uma problematização em torno da aplicação da Resolução Conama nº 423 à análise e à compensação em Campos Ferruginosos associados à Mata Atlântica pode ser feita, adicionalmente, a partir do critério *espécies indicadoras*. Entre as 2.661 espécies associadas aos ecossistemas ferruginosos (CARMO et al., 2018) foram identificadas 202 espécies citadas na lista de indicadoras da Resolução nº 423, as quais constituem apenas 7,6% da representatividade florística dos Campos Ferruginosos. Esse desencontro entre a previsão do texto normativo e a realidade biótica dos Campos Ferruginosos também foi observado no grupo de 134 espécies ameaçadas de extinção, no qual somente três (2,2%) estão citadas na resolução. Nenhuma das 48 espécies raras e endêmicas dos ecossistemas ferruginosos está citada na norma do Conama, resultado pre-

9 Cfr. revisões em Guariguata e Ostertag (2001) e Dent e Wright (2009).

10 Cfr. revisão em MIOLA et al. (2019).

ocupante, porém previsível, uma vez que o texto normativo trata dos Campos de Altitude, que integram ecossistemas distintos dos Campos Ferruginosos.

## Considerações Finais

Considerando a especificidade dos ecossistemas ferruginosos, percebem-se equívocos conceituais nos textos normativos e lacunas na indicação de espécies raras, ameaçadas e endêmicas. Investigações têm demonstrado que não são observadas equivalências entre a área a ser suprimida para fins de mineração e a área concretamente destinada à compensação. Diante disso, a criação de um banco de dados unificado, de acesso livre ao público, poderia contribuir para a vigilância cuidadosa e democrática desses ecossistemas, informando-se para cada pedido de supressão o número do processo administrativo, os dados do empreendedor e do empreendimento, a data de avaliação pela Administração e o quantitativo e a localização de área destinada à compensação ambiental de Campo Ferruginoso.

Adicionalmente, não tem havido respeito ao dever-necessidade de correspondência de características ecológicas na definição das compensações.

Essas desconformidades geram uma análise inadequada dos pedidos de compensação dos Campos Ferruginosos e tornam sem limites objetivamente postos a tomada de decisão pelo órgão ambiental, resultando em ações tecnicamente inconsistentes e ecologicamente insustentáveis quanto ao uso de bens ambientais e aos programas de conservação da biodiversidade e da geodiversidade. Por consequência, essas desconformidades elevam ainda mais os riscos de extinção e de perdas irreparáveis de um relevante componente do patrimônio natural brasileiro.

Uma das principais funções da compensação ambiental é evitar a perda líquida em biodiversidade (genes, espécies, comunidades e ecossistemas) e seus serviços ambientais. Para os Campos Ferruginosos associados à Mata Atlântica, compreende-se que (1) a unicidade geossistêmica e ecológica que eles apresentam e (2) sua inserção no domínio fitogeográfico de um *hotspot* para conservação da biodiversidade justificam a adoção de protocolos rigorosos de salvaguarda. Uma vez descaracterizados ou danificados, os Campos Ferruginosos não podem ser restituídos ao patrimônio natural, pois os *processos ecológicos* e geológicos dos quais eles são a resultante presente datam de dezenas de milhões de anos. Por isso, da perspectiva da Biologia da Conservação, e mesmo desde o ponto de vista de um direito que se pretenda sensível à problemática ambiental contemporânea, os Campos Ferruginosos deviam ser guardados a salvo sob um regime com elevado grau de proteção legal. Como lembra Ost (1995, p. 369-370), em análise que se aplica bem à situação dos sistemas na-



turais em foco, “a natureza não é um reservatório inesgotável cujos recursos são totalmente intercambiáveis: muitos meios são únicos, muitos recursos são insubstituíveis. A seu respeito, a técnica da compensação não é pertinente”.

O modo de gestão dos Campos Ferruginosos associados à Mata Atlântica em Minas Gerais, nomeadamente no que atine à compensação prevista na Lei nº 11.428, é incompatível com o *microsistema* de proteção ambiental, cujos princípios centrais se encontram na CRFB e na PNMA. A CRFB afirma a (i) preservação e a restauração dos processos ecológicos essenciais, (ii) o manejo ecológico de espécies e ecossistemas, (iii) a proteção do patrimônio genético, e (iv) a salvaguarda da fauna e da flora como deveres estatais, no quadro de esforços pela efetivação do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (art. 225, *caput*, e § 1º, I, II e VII). A inadequação da compensação ambiental que tem sido levada a efeito no âmbito da administração ambiental produz resultados deficitários aos processos ecossistêmicos e às diversidades geológica e biológica que têm lugar nos Campos Ferruginosos.

