

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Genética, Ecologia e Evolução
Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre

Matteus Carvalho Ferreira

**Impactos da paisagem na saúde humana e investimentos em unidades de conservação:
contribuições para políticas públicas**

Belo Horizonte

2020

Matteus Carvalho Ferreira

**Impactos da paisagem na saúde humana e investimentos em unidades de conservação:
contribuições para políticas públicas**

Versão final

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Henrique
Guimarães Rodrigues

Belo Horizonte

2020

043 Ferreira, Matteus Carvalho.

Impactos da paisagem na saúde humana e investimentos em unidades de conservação: contribuições para políticas públicas [manuscrito] / Matteus Carvalho Ferreira. – 2020.

65 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Henrique Guimarães Rodrigues.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre.

1. Ecologia. 2. Biodiversidade - Conservação. 3. Saúde Pública. 4. Legislação Ambiental. 5. Áreas Protegidas. I. Rodrigues, Flávio Henrique Guimarães. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 502.7

UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre
Instituto de Ciências Biológicas – UFMG Campus Pampulha
Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Cep 31270-901, Belo Horizonte – MG
Telefone: (31) 3409 2569
E-mail: ecmys@icb.ufmg.br – web site: www.ufmg.br/pos/ecologia



Dissertação defendida em 19 de fevereiro de 2020 e aprovada pela banca examinadora constituída pelos membros:

Doutor(a) Flávio Fonseca do Carmo

Doutor(a) Apolo Heringer Lisboa

Doutor(a) Flávio Henrique Guimarães Rodrigues
(Presidente da Banca)

Movimentos guardam essências do equilíbrio...

Fluindo por caminhos vibrantes, a existência sussura e cintila

Segredos passageiros de momentos infinitos.

Cantando histórias em cada novo instante

entre remansos e corredeiras, a natureza continua dançando

Gratidão

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas, instituições e lugares contribuíram para que esta dissertação pudesse ser realizada. Foi um trabalho multidisciplinar e, como tal, não poderia ter sido realizado sem parcerias e muitas conversas com diferentes atores. À todas e todos que de alguma forma estiveram presentes em minha vida nos últimos dois anos, meu muito obrigado.

Antes de agradecer individualmente esses atores, devo em primeiro lugar agradecer a minha família, em especial minha mãe e meu pai. Sempre presentes nos últimos 27 anos, abdicaram de muitos sonhos para me possibilitar viver uma vida espetacular e chegar até aqui. Não há palavras que possam expressar tamanha gratidão por todo o amor e apoio que recebi, mas tenho uma vida para retribuir e honrar cada segundo dedicado a mim.

Este trabalho não teria sido possível sem a orientação de um grande amigo. Ao Flávio, meus eternos agradecimentos por todo o incentivo, discussões, correções e liberdade para realizarmos uma ideia inovadora e fora de nossa zona de conforto. Sempre presente, acreditou em planos mirabolantes e meio doidos, mesmo quando pareciam que não iam funcionar. Agradeço também por ter me possibilitado conhecer e vivenciar um lugar verdadeiramente mágico, o Parque Nacional das Emas.

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e a todos os contribuintes de nossa espetacular MG, pela bolsa de mestrado que me possibilitou trabalhar ativamente como pesquisador, meu muitíssimo obrigado. À CAPES pelo contínuo apoio à Pós-Graduação apesar de todas as adversidades, muito obrigado. Irei retribuir cada centavo investido em mim, buscando melhorias de políticas públicas e o fortalecimento da pesquisa, inovação científica e tecnológica. Os artigos aqui escritos serão apenas o começo. Há muita luta pela frente.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Instituto de Ciências Biológicas, gratidão guardada em memórias fraternas. Vocês serão sempre minha casa e por vocês, lutarei sempre. Viver tantos anos nestes ambientes férteis e diversos me tornaram uma pessoa muito mais consciente e atenta a meus deveres e responsabilidades enquanto cidadão e cientista. Sou privilegiado.

À ECMVS (Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) e a todos os colegas e amigos dos últimos anos, meu muito obrigado pela convivência e oportunidades. Cresci e

aprendi muito mais do que havia imaginado. Se sou um pesquisador e profissional melhor hoje, é graças a vocês. Aos amigos do MAMECO e da Villa Parentoni, peço desculpas pelas reduções de produtividade e agradeço por todo o carinho, amizade e auxílio nos últimos anos. Fred e Adriano, obrigado por receberem tão bem, este “intruso/cidadão honorário” na Villa nos últimos anos e pelos diversos conselhos e discussões sobre o projeto. Também não posso deixar de agradecer ao Pedro Giovani e especialmente ao Rodrigo Massara, pelos inestimáveis auxílios estatísticos. Ao Rodrigo, também gostaria de agradecer todas as revisões dos artigos e discussões de projeto que foram verdadeiramente fundamentais. Ao Lelê, pela amizade e constantes discussões ao longo do projeto e envio de referências sempre precisas e importantes, meus agradecimentos sinceros. À Dodora e ao Quelé, muito obrigado pela amizade e pela orientação nos capítulos das Unidades de Conservação e no de Impactos na Saúde Pública, respectivamente. Ao amigo Marcelo, obrigado pela reciclagem no geoprocessamento e por sempre me receber na Cidade Administrativa, bons orientadores realmente são para a vida inteira. Aos grandes amigos José Cláudio e Cíntia, muito obrigado pelas experiências em políticas públicas e legislação ambiental e pelas produtivas conversas ao longo dos últimos anos. Trabalhar com conservação demanda parcerias e visões que vão além da ecologia, ancorando-se em aspectos humanos que sem todos vocês, não teriam sido possíveis.

