



ANAIS do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Brasília-DF, 20-23 de Abril de 2022



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia (CBE) disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

PIMENTA, M.; AMBONI, M. P. M.; ALMEIDA, R. S.; FERNANDES, F. H. S.; RAÍCES, D. S. L.. Avaliação integrada da composição e sensibilidade dos componentes da biodiversidade aos impactos da mineração In: MOMOLI, R. S.; STUMP, C. F.; VIEIRA, J. D. G.; ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 36, 2022. Brasília. *Anais...* Campinas: SBE, 2022. p.553-559. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe_553-559.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA COMPOSIÇÃO E SENSIBILIDADE DOS COMPONENTES DA BIODIVERSIDADE AOS IMPACTOS DA MINERAÇÃO

INTEGRATED ASSESSMENT OF THE COMPOSITION AND SENSITIVITY OF BIODIVERSITY COMPONENTS TO MINING IMPACTS

Mayra PIMENTA (1); Mayra Pereira de Melo AMBONI (1); Renata Silva ALMEIDA (1); Fernando Hiago Souza FERNANDES (1); Daniel Santana Lorenzo RAÍCES (1);

(1) Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Contatos: coesp@icmbio.gov.br

Resumo

As atividades de exploração mineral são um dos principais vetores de ameaça à biodiversidade. Identificar quais os componentes dessa diversidade que são mais afetados pelos impactos da mineração e os seus níveis de sensibilidade é um passo crucial para proposição de estratégias efetivas de conservação. Neste trabalho mostramos o esforço realizado pelo ICMBio, no âmbito do Plano de Redução de Impactos da mineração sobre a biodiversidade e o patrimônio espeleológico - PRIM Mineração, para estabelecer os alvos da fauna sensíveis à mineração e o seu nível de sensibilidade a cada um dos seus principais impactos: perda, fragmentação e degradação de habitat. O levantamento foi feito a partir de uma pré-seleção de espécies seguindo critérios objetivos. A lista de espécies pré-selecionadas foi submetida à avaliação da sensibilidade aos impactos por pesquisadores dos Centros Nacionais de Pesquisa e especialistas de diferentes universidades, órgãos e instituições de pesquisa. O método delphi foi aplicado para definição da lista final e do grau de sensibilidade. Os resultados apresentam 704 espécies da fauna destacadas como sensíveis aos impactos crônicos da mineração, sendo 211 extremamente sensíveis. Das 70 famílias distribuídas nos diversos grupos da fauna, 36 tiveram pelo menos uma espécie elencada como extremamente sensível. Foi a primeira vez que o método Delphi foi aplicado no processo de seletividade das espécies no âmbito do PRIM. Consideramos que o processo foi um pouco moroso, devido ao tempo despendido entre uma rodada de formulários e outra ou até se obter o consenso. No entanto o método facilitou a comunicação e a discussão entre especialistas, e possibilitou consultar um número expressivo de colaboradores, garantindo robustez ao processo.

Palavras-Chave: Biodiversidade; impacto ambiental; espécies ameaçadas, método delphi

Abstract

Mineral exploration is one of the main threats to biodiversity. Identifying different levels of species sensitivity is a crucial step towards proposing effective conservation strategies. In this paper we show the effort made by ICMBio, within the scope of the Plano de Redução de Impactos da Mineração sobre a biodiversidade e o patrimônio espeleológico - PRIM Mineração, to establish the targets of fauna sensitive to mining and its level of sensitivity to each of its main impacts: loss, fragmentation and degradation of habitat. The survey was carried out from a pre-selection of species following objective criteria. The list of pre-selected species was submitted to impact sensitivity assessment by researchers from the National Research Centers and specialists from different universities, agencies and research institutions. The delphi method was applied to define the final list and the degree of sensitivity. The results show 704 species of fauna highlighted as sensitive to the chronic impacts of mining, 211 of which are extremely sensitive. Of the 70 families distributed in the different faunal groups, 36 had at least one species listed as extremely sensitive. It was the first time that the Delphi method was applied in the species selectivity process in PRIM scope. We believe that the process was a little slow, due to the time spent between one round of forms and another, or until consensus was reached. However, the method facilitated communication and discussion among experts, and made it possible to consult a significant number of collaborators, ensuring robustness to the process.