A não implementação de medidas de proteção efetiva desses ecossistemas resulta em prática *inconstitucional*, passível de controle jurisdicional. Desde a perspectiva da CRFB, a atuação estatal insuficiente, desprovida de ferramentas normativas e administrativas consistentes para combater a *destruição* e a *degradação* de bens ambientais – concretamente, dos Campos Ferruginosos associados à Mata Atlântica –, pode ensejar a responsabilização solidária do Poder Público por esses danos<sup>11</sup>.

---

TITLE: A compensation that does not pay off: the case of the Ferruginous Rocky Fields associated with the Atlantic Forest in Minas Gerais.

ABSTRACT: Environmental compensation is a legal instrument to ensure there will be no loss in biodiversity and environmental services. In the case of the Ferruginous Rocky Fields, ecosystems threatened and associated with the Atlantic Forest have no specific legal basis. In Minas Gerais, inadequate rules in conceptual terms and legal proportionality have been applied to the management of Ferruginous Fields associated with the Atlantic Forest. These regulations do not lead to the conservation of Ferruginous Rocky Fields. This article, which complements previous investigations, aims to present problematic points of state action, namely administrative, with regard to these geosystems and, correlatively, discuss tensions and contradictions between this action and the legal framework relevant to such formations.

KEYWORDS: Ferruginous Geosystems. Conservation. Environmental Legislation. Proportionality.

---

11 Como refere Andrade (2021, p. 417-419), “(...) a aplicabilidade imediata dos direitos fundamentais e a previsão de diversos procedimentos específicos para o controle da omissão estatal não deixam dúvida de que ao Estado brasileiro não basta se abster de comprimir liberdades fundamentais, devendo, além disso, atuar positivamente para satisfazer direitos fundamentais. (...) O Brasil é um Estado social e democrático de direito, em que os direitos fundamentais de orientação liberal têm de conviver com outros, que clamam pela atuação estatal positiva e têm, tanto quanto os liberais, aplicabilidade imediata. E, por fim, nossa Carta Política impõe explicitamente ao Poder Público o dever de proteger o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado”.

## Referências

- ANDRADE, Adriano. *Proibição de proteção insuficiente e responsabilidade civil ambiental*. Belo Horizonte: D'Plácido, 2021.
- ANM – Agência Nacional de Mineração. *Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE*. 2019. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigminc>. Acesso em: 17 ago. 2022.
- ANDREACCI, Fernando; MARENZI, Rosemeri Carvalho. Avaliação da aplicação da Resolução Conama 04/94 na definição dos estágios sucessionais de fragmentos florestais da Floresta Ombrófila Densa de Santa Catarina. *Biotemas*, v. 30, n. 4, p. 117-128, 2017. DOI: 10.5007/2175-7925.2017v30n4p117.
- ARAGÃO, Maria Alexandra S. *O princípio do nível elevado de proteção e a renovação ecológica do direito do ambiente e dos resíduos*. Coimbra: Almedina, 2006.
- AUSTRALIAN HERITAGE COMMISSION. *Australian Natural Heritage Charter: for the conservation of places of natural heritage significance*. 2. ed. Australian Heritage Commission, Canberra, 26p. 2002.
- BARROS, Eva Costa de et al. O instrumento de compensação ambiental no Brasil e no Estado de Minas Gerais. *CERNE*, v. 21, n. 3, p. 449-455, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521031702.
- BENJAMIN, Antonio Herman. Constitucionalização do ambiente e ecologização da Constituição Brasileira. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (Org.). *Direito Constitucional Ambiental Brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2007. p. 57-130.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988*. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 17 ago. 2022.
- BRASIL. *Decreto Federal nº 6.660, de 21 de novembro de 2008*. Regulamenta dispositivos da Lei 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Brasília: DOU, 24 nov. 2008.
- BRASIL. *Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: DOU, 2 set. 1981.
- BRASIL. *Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006*. Dispõe sobre a utilização e a proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília: DOU, 26 dez. 2006. Retificado em 9 jan. 2007.
- CARMO, Flávio Fonseca do; CAMPOS, Iara Christina; JACOBI, Claudia Maria. Effects of fine scale surface heterogeneity on rock outcrop plant community structure. *Journal of vegetation science*, v. 27, n. 1, p. 50-59, 2016. DOI: 10.1111/jvs.12342.
- CARMO, Flávio Fonseca do; CARMO, Felipe Fonseca; CAMPOS, Iara Christina; JACOBI, Claudia Maria. Cangas: ilhas de ferro estratégicas para a conservação. *Ciência Hoje*, v. 295, p. 48-53, 2012.
- CARMO, Flávio Fonseca do; JACOBI, Claudia Maria. A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. *Rodriguésia*, v. 64, n. 3, p. 527-541, 2013.
- CARMO, Flávio Fonseca do; MOTA, Rubens Custodio; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino; JACOBI, Claudia Maria. Check-list of vascular plant communities on ironstone ranges of south-eastern Brazil: dataset for conservation. *Biodiversity Data Journal*, n. 6, 2018. DOI: 10.3897/BDJ.6.e27032.
- CARMO, Flávio Fonseca do et al. Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. *Perspectives in ecology and conservation*, v. 15, n. 3, p. 145-151, 2017. DOI: 10.1016/j.pecon.2017.06.002.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 10, de 01 de outubro de 1993*. Estabelece os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão de Mata Atlântica. Brasília: DOU, 1º out. 1993.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 392, de 25 de junho de 2007*. Define vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. Brasília: DOU, 26 jun. 2007.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 417, de 23 de novembro de 2009*. Dispõe sobre parâmetros básicos para definição de vegetação primária e dos estágios sucessionais secundários da vegetação de Restinga na Mata Atlântica e dá outras providências. Brasília: DOU, 24 nov. 2009.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 423 de 12 de abril de 2010*. Dispõe sobre parâmetros básicos para identificação e análise da vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária nos Campos de Altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica. Brasília: DOU, 13 abr. 2010.