Aos grandes amigos, Perillo e Manjuba, obrigado pelos constantes auxílios, discussões e inspirações para o projeto. Vocês são grandes profissionais e exemplos a serem seguidos. Igualmente inspiradores, gostaria de agradecer à Bocaina e ao Instituto Prístino, pela capacitação e pelos serviços prestados em pró da conservação em nossa Minas Gerais. Ao Sistema Único de Saúde (SUS) por ser uma referência mundial e possuir um banco de dados público e de fácil acesso sem o qual o presente trabalho jamais poderia ter sido realizado.

À Alexandra Elbakyan, pela coragem para enfrentar o sistema e remover barreiras que impediam o acesso de milhões de pessoas ao redor do mundo ao conhecimento científico, você é revolucionária. A todos os cientistas que avançaram um pouco mais o conhecimento humano e nos trouxeram até aqui, muito obrigado.

À Natureza, gratidão eterna pela motivação e inspiração de vida. Lutarei sempre por você. Em especial, gostaria de agradecer a quatro lugares que foram bem importantes nos últimos anos: REVS Libélulas da Serra de São José, Parque Estadual do Rio Preto, Parque Estadual do Rio Doce e Parque Nacional das Emas. Obrigado por me resgatarem quando mais precisei e por sempre me lembrarem do que é importante. Desistir não é uma opção.

“few people will protect the natural world if they don’t first love and understand it” Sir David Attenborough, 2019.

RESUMO

O desenvolvimento humano ocasiona drásticas alterações da paisagem, gerando perdas de serviços ecossistêmicos e impactos para a saúde humana, além de comprometer a conservação da biodiversidade. O principal objetivo dessa dissertação é avaliar os benefícios da natureza para a saúde mental e respiratória das pessoas, assim como o impacto de alterações da paisagem gerados pela urbanização e mineração, na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais (MG). Além disso, comparar o valor desses benefícios com os investimentos do governo federal nas unidades de conservação (UC's) de MG. Atividades minerárias estão associadas a maiores taxas de internação por doenças respiratórias, enquanto florestas urbanas reduzem estas taxas para determinados segmentos da população. A urbanização também parece contribuir para menores taxas de internação por doenças respiratórias, o que poderia estar associado ao maior acesso a medidas profiláticas. Apesar disso, municípios com maior urbanização apresentaram maiores taxas de internação por transtornos mentais e comportamentais. Já para avaliar como governo federal brasileiro tem historicamente investido recursos financeiros nas UCs, nosso melhor instrumento para a conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos, obtivemos dados orçamentários do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade para cada uma das UCs federais de MG entre 2008 e 2019. Constatamos redução drástica no orçamento federal de 2019 destinado para essas UCs, da ordem de 73% em relação a 2018. Os valores de investimento anual encontrados para 2019 (R\$ 0.33/ha - UC's de Uso Sustentável e R\$ 4.71/ha - UC's de Proteção Integral) são, respectivamente, 370 e 26 vezes menor do que a contribuição das florestas urbanas para a saúde respiratória da população, valorada no presente trabalho em R\$ 123/ha. É importante a criação de um Instrumento Normativo que obrigue a realização de Estudos de Passivos Ambientais no início do processo de Licenciamento Ambiental, contabilizando os benefícios da natureza e a depreciação do capital natural nas análises de custo-benefício para a tomada de decisão sobre a realização ou não dos empreendimentos.

Palavras-chave: Conservação da Biodiversidade. Saúde Pública. Economia Ecológica. Desenvolvimento Territorial. Legislação Ambiental. Serviços Ecossistêmicos. Áreas Protegidas.