Keywords: Biodiversity; environmental impact; endangered species, delphi method

1. INTRODUÇÃO

Ambientes cársticos, aos quais se sobrepõem ao patrimônio espeleológico brasileiro, são vulneráveis a problemas ambientais decorrentes de atividades antrópicas como a mineração, que impacta negativamente diferentes componentes da biodiversidade: fauna, flora, habitats singulares e serviços ecossistêmicos. A correta identificação de quais são os componentes impactados e o seu nível de sensibilidade é um passo crucial para proposição de estratégias efetivas de redução de impactos sobre a biodiversidade e sobre o patrimônio espeleológico. Este esforço está sendo conduzido pela Coordenação de Ações Integradas para Conservação da Biodiversidade (COESP/ICMBio), no âmbito do Plano de Redução de Impactos da mineração sobre a biodiversidade e o patrimônio espeleológico - PRIM Mineração. O referido instrumento visa propor alternativas de conciliação entre a proteção do meio ambiente e o desenvolvimento desta atividade socioeconômica para apoiar os processos decisórios e a gestão territorial e subsidiar as diferentes etapas do licenciamento ambiental.

Os PRIMs se baseiam na hierarquia da mitigação para propor estratégias que visem evitar, mitigar e compensar impactos e que resultem na não extinção de componentes da biodiversidade (ICMBio 2018a). A construção de uma ferramenta complexa e com robustez metodológica conta com a colaboração de diferentes órgãos e instituições públicas e suporte técnico de pesquisadores em biologia da conservação e ecologia de paisagens de todo o Brasil. O PRIM auxilia na tomada de decisão para o planejamento ambiental e territorial ao propor alternativas de compatibilização entre a conservação e a ampliação de atividades socioeconômicas, tornando o licenciamento ambiental mais ágil, menos oneroso, mais sustentável e efetivo para a conservação da biodiversidade.

Uma das etapas na elaboração do PRIM é a seleção de alvos de conservação, ou seja, espécies da fauna, flora ou outros componentes da biodiversidade que são sensíveis a tipologia estudada e que potencialmente pode se tornar uma ameaça para sobrevivência/manutenção do componente da biodiversidade. Estes componentes são chamados de alvos de conservação e possuem valor intrínseco de sensibilidade biológica, relacionado a sua capacidade de resistência e resiliência frente aos impactos negativos de uma ameaça. A capacidade adaptativa de um alvo sensível às pressões do ambiente determinará a sua manutenção ou o seu declínio: quanto menor a resistência ou a resiliência a um impacto, maior a

sensibilidade. E quanto maior a exposição aos impactos e menor a capacidade adaptativa dos alvos de conservação em uma determinada área, mais vulneráveis estarão à extinção. Assim, refinar o número de espécies, habitats singulares e serviços ecossistêmicos na análise, retirando alvos que sejam tolerantes aos impactos da mineração, isto é, de sensibilidade nula, garante que sejam eliminados alvos que potencialmente viesariam a priorização de esforços de conservação e que alvos com maior sensibilidade sejam melhor contemplados com medidas protecionistas mais específicas.

Neste contexto, figura-se como objetivo deste trabalho apresentar uma proposta metodológica para execução da avaliação integrada de sensibilidade dos componentes da biodiversidade aos impactos da mineração. Aqui é apresentada a estrutura deste processo de avaliação, construído de forma participativa e consensual, com a finalidade de definir e refinar a lista de alvos de conservação e suas respectivas sensibilidades, assim como compartilhar os principais resultados de sua aplicação durante a elaboração do PRIM Mineração.

2. METODOLOGIA

2.1 Definição da lista potencial de alvos de conservação da fauna

Para seleção de alvos de conservação foram estabelecidos critérios objetivos considerando informações relacionadas aos requisitos ecológicos e biológicos dos alvos, a extensão de sua distribuição e capacidade de manutenção populacional diante da exploração mineral (Tabela 1). Para estimar a redução da área de distribuição foram consideradas a extensão de ocorrência estimada para as espécies realizadas nas Avaliações Nacionais de Risco de extinção (ICMBio 2018b) e dela deduzidas as áreas dos polígonos de mineração autorizados e planejados, assumindo-se que toda a área por eles limitada estão ou estarão sujeitas aos impactos diretos de perda, fragmentação ou degradação do habitat pela mineração. As espécies foram então selecionadas nos casos em que essa dedução representasse uma perda da área de distribuição da espécie suficiente para que houvesse uma mudança na categoria do risco de extinção. Além disso, foram elencadas como alvos de conservação espécies troglóbias, habitats singulares e serviços ecossistêmicos potencialmente afetados de acordo com a indicação de especialistas e pesquisadores dos Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação - ICMBio, Universidades e Institutos de pesquisas.