DENT, Daisy H.; WRIGHT, S. Joseph. The future of tropical species in secondary forests: a quantitative review. *Biological conservation*, v. 142, n. 12, p. 2833-2843, 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.05.035.

DINIZ, Juliana Maria Ferreira de Souza et al. Detecção da expansão da área minerada no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de sensoriamento remoto. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 20, n. 3, p. 683-700, 2014.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. *Anuário Mineral Estadual – Minas Gerais*. Coord. Dalla, M. M. C. et al. Brasília: DNPM, 2017. 119p.

FARIA, Ivan Dutra. *Compensação ambiental: os fundamentos e as normas; a gestão e os conflitos*. Brasília: Consultoria Legislativa do Senado Federal. Textos para discussão nº 43. 115p. 2008. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/item/id/99899>. Acesso em: 28 nov. 2018.

FERREIRA, Rodrigo Lopes; OLIVEIRA, Marcus Paulo Alves de; SILVA, Marconi Souza. Biodiversidade subterrânea em Geossistemas Ferruginosos. In: CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino (org.). *Geossistemas ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para a conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais*. Belo Horizonte: 3i, 2015, p. 195-231. Disponível em: <https://www.institutopristino.org.br/categoria/livros/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 23 jul. 2018.

GAMA, Evandro Moraes da; MATIAS, Germano Pereira. Hidrogeologia e os Geossistemas Ferruginosos. In: CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino (Org.). *Geossistemas ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para a conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais*. Belo Horizonte: 3i, 2015. p. 103-124. Disponível em: <https://www.institutopristino.org.br/categoria/livros/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

GUARIGUATA, Manuel R.; OSTERTAG, Rebecca. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest ecology and management*, v. 148, n. 1-3, p. 185-206, 2001. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00535-1.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos*. Rio de Janeiro: IBGE/Diretoria de Geociências. 271p. 2012.

JACOBI, Claudia Maria; CARMO, Flávio Fonseca do. The contribution of ironstone outcrops to plant diversity in the Iron Quadrangle, a threatened Brazilian landscape. *Ambio*, v. 37, n. 4, p. 324-327, 2008. DOI: 10.1579/0044-7447.

JACOBI, Claudia Maria; CARMO, Flávio Fonseca do; CAMPOS, Iara Christina. Soaring extinction threats to endemic plants in Brazilian metal-rich regions. *Ambio*, v. 40, n. 5, p. 540-543, 2011. DOI: 10.1007/s13280-011-0151-7.