ABSTRACT

Human development causes drastic landscape changes, generating loss of ecosystem services and impacts on human health, compromising the conservation of biodiversity. The main objective of this dissertation is to evaluate the nature's contributions to people's mental and respiratory health, as well as the impact of landscape changes caused by urbanization and mining, in the region of Iron Quadrangle, Minas Gerais (MG). In addition, comparing the value of these benefits with federal government investments in Protected Areas (PAs) in MG. Mining activities were associated with higher rates of hospitalization for respiratory diseases, while urban forests reduced these rates for certain segments of the population. Urbanization also seems to contribute to lower hospitalization rates for respiratory diseases, which could be associated with greater access to prophylactic measures. However, municipalities with greater urbanization had higher hospitalization rates for mental and behavioral disorders. In order to assess how the Brazilian federal government has historically invested funds in PAs, our best instrument for biodiversity and ecosystem services conservation, we obtained budget data between 2008 and 2019 from the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) for each of the federal PAs of MG State. We observed a drastic reduction in the federal budget of 2019 for these PAs, of around 73% compared to 2018. The annual investment values found for 2019 (R\$ 0.33/ha - Sustainable Use PAs and R\$ 4.71/ha - Strict Protection PAs) are, respectively, 370 and 26 times lower than the contribution of urban forests to the respiratory health of the population, valued in the present study in R\$ 123/ha. In order to account for the benefits of nature and the depreciation of natural capital in cost-benefit analyzes for decision-making on whether or not to undertake the venture, it is important to create a Regulatory Instrument that requires Environmental Liability Studies to be undertaken at the beginning of the Environmental Licensing process.

Keywords: Biodiversity Conservation. Public Health. Ecological Economics. Territorial Development. Environmental Legislation. Ecosystem Services. Protected Areas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
Referências Bibliográficas	15
CAPÍTULO 1 - Influência de paisagens naturais e antrópicas na saúde mental e respiratória do ser humano em uma das maiores províncias minerárias do mundo	19
Introdução	20
Materiais e Métodos	22
Resultados	28
Discussão	32
Conclusão	38
Recomendações de ações e políticas públicas	39
Referências Bibliográficas	41
CAPÍTULO 2 - Colapso das unidades de conservação federais do Brasil: o exemplo do Estado de Minas Gerais	48
Introdução	49
Métodos	50
Resultados e discussão	52
Referências Bibliográficas	57
Material Suplementar	60
Anexos	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
Referências Bibliográficas	65

INTRODUÇÃO GERAL

O *Homo sapiens* surgiu há aproximadamente 300 mil anos na África (Hublin et al., 2017). Nesse curto período ocupamos quase todos os ambientes do planeta. Subimos as montanhas mais altas e descemos até os mares mais profundos. Modificamos territórios e paisagens, construindo cidades e civilizações. Criamos línguas e comportamentos complexos. Diversas culturas surgiram, cresceram e desapareceram ao longo do tempo. Descobrimos na ciência uma forma de avançar milênios em décadas em todas as áreas. Criamos tecnologias que nos possibilitaram conhecer outros mundos, investigando o universo e a origem da vida. Nos tornamos bilhões.

Apesar destas incríveis conquistas, estamos enfrentando uma grave crise global da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, decorrente de impactos da mudança do uso do solo, exploração direta da biodiversidade e mudanças climáticas, que devem se agravar nas próximas décadas (Díaz et al., 2019). Alteramos tanto os ambientes naturais que marcamos na geologia do planeta uma nova época geológica, o Antropoceno (Steffen et al., 2007; Waters et al., 2016). Ações humanas já alteraram 75% dos ambientes terrestres e 66% dos ambientes marinhos, sendo que 1/3 das terras do planeta e 75% da água doce são destinados para o agronegócio (Díaz et al., 2019). A maioria das populações de espécies nativas terrestres apresentaram pelo menos 20% de redução desde 1900, sendo que mais de 40% dos anfíbios, 33% dos recifes de corais e 1/3 dos mamíferos marinhos estão ameaçados (Díaz et al., 2019). Hoje temos uma estimativa de 1 milhão de espécies ameaçadas de extinção, sendo que alterações no uso do solo e mar, pressões de caça e pesca, mudanças climáticas, poluição e espécies invasoras são os principais fatores responsáveis (Díaz et al., 2019). A valoração de alguns serviços ecossistêmicos, evidenciaram impactos negativos econômicos da ordem de trilhões (4.3 - 20.2) de dólares por ano (Costanza et al., 2014) que não são adequadamente internalizados na economia. A degradação da terra reduziu a produtividade de 23% da superfície global, enquanto somente a perda de polinizadores ameaça US\$ 577 bilhões em produções agrícolas anuais e a degradação dos habitats costeiros ameaça à segurança de 100-300 milhões de pessoas devido a enchentes e furacões (Díaz et al., 2019).

Estamos vivendo uma emergência climática, apesar de décadas de avisos e estudos científicos indicarem que estávamos nos aproximando do abismo (Ripple et al., 2019). Em

apenas 16 anos, a população humana cresceu 23%, a pegada ecológica 9% e a economia mundial 153%, as pressões antrópicas estão se intensificando rapidamente em regiões com alta biodiversidade à medida que países subdesenvolvidos e em desenvolvimento começam a explorar mais seus recursos naturais (Venter et al., 2016). A redução dos benefícios da natureza verificada nos últimos anos ocorreu em regiões onde eles são mais necessários e os impactos dessa perda serão especialmente mais graves para as populações mais carentes (Balvanera, 2019; Chaplin-Kramer et al., 2019).