Tabela 1. Critérios de seleção de espécies da fauna potencialmente vulneráveis aos impactos crônicos e agudos da mineração.

Critérios de seleção de alvos de conservação
Espécies ameaçadas de extinção com indicação explícita de mineração como ameaça no Livro Vermelho (ICMBio 2018b) ou base de dados do processo de avaliação da fauna
Espécies troglóbias, troglomórficas ou troglóxenos obrigatórios (tendo como referência a lista preliminar do PAN Cavernas do Brasil)
Espécies ameaçadas de extinção categorizadas como “Críticamente em Perigo” cuja distribuição se sobrepõe à área de estudo do PRIM Mineração
Espécies ameaçadas de extinção categorizadas como Vulnerável cuja extensão de ocorrência (EOO), excluindo a porção sobreposta com a área de estudo do PRIM Mineração, for entre 100 km ² e 5.000 km ² , o que poderia levar a espécie a ser classificada como “Em Perigo” (EN), assumindo que toda a área de sobreposição pode se tornar inviável para a conservação da espécie.
Espécies ameaçadas de extinção categorizadas como Vulnerável ou Em Perigo cuja extensão de sua ocorrência (EOO), excluindo a porção sobreposta com a área de estudo do PRIM Mineração, for menor que 100 km ² , o que poderia levar a espécie a ser classificada como CR, assumindo que toda a área de sobreposição pode se tornar inviável para a conservação da espécie.

2.2 Estimativa de sensibilidade dos alvos de conservação da fauna

Os alvos de conservação que atenderam aos critérios de seleção preliminar foram submetidos a avaliação de especialistas para estimativa da sensibilidade destes frente aos impactos crônicos da mineração, isto é, aqueles que são inerentes da atividade (fragmentação, a perda, a degradação de habitats) e os impactos agudos, decorrentes do rompimento de barragens de contenção de rejeitos. Para consulta foram aplicados questionários virtuais e adotado o método Delphi, uma técnica utilizada para encontrar consenso fundamentado entre um grupo de especialistas em relação a um determinado assunto ou problema. Consiste na aplicação de um conjunto de questionários respondidos, de maneira sequencial, individualmente pelos participantes, com informações resumidas sobre as respostas do grupo aos questionários anteriores, de modo a se estabelecer uma espécie de diálogo entre os participantes e, gradualmente, ir construindo uma resposta coletiva (HASSON et al. 2000). O método reúne característica que o define e o distingue de outras técnicas sendo estas: i) anonimato; ii) feedback das contribuições individuais; iii)

construção e apresentação da resposta do grupo como um todo; iv) possibilidade de revisão e alteração das respostas. Esse processo é repetido até se atingir um consenso (Figura 1).