JACOBI, Claudia Maria et al. **Plant communities on ironstone outcrops – a diverse and endangered Brazilian ecosystem**. *Biodiversity and Conservation*, v. 16, p. 2185-2200, 2007. DOI: 10.1007/s10531-007-9156-8.

LEÃO, Tarciso C. et al. Predicting extinction risk of Brazilian Atlantic forest angiosperms. *Conservation Biology*, v. 28, n. 5, p. 1349–1359, 2014. DOI: 10.1111/cobi.12286.

LEVETT, Alan et al. Evidence of biogeochemical processes in iron duricrust formation. *J. S. Am. Earth Sci.*, v. 71, p. 131-142, 2016. DOI: 10.1016/j.jsames.2016.06.016.

MAGURRAN, Anne E. *Medindo a diversidade biológica*. Curitiba: Editora UFPR, 2011.

- MESSIAS, Maria Cristina Teixeira Braga *et al.* Soil-vegetation relationship in quartzite and ferruginous Brazilian rocky outcrops. *Folia Geobotanica*, v. 48, n. 4, p. 509-521, 2013. DOI: 10.1007/s12224-013-9154-4.
- MIOLA, Denise Tatiane Bueno *et al.* Silent loss: Misapplication of an environmental law compromises conservation in a Brazilian biodiversity hotspot. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 17, n. 2, p. 84-89, 2019. DOI: 10.1016/j.pecon.2019.04.001.
- MITTERMEIER, Russel A. *et al.* *Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. México: Cemex & Agrupación Sierra Madre, 2004.
- MOURA, Iona'i Ossami de *et al.* Amostragem da vegetação em ambientes rochosos. In: FELFILI, J. M. *et al.* *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso*. Viçosa: Editora UFV, p. 255-294. 2011.
- NEUGARTEN, Rachel A. *et al.* *Tools for measuring, modelling, and valuing ecosystem services: Guidance for Key Biodiversity Areas, natural World Heritage Sites, and protected areas*. Gland/Switzerland: IUCN, 2018. 70p. OST, François. *A natureza à margem da lei: a Ecologia à prova do Direito*. Tradução Joana Chaves. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.
- PENA, João Carlos de Castro *et al.* Impacts of mining activities on the potential geographic distribution of eastern Brazil mountaintop endemic species. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 15, n. 3, p. 172-178, 2017. DOI: 10.1016/j.pecon.2017.07.005.
- PRIEUR, Michel. Princípio da proibição de retrocesso ambiental. In: SENADO FEDERAL DO BRASIL (ed.). *O princípio da proibição de retrocesso ambiental*. Brasília: Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle, 2011.
- RIZZINI, Carlos Toledo. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos*. São Paulo: Hucitec/USP, 1979.
- SALLES, Debora M.; CARMO, Flávio Fonseca do; JACOBI, Claudia Maria. Habitat Loss Challenges the Conservation of Endemic Plants in Mining-Targeted Brazilian Mountains. *Environmental Conservation*, v. 46, n. 2, p. 140-146, 2019. DOI: 10.1017/S0376892918000401.
- SCARANO, Fabio Rubio. Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. *Brazilian Journal of Botany*, v. 30, n. 4, p. 561-568, 2007. DOI: 10.1590/S0100-84042007000400002.
- SILVEIRA, Fernando A. O. *et al.* Vegetation misclassification compromises conservation of biodiversity and ecosystem services in Atlantic Forest ironstone outcrops. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 18, n. 4, p. 238-242, 2020. DOI: 10.1016/j.pecon.2020.10.001.
- TOMAS, Walfrido Moraes *et al.* *Análise dos conceitos de “mesma identidade ecológica”, “equivalência ecológica” e “offsetting” para compensação de Reserva Legal*. Documento 159. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2018.
- VASCONCELOS, Marcelo Ferreira. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil? *Rev. Bras. Bot.*, v. 34, n. 2, p. 241-246, 2011. DOI: 10.1590/S0100-84042011000200012.
- ZAPPI, Daniela C. *et al.* Plant biodiversity drivers in Brazilian Campos Rupestres: insights from phylogenetic structure. *Frontiers in plant science*, v. 8, p. 2141, 2017. DOI: 10.3389/fpls.2017.02141.

Recebido em: 19.08.2022

Aprovado em: 30.08.2022