Nossos recursos naturais são finitos. Temos que adequar o atual modelo de desenvolvimento para que considere serviços ecossistêmicos e todas as externalidades geradas nos processos das cadeias produtivas, objetivando um desenvolvimento sustentável a longo prazo, respeitando os limiares naturais (Costanza et al., 2017; Steffen et al., 2015; Wiedmann et al., 2015). Atualmente, três importantes tratados/acordos internacionais se destacam: as Metas de Aichi para a Conservação da Biodiversidade, o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas. Apenas 4 das 20 Metas de Aichi devem ser cumpridas até 2020, há incertezas sobre o sucesso do Acordo de Paris e a degradação dos ambientes naturais devem impactar o progresso de 80% dos alvos dos ODS, em especial os ODS 1, 2, 3, 6, 11, 13, 14 e 15, relacionados à pobreza, fome, saúde, água, cidade, clima, oceanos e terra firme, respectivamente (Díaz et al., 2019). Estamos fracassando em promover um desenvolvimento sustentável, com consequências para o meio ambiente, para o desenvolvimento socioeconômico, moral e para a segurança das pessoas (Díaz et al., 2019; Ripple et al., 2019).

Neste contexto desafiador, o Brasil merece especial destaque. É o país com uma das maiores biodiversidades do mundo (Mittermeier et al., 1997), abrigando áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, como a Floresta Amazônica e dois hotspots, o Cerrado e a Mata Atlântica (Mittermeier et al., 2004). Apesar de tamanha importância, o meio ambiente encontra-se ameaçado. Recentes desastres socioambientais atingiram o Brasil (Carmo et al., 2017; Cioneck et al., 2019) e a taxa de desmatamento voltou a crescer (Ripple et al., 2019). Além disso, o atual governo federal brasileiro apresenta comportamento negacionista e obscurantista, evidenciados por declarações contrárias ao Acordo de Paris (Rochedo et al., 2018), propostas de lei controversas (Abessa et al., 2019; Silveira et al., 2018) e censura de dados de agências governamentais (Tollefson, 2019), comprometendo a conservação da biodiversidade, o combate às mudanças climáticas e o desenvolvimento territorial (Ferrante and Fearnside, 2019).

Como reverter essa tendência catastrófica? Investir na criação, manutenção e expansão de Unidades de Conservação (UC's) é uma excelente estratégia para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, possuindo ótimo custo-benefício socioeconômico (Gantioler et al., 2010; Young and Medeiros, 2018). Além de garantirem a proteção de diferentes habitats (Geldmann et al., 2013) e de serviços ecossistêmicos (Hipólito et al., 2019), as UC's contribuem para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (Ricketts et al., 2010) e para o bem-estar das pessoas, reduzindo a pobreza (Andam et al., 2010) e doenças (Bauch et al., 2015). Contudo, a ausência de suporte financeiro e políticas públicas adequadas, limitam a efetividade desse fundamental instrumento de desenvolvimento (Bernard et al., 2014; Bruner et al., 2004).

É necessário atrair a atenção da população para a temática ambiental, investindo em educação para aumentar a percepção das pessoas sobre a importância da natureza (Lima and Bastos, 2019) e agregando os diferentes serviços ecossistêmicos de uma região para chamar a atenção dos tomadores de decisão para a sua conservação (Hérivaux and Grémont, 2019), focando em valores que gerem consenso entre as pessoas (Weyland et al., 2019) e sejam essenciais para a manutenção da qualidade de vida e bem-estar da população local (Grima et al., 2016).

Historicamente, talvez uma das principais bandeiras políticas seja a Saúde. Diversos estudos (Bratman et al., 2019; Frumkin et al., 2017; Romanelli et al., 2015; Whitmee et al., 2015) têm evidenciado efeitos positivos da natureza na saúde humana, em especial na saúde mental (Bratman et al., 2019) e respiratória (Liddicoat et al., 2018), assim como efeitos negativos da mineração (Tavares et al., 2017) e da urbanização (Cox et al., 2018) para a saúde da população. Todos esses impactos positivos e negativos precisam ser internalizados para a definição de políticas públicas eficientes. É necessário compreender como e quais fatores socioambientais se relacionam com a saúde humana no Brasil, assim como os impactos decorrentes de grandes empreendimentos, como a mineração e a urbanização, de modo a internalizar a depreciação do capital natural e seus impactos socioeconômicos nas análises de custo-benefício das tomadas de decisão em cada região (Whitmee et al., 2015).