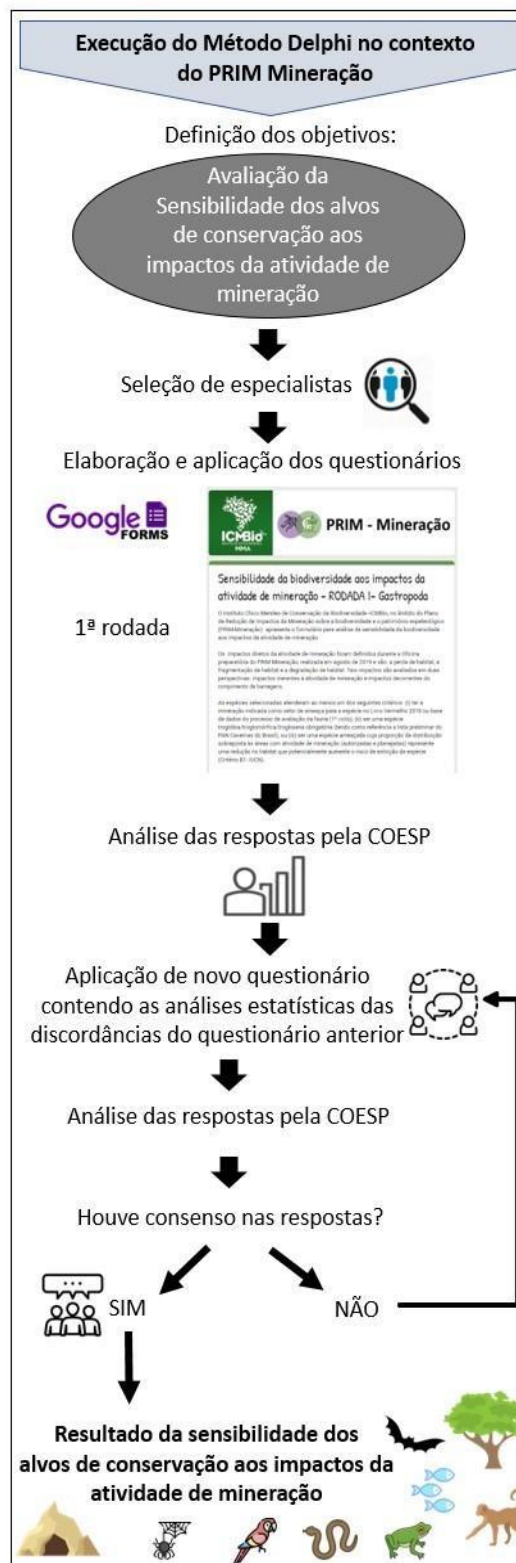


Figura 1. Execução do método Delphi no contexto do PRIM Mineração.

2.3 Definição da lista e estimativa de sensibilidade dos alvos de conservação da flora

O Centro Nacional de Conservação da Flora (CNC Flora) foi responsável por selecionar a lista de espécies de plantas sensíveis aos impactos da mineração. Para a análise o Centro considerou: a categoria do risco de extinção das espécies, endemismos a nível nacional, forma de vida, tipo de substrato habitado e síndrome de dispersão das espécies como características relevantes para as avaliações. Foram avaliadas também a capacidade adaptativa das espécies, contempladas nas variáveis: plasticidade fenotípica e capacidade de dispersão reprodutiva (CNC Flora, 2020).

3. RESULTADOS

3.1 Avaliação integrada da sensibilidade para os alvos de conservação da fauna e flora

Para avaliação integrada das espécies pré-selecionadas foram elaborados 55 formulários, enviados para 12 Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação vinculados ao ICMBio (CNPc) e ao CNC FLORA/JBR, de acordo com a referência de cada centro. As espécies de alguns grupos foram separadas pelo habitat que ocupam (eg. cavernas, ambiente terrestre ou marinho) e pela sua área de distribuição (eg. peixes amazônicos, peixes marinhos etc.).

Para estabelecer os níveis de sensibilidade das espécies da fauna foram consultados 92 colaboradores provenientes dos CNPCs e diversas instituições de ensino e pesquisa. Durante o processo de consulta, algumas espécies da lista preliminar foram excluídas e outras incluídas, nos casos em que a sensibilidade era nula ou mediante justificativa técnica. Cerca de 61,8% dos formulários foram consensuais em sua primeira rodada, 29,1% precisaram de duas rodadas, 7,3% de três rodadas e apenas 1,8% foram necessárias quatro rodadas até se obter o consenso.

Diante de discordâncias no grau de sensibilidade das espécies, eram disponibilizadas as justificativas de cada colaborador para que fossem apresentadas as diferentes opiniões. Dessa forma cada colaborador pôde comparar suas respostas com as do grupo, argumentar e defender sua posição, ou até mesmo, reconsiderar sua resposta e concordar com outros colaboradores.

3.2 Fauna e flora sensíveis aos impactos diretos da mineração

Foram destacadas para esta análise as espécies sensíveis aos impactos crônicos, inerentes às atividades de mineração. No processo de avaliação integrada dos componentes da biodiversidade sensíveis foram identificadas 704 espécies da fauna e 1.249 da flora sensíveis aos impactos crônicos de perda, fragmentação e degradação de habitats associadas às atividades autorizadas de mineração.

A grande maioria das espécies consideradas sensíveis está classificada como ameaçada de extinção (categorias: Criticamente em Perigo – CR, Em Perigo – EN, ou Vulnerável – VU). Uma pequena parcela das espécies da fauna, cerca de 5%, está classificada como Menos Preocupante – LC, ou Quase Ameaçada – NT ou que possuem Dados Insuficientes – DD. Para as espécies da Flora, cerca de 2,5% não passaram pelo processo de avaliação, o restante se enquadra em alguma das categorias de ameaça. Dentre as espécies sensíveis, 122 são cavernícolas, onde 93% possuem algum grau de ameaça, sendo 48% CR, 24% EN e 21% VU (Figura 2).