É urgente a realização de pesquisas que busquem mostrar a importância do meio ambiente para a população, em especial, a relação entre serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano (Joly et al., 2019). O principal objetivo dessa dissertação é contribuir para preencher uma parte da lacuna do conhecimento sobre os benefícios da natureza para a saúde mental e respiratória das pessoas, assim como o impacto de alterações da paisagem natural gerados pela

urbanização e mineração. Além disso, foi avaliado como o governo federal brasileiro tem historicamente investido recursos financeiros no melhor instrumento para a conservação da biodiversidade que possuímos, as Unidades de Conservação. Ao final, são propostas recomendações de políticas públicas para internalização das externalidades geradas por grandes empreendimentos, e mecanismos para otimização dos benefícios prestados pela natureza para a população, contribuindo para a conservação da biodiversidade e desenvolvimento humano no Antropoceno.

Referências bibliográficas

- Abessa, D., Famá, A., Buruaem, L., 2019. The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 510–511. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0855-9>
- Andam, K.S., Ferraro, P.J., Sims, K.R.E., Healy, A., Holland, M.B., 2010. Protected areas reduced poverty in Costa Rica and Thailand. *PNAS* 1107, 9996–10001. <https://doi.org/10.1073/pnas.0914177107/-/DCSupplemental.www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0914177107>
- Balvanera, P., 2019. Societal burdens of nature loss. *Science* (80-.). 366, 184–185. <https://doi.org/10.1126/science.aaz1433>
- Bauch, S.C., Birkenbach, A.M., Pattanayak, S.K., Sills, E.O., 2015. Public health impacts of ecosystem change in the Brazilian Amazon. *PNAS* 112. <https://doi.org/10.1073/pnas.1406495111>
- Bernard, E., Penna, L.A.O., Araújo, E., 2014. Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. *Conserv. Biol.* 28, 939–950. <https://doi.org/10.1111/cobi.12298>
- Bratman, G.N., Anderson, C.B., Berman, M.G., Cochran, B., Lindahl, T., Meyer-lindenberg, A., Mitchell, R., Ouyang, Z., Roe, J., Scarlett, L., Smith, J.R., Bosch, M. Van Den, Wheeler, B.W., White, M.P., Zheng, H., Daily, G.C., 2019. Nature and mental health : An ecosystem service perspective.
- Bruner, A.G., Gullison, R.E., Balmford, A., 2004. Financial Costs and Shortfalls of Managing and Expanding Protected-Area Systems in Developing Countries. *Bioscience* 54, 1119. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[1119:fcasom\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[1119:fcasom]2.0.co;2)
- Carmo, Flávio Fonseca do, Kamino, L.H.Y., Junior, R.T., Campos, I.C. de, Carmo, Felipe Fonseca do, Silvino, G., Castro, K.J. da S.X. de, Mauro, M.L., Rodrigues, N.U.A., Miranda, M.P. de S., Pinto, C.E.F., 2017. Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the

- largest technological disaster of Brazilian mining in global context. *Perspect. Ecol. Conserv.* 15, 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.06.002>
- Chaplin-Kramer, R., Sharp, R.P., Weil, C., Bennett, E.M., Pascual, U., Arkema, K.K., Brauman, K.A., Bryant, B.P., Guerry, A.D., Haddad, N.M., Hamann, M., Hamel, P., Johnson, J.A., Mandle, L., Pereira, H.M., Polasky, S., Ruckelshaus, M., Shaw, M.R., Silver, J.M., Vogl, A.L., Daily, G.C., 2019. Global modeling of nature's contributions to people. *Science* (80-.). 366, 255–258. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAW3372>
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M., 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosyst. Serv.* 28, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R.K., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Glob. Environ. Chang.* 26, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Cox, D.T.C., Shanahan, D.F., Hudson, H.L., Fuller, R.A., Gaston, K.J., 2018. The impact of urbanisation on nature dose and the implications for human health. *Landsc. Urban Plan.* 179, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.07.013>
- Cioneck, V.M., Alves, G.H.Z., Tófoli, R.M., Rodrigues-Filho, J.L., Dias, R.M., 2019. Brazil in the mud again: lessons not learned from Mariana dam collapse. *Biodivers. Conserv.* 10–13. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01762-3>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H.T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, S., Chan, K., Garibaldi, L.A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S.M., Midgley, G.F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pf, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaque, J., Reyers, B., Chowdhury, R.R., Shin, Y.-J., Visseren-Hamakers, I., Willis, K., Zayas, C., 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). United Nations 7 session.
- Frumkin, H., Bratman, G.N., Breslow, S.J., Cochran, B., Kahn, P.H., Lawler, J.J., Levin, P.S., Tandon, P.S., Varanasi, U., Wolf, K.L., Wood, S.A., 2017. Nature contact and human health: A research agenda. *Environ. Health Perspect.* 125, 1–18. <https://doi.org/10.1289/EHP1663>
- Gantioler, S., Rayment, M., Bassi, S., Kettunen, M., McConville, A., Landgrebe, R., Gerdes, H., ten Brink, P., 2010. Costs and Socio-Economic Benefits associated with the Natura 2000 Network. Final report to the European Commission. Institute for European Environmental Policy / GHK / Ecologic, Brussels.
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M., Burgess, N.D., 2013. Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biol. Conserv.* 161, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.018>
- Grima, N., Singh, S.J., Smetschka, B., Ringhofer, L., 2016. Payment for Ecosystem Services (PES) in Latin America: Analysing the performance of 40 case studies. *Ecosyst. Serv.* 17, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.11.010>

- Hérivaux, C., Grémont, M., 2019. Valuing a diversity of ecosystem services: The way forward to protect strategic groundwater resources for the future? *Ecosyst. Serv.* 35, 184–193. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.011>
- Hipólito, J., Bruna, S., Borges, R., Brito, R., Jaffé, R., Dias, S., Fonseca, V.L., Cristina, T., 2019. Valuing nature's contribution to people: The pollination services provided by two protected areas in Brazil. *Glob. Ecol. Conserv.* 20. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00782>
- Hublin, J.J., Ben-Ncer, A., Bailey, S.E., Freidline, S.E., Neubauer, S., Skinner, M.M., Bergmann, I., Le Cabec, A., Benazzi, S., Harvati, K., Gunz, P., 2017. New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of *Homo sapiens*. *Nature* 546, 289–292. <https://doi.org/10.1038/nature22336>
- Joly, C.A., Scarano, F.R., Bustamante, M., Maria, T., Gadda, C., Metzger, J.P., Seixas, C.S., Ometto, J.P.H., Pires, A.P.F., Boesing, A.L., Sousa, F.D.R., Quintão, J.M.B., Gonçalves, L.R., Padgurschi, M. de C.G., Aquino, M.F. dos S. de, Castro, P.F.D. de, Santos, I.L. dos, 2019. Brazilian assessment on biodiversity and ecosystem services: summary for policy makers. *Biota Neotrop.* 19. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0865>
- Liddicoat, C., Bi, P., Waycott, M., Glover, J., Lowe, A.J., Weinstein, P., 2018. Landscape biodiversity correlates with respiratory health in Australia. *J. Environ. Manage.* 206, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.007>
- Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Gil, P.R. & Wilson, E.O., 1997. *Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations*. CEMEX, Mexico City.
- Mittermeier R.A., Robles G.P., Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier C.G., Lamoreux J., da Fonseca G.A.B., 2004. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered ecoregions*. CEMEX, Mexico City.
- Ricketts, T.H., Soares-Filho, B., da Fonseca, G.A.B., Nepstad, D., Pfaf, A., Peterson, A., Anderson, A., Boucher, D., Cattaneo, A., Conte, M., Creighton, K., Linden, L., Maretti, C., Moutinho, P., Ullman, R., Victurine, R., 2010. Indigenous lands, protected areas, and slowing climate change. *PLoS Biol.* 8, 6–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000331>
- Ripple, W.J., Wolf, C., Newsome, T.M., Barnard, P., Moomaw, W.R., 2019. World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *Bioscience* 2000, 1–20.
- Rochedo, P.R.R., Soares-Filho, B., Schaeffer, R., Viola, E., Szklo, A., Lucena, A.F.P., Koberle, A., Davis, J.L., Rajão, R., Rathmann, R., 2018. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nat. Clim. Chang.* 8, 695–698. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0213-y>
- Romanelli, C., Cooper, D., Campbell-Lendrum, Diarmid, Maiero, M., Karesh, W.B., Hunter, D., Golden, C.D., 2015. *Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health A State of Knowledge Review*. *World Heal. Organ.* 364. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3679.6565>
- Silveira, F.A.O., Ferreira, M.C., Perillo, L.N., Carmo, F.F., Neves, F.S., 2018. Brazil's protected areas under threat. *Science*. 361, 459. <https://doi.org/10.1126/science.aau4222>