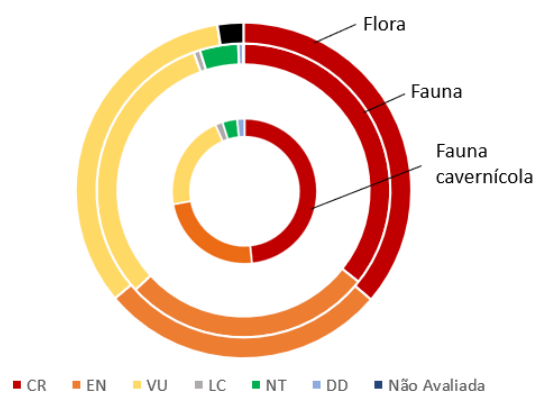


Figura 2. Distribuição das espécies da flora e fauna (com destaque para as espécies cavernícolas) sensíveis aos impactos provenientes da mineração em relação ao grau de ameaça: Criticamente Ameaçada (CR), Em Perigo de Extinção (EN), Vulnerável (VU) ou Quase Ameaçada (NT).

Das 704 espécies de Fauna, 211 foram elencadas pelos colaboradores como sendo extremamente sensíveis aos impactos crônicos de atividades de mineração, ou seja, apresentam alta suscetibilidade à perda, fragmentação e degradação de habitat provenientes das atividades de mineração. Das 70 famílias distribuídas nos diversos grupos, 36 tiveram pelo menos uma espécie elencada como

extremamente sensível (Tabela 2). Dentre as 122 espécies cavernícolas, 35 foram elencadas como extremamente sensíveis aos impactos crônicos da mineração, sendo 4 espécies de morcegos (*Lonchophylla bokermanni*, *L. dekeyseri*, *L. aurita* e *Natalus macrourus*) e 31 espécies de invertebrados. Todas as 19 espécies troglóbias foram consideradas sensíveis, sendo dois coleópteros elencadas como extremamente sensíveis (*Coarazuphium pains* e *Schizogenius ocellatus*).

Tabela 2. Percentual de espécies em cada Ordem, considerando o total (N) de espécies consideradas sensíveis, com alta sensibilidade à perda, fragmentação e degradação de habitat

Grupo	Ordem	N	Percentual
Mamíferos	Artiodactyla	1	100,0%
Aves	Columbiformes	2	100,0%
Mamíferos	Didelphimorphia	2	100,0%
Invertebrados	Entomobryomorpha	1	100,0%
Invertebrados	Glomeridesmida	1	100,0%
Invertebrados	Gymnomorpha	1	100,0%
Peixes	Myliobatiformes	3	100,0%
Peixes	Pleuronectiformes	1	100,0%
Mamíferos	Chiroptera	5	80,0%
Répteis	Squamata	43	74,4%
Mamíferos	Rodentia	15	73,3%
Invertebrados	Pulmonata	7	71,4%
Invertebrados	Stylommatophora	3	66,7%
Peixes	Cyprinodontiformes	107	54,2%
Invertebrados	Coleoptera	25	52,0%
Invertebrados	Caenogastropoda	2	50,0%
Mamíferos	Cetacea	4	50,0%
Aves	Cuculiformes	2	50,0%
Invertebrados	Collembola	11	45,5%
Invertebrados	Palpigradi	11	45,5%
Invertebrados	Isopoda	7	42,9%
Invertebrados	Spirostreptida	5	40,0%
Anfíbios	Anura	23	34,8%
Invertebrados	Hemiptera	3	33,3%
Invertebrados	Amplypygi	8	25,0%
Invertebrados	Euonychophora	4	25,0%
Peixes	Siluriformes	77	23,4%
Peixes	Gymnotiformes	15	20,0%
Peixes	Characiformes	37	18,9%
Invertebrados	Araneae	22	18,2%
Aves	Galliformes	6	16,7%
Invertebrados	Polydesmida	7	14,3%
Invertebrados	Amphipoda	9	11,1%
Invertebrados	Ephemeroptera	9	11,1%
Invertebrados	Lepidoptera	44	9,1%
Aves	Passeriformes	59	5,1%

Para os grandes grupos da fauna, observa-se que os répteis foram o que apresentaram maior proporção de espécies extremamente sensíveis. Já em termos de número, os peixes representam o grupo com maior nível de sensibilidade (Figura 3).