- Steffen, W., Crutzen, P.J., McNeill, J.R., 2007. The anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio* 36, 614–621. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., Vries, W. De, Wit, C.A. De, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S., 2015. Planetary boundaries : Guiding changing planet. *Science* (80-.). 347. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Tavares, F.V.F., Ardisson, J.D., Rodrigues, P.C.H., Fabris, J.D., Fernandez-Outon, L.E., Feliciano, V.M.D., 2017. Ferruginous compounds in the airborne particulate matter of the metropolitan area of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 19683–19692. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9613-1>
- Tollefson, J., 2019. ‘Tropical Trump’ sparks unprecedented crisis for Brazilian science. *Nature* 572, 161–162. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02353-6>
- Venter, O., Sanderson, E.W., Magrath, A., Allan, J.R., Beher, J., Jones, K.R., Possingham, H.P., Laurance, W.F., Wood, P., Fekete, B.M., Levy, M.A., Watson, J.E.M., 2016. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nat. Commun.* 7, 1–11. <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>
- Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A.D., Poirier, C., Gałuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E.C., Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Richter, D.D.B., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Wagleich, M., Williams, M., Zhisheng, A., Grinevald, J., Odada, E., Oreskes, N., Wolfe, A.P., 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* (80-.). 351. <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>
- Weyland, F., Enrique, M., Denise, A., Paula, M., Nahuelhual, L., Larrazábal, A., Francisco, A., María, L., Cadavid, B., López-gómez, C.P., Villegas, C., 2019. Ecosystem services approach in Latin America : From theoretical promises to real applications. *Ecosyst. Serv.* 35, 280–293. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.11.010>
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., Dias, B.F. de S., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., Mace, G.M., Marten, R., Myers, S.S., Nishtar, S., Osofsky, S.A., Pattanayak, S.K., Pongsiri, M.J., Romanelli, C., Soucat, A., Vega, J., Yach, D., 2015. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *Lancet Comm.* 386, 1973–2028.
- Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., Kanemoto, K., 2015. The material footprint of nations. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 112, 6271–6276. <https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110>
- Young, C.E.F., Medeiros, R., 2018. Quanto Vale o Verde: A Importância Econômica das Unidades de Conservação Brasileiras. *Conservação Internacional - CI-Brasil*, Rio de Janeiro.

CAPÍTULO 1

Influência de paisagens naturais e antrópicas na saúde mental e respiratória do ser humano em uma das maiores províncias minerárias do mundo

Autores: Matteus Carvalho Ferreira^{1*}; Rodrigo Lima Massara¹; Marcelo de Ávila Chaves²; Bruno Eduardo Fernandes Mota³; Flávio Henrique Guimarães Rodrigues¹.

¹ Departamento de Genética, Ecologia e Evolução, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos 6627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

² Faculdade de Engenharia, Universidade FUMEC. R. Cobre, 200, CEP 30310-190, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

³ Laboratório de Microbiologia Clínica, Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Av. Antônio Carlos 6627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

*E-mail para correspondência: matteuscarvalho.bio@gmail.com

Resumo

Atividades antrópicas geram impactos ambientais negativos que podem comprometer os processos ecológicos e serviços ecossistêmicos e, inclusive, influenciar a saúde humana. Avaliamos como alterações antrópicas na paisagem impactam a saúde respiratória e mental humana em uma das maiores províncias mineradoras do mundo, o Quadrilátero Ferrífero (QF), sudeste do Brasil. Utilizamos seleção de modelos para identificar quais os fatores socioeconômicos e ambientais influenciaram as taxas de internação por transtornos mentais e comportamentais (grupo 1), assim como as por doenças respiratórias (grupo 2) em 22 municípios do QF, no ano de 2010. Municípios com maiores taxas de urbanização apresentaram índices mais elevados de internações por transtornos mentais e comportamentais. A população adulta (15-59 anos) de ambos os sexos e a população idosa (60 anos ou mais) feminina apresentaram menores taxas de internação por doenças respiratórias em municípios com maior taxa de urbanização, o que pode sugerir uma maior facilidade de acesso a medidas

profiláticas da população localizada nestes municípios quando comparada com os de menor taxa de urbanização. Por sua vez, municípios com maiores áreas verdes florestais nos núcleos urbanos apresentaram menores taxas de internação por doenças respiratórias na população jovem (0-14 anos) feminina, enquanto municípios com maiores áreas de mineração apresentaram maiores taxas. A população idosa (60 anos ou mais) masculina também apresentou maiores taxas de internação por doenças respiratórias em municípios com maiores áreas mineradas. De forma geral, nossos resultados evidenciam importantes serviços ecossistêmicos providos pelas florestas urbanas e destacam impactos na saúde, em diferentes segmentos da população, decorrentes de alterações antrópicas da paisagem.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos; Saúde Pública; Passivos Ambientais; Mineração; Florestas urbanas; Biologia da Conservação; Antropoceno.

Introdução

Ambientes naturais fornecem diferentes serviços ecossistêmicos para a sociedade, variando desde alimentos, água e qualidade do ar, até sensação de bem-estar e redução de doenças (Díaz et al., 2018). Apesar dessa relação de dependência, os sistemas naturais estão sendo degradados em uma extensão sem precedentes na história humana, resultando em um cenário de emergência climática (Ripple et al., 2019) e no reconhecimento de uma nova época na história do planeta, o Antropoceno (Steffen et al., 2007; Waters et al., 2016). Impactos ambientais, causadas por mudanças climáticas e alterações no uso e ocupação do solo, acabam comprometendo a saúde planetária e ameaçando a saúde humana de formas ainda incertas (Whitmee et al., 2015).