Ao analisarmos o resultado de forma isolada de cada impacto, verificamos que os répteis têm

sensibilidade alta em cada um dos impactos. Já os mamíferos apresentam maior sensibilidade à perda de habitat (Figura 4).

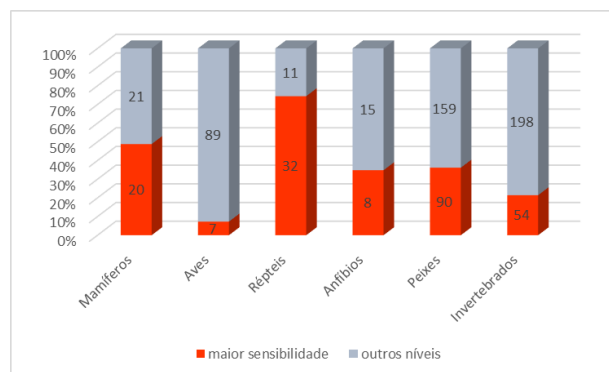


Figura 3. Número de espécies altamente sensíveis aos três impactos (perda, fragmentação e degradação) em cada um dos grupos da fauna.

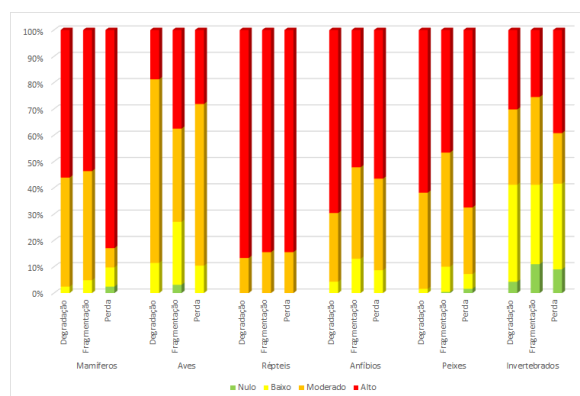


Figura 4. Distribuição do nível de sensibilidade (nula, baixa, moderada ou alta) à cada um dos impactos nos grupos da fauna sensível.

A proporção das espécies sensíveis em relação ao total de espécies descritas para cada um dos grandes grupos não ultrapassa 10% (Figura 5). No entanto, quando consideramos o percentual das espécies classificadas como ameaçadas de extinção (CR, EN ou VU) elencadas como sensíveis à mineração, cerca de 32% das espécies de mamíferos foram considerados sensíveis. Este grupo obteve a menor representação, devido a sua capacidade adaptativa ser maior. Os mamíferos foram seguidos das aves, répteis, anfíbios, peixes. Os invertebrados foi o grupo que teve maior representatividade das espécies ameaçadas, com cerca de 82% elencados como alvos sensíveis aos impactos provenientes de atividade mineradora.

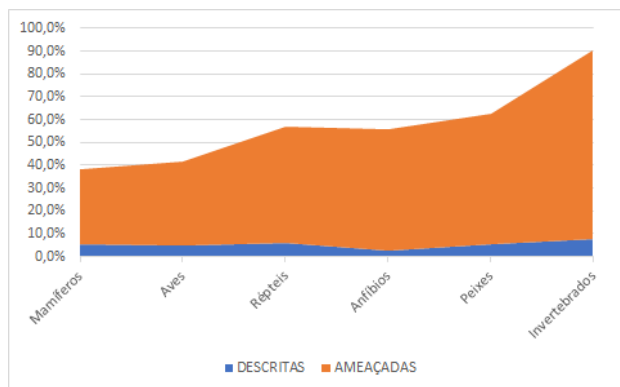


Figura 5. Proporção de alvos da fauna sensível aos impactos de atividades provenientes da mineração em relação ao total de espécies descritas para o grupo e ao total de espécies ameaçadas.

Observa-se que em todos os grupos as espécies descritas, majoritariamente, são classificadas como Menos Preocupante (LC). No entanto, quando consideradas as espécies sensíveis, apenas as ameaçadas ou quase ameaçadas foram incluídas nas análises (Figura 6).

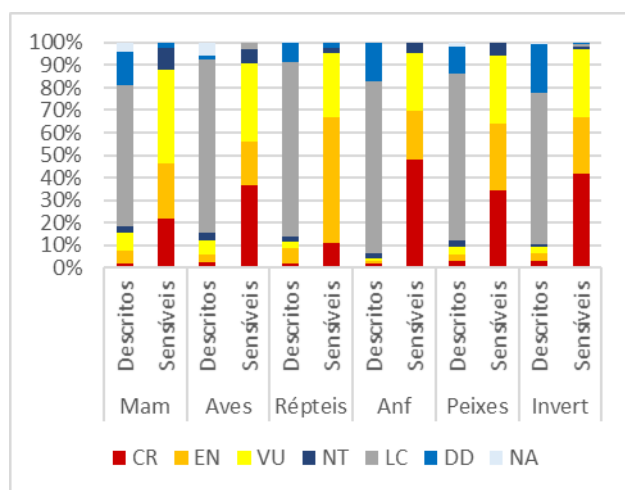


Figura 6. Proporção das espécies descritas e sensíveis de cada um dos grandes grupos da fauna em relação à categoria de ameaça, sendo: Criticamente Ameaçada (CR), Em Perigo (EN), Vulnerável (VU), Quase Ameaçada (NT), Menos Preocupante (LC), Dados Insuficientes (DD) ou Não se Aplica (NA).

4. CONCLUSÕES

A COESP já realizou outros levantamentos a respeito da sensibilidade das espécies, no entanto, essa foi a primeira vez que uma avaliação integrada e sistematizada foi realizada, com destaque para a inovação trazida pela aplicação do método Delphi.

A aplicação e reaplicação dos formulários resultou em um processo lento, porém com a robustez necessária para o devido mapeamento da sensibilidade da biodiversidade aos impactos provenientes da mineração.

De forma geral, o método propicia a discussão, no anonimato, permitindo que muitos colaboradores pudessem opinar, sem que o peso da palavra do “maior especialista” no assunto se sobressaísse aos demais. A utilização do método Delphi permite a consulta de especialistas espalhados geograficamente e de forma remota, o que torna o processo menos oneroso.

O Método Delphi ainda é pouco utilizado nos estudos de Conservação (MUKHERJEE ET AL 2015), porém muito útil para situações como as do PRIM-Mineração que envolve vários entes, pesquisadores e instituições. Foi a primeira vez que o método para construção de sensibilidade das espécies contou com esse número expressivo de colaboradores. Tamaña colaboração resulta numa seleção de espécies mais restrita, fortalecendo a confiabilidade do instrumento PRIM-Mineração para apoiar os processos decisórios em etapas do licenciamento ambiental. Uma avaliação integrada que reúna critérios objetivos, informações espaciais e o conhecimento dos especialistas contribuirá para o refinamento do processo de seleção de espécies como alvos de conservação e para a proposição de medidas mitigadoras de impactos apropriadas, bem como direcionar os processos e recursos para a conservação da biodiversidade, contemplando assim, não somente componentes da fauna e flora, como também os ambientes singulares presentes nas regiões cársticas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os Centros Nacionais de Pesquisa do ICMBio (CBC, CECAV, CEMAVE, CENAP, CEPAM, CEPENE, CEPNOR, CEPsul, CEPTA, CMA, CPB, RAN) que se envolveram e participaram da análise de sensibilidade das espécies frente aos impactos da mineração. Ao CNC Flora, por realizar a seleção dos alvos da Flora e estimar a sensibilidade de cada uma das espécies. Agradecemos ao CNPq e à GERDAU pelas bolsas de pesquisa concedidas. Nosso agradecimento também a todos os especialistas que contribuíram para a avaliação integrada da sensibilidade da biodiversidade frente aos impactos de mineração.

REFERÊNCIAS

- CNC Flora. Avaliação de sensibilidade aos impactos da mineração dos alvos de conservação pré-selecionados - Núcleo Planejamento de Ações de Conservação - NuPAC/CNCFlora/JBRJ. Documento Técnico. Rio de Janeiro, 2020
- HASSON, F. KEENEY, S. & MCKENNA, H. Research guidelines for the Delphi Survey Technique. **Journal of Advanced Nursing**, 32(4), 1008-1015, 2000.
- ICMBIO, I. C. M. DE C. DA B. **PRIM - Plano de redução de impactos à biodiversidade**. 1º ed. Brasília, DF: ICMBio, 2018a.
- ICMBIO. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. 2018b.
- MUKHERJEE, N. ET AL. The Delphi technique in ecology and biological conservation: applications and guidelines, 6, 1097-1109, 2015.