As relações entre saúde e meio ambiente têm sido destacadas em diversos estudos e relatórios globais recentes (Bratman et al., 2019; Frumkin et al., 2017; Romanelli et al., 2015;Whitmee et al., 2015). Estes estudos evidenciam a importância das contribuições da natureza para a saúde humana e impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas, que necessitam ser internalizados para a definição de políticas de saúde pública eficientes, integrando áreas sociais, econômicas e ambientais. É necessário compreender os fatores

socioambientais que se relacionam com a saúde humana, de modo a contabilizar a depreciação do capital natural e seus custos socioeconômicos, integrando a saúde ambiental no orçamento destinado para a prevenção de doenças e a promoção de uma saúde coletiva igualitária e universal (Whitmee et al., 2015). Dessa forma, tomadores de decisão podem ter subsídios técnicos-científicos para o manejo e a composição adequada da paisagem para maximizar a provisão dos serviços ecossistêmicos (Duarte et al., 2018).

A promoção do contato com a natureza é uma forma de prevenção e tratamento de diversos grupos de doenças com excelente relação custo-benefício, apresentando baixos custos financeiros quando comparado com intervenções médicas convencionais (Frumkin et al., 2017). Experimentos e estudos observacionais têm demonstrado que o contato com áreas verdes está associado com diversos benefícios para a saúde humana (Twohig-bennett and Jones, 2018), atuando na prevenção e tratamento de um grande número de doenças que são prioridades na saúde pública, como obesidade, doenças cardiovasculares, depressão e ansiedade (Frumkin et al., 2017). Em nível regional e local, a tendência de aumento da urbanização e a redução do contato com ambientes naturais podem representar um risco para a saúde humana (Cox et al., 2018; Mills et al., 2019; Whitmee et al., 2015), especialmente para a saúde mental das pessoas (Bratman et al., 2019). Um estudo com a população holandesa evidenciou que áreas verdes próximas às residências reduzem a prevalência anual de um grande número de doenças, principalmente transtorno de ansiedade e depressão, sendo este efeito mais acentuado para crianças e pessoas com menor poder econômico (Maas et al., 2009). Além disso, o potencial benefício de ambientes naturais e mais biodiversos para a saúde respiratória das pessoas foi identificado para a população da Austrália e da Nova Zelândia (Donovan et al., 2018; Liddicoat et al., 2018).

As doenças respiratórias estão entre as principais causas de internação hospitalar no mundo (Romanelli et al., 2015), enquanto os transtornos mentais e comportamentais são uma das enfermidades que mais crescem no planeta e são as que apresentam os maiores custos econômicos associados, quando considerados os impactos diretos e indiretos (Trautmann et al., 2016). No Brasil, em 2010, considerando apenas os custos diretos para o Sistema Único de Saúde (SUS), que é público e gratuito, ocorreram 1.452.505 internações por Doenças Respiratórias a um custo de R\$ 1.192.711.452,26 (R\$ 1.909.653.884,35 em valores corrigidos para 2019) e 159.746 internações por transtornos mentais e comportamentais a um custo de 172.046.034,84 (R\$ 275.463.422,52 em valores corrigidos para 2019) (SUS, 2019^a). Compreender os fatores que influenciam essas taxas torna-se necessário, não somente do ponto

de vista humanitário, mas também econômico e de planejamento territorial (Pattanayak et al., 2017). Importantes serviços ecossistêmicos podem estar sendo ignorados e perdidos, enquanto empreendimentos e atividades de grande porte podem estar ocasionando impactos negativos na saúde da população, gerando passivos ambientais não considerados nos processos de licenciamento ambiental, definição de condicionantes e tomadas de decisão política e popular.

Neste contexto, nossa hipótese é que existem diferentes fatores socioeconômicos e ambientais que influenciariam as taxas de internação por doenças respiratórias e transtornos mentais e comportamentais. Especificamente nós esperávamos que maior presença de áreas urbanas e minerações na paisagem aumentariam as taxas de internações humanas por doenças respiratórias e mentais, enquanto áreas florestais reduziriam essas taxas, ocasionando impactos financeiros e imateriais para a sociedade. Como outros fatores também podem influenciar as taxas de internações, avaliamos a cobertura vacinal e pluviosidade média para a saúde respiratória e a disponibilidade médica, taxas de urbanização e o índice de desenvolvimento humano de cada município como possíveis variáveis influenciadoras da saúde mental e respiratória da população. Utilizamos como modelo uma das maiores províncias mineradoras do mundo, o Quadrilátero Ferrífero, localizada no sudeste do Brasil (Carvalho et al., 2014).

Materiais e Métodos

Área de estudo

A região de estudo foi o Quadrilátero Ferrífero (QF), uma área de aproximadamente 6500km² localizada na porção centro-sul do estado de Minas Gerais (MG), Brasil (Figura 1) (Duarte et al., 2016). A região faz parte da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (UNESCO), apresenta grande heterogeneidade de usos do solo, com destaque para a mineração e urbanização, e é considerada uma das mais importantes regiões para a biodiversidade brasileira, com domínio do cerrado e da mata atlântica, além dos ecossistemas dos campos rupestres (Jacobi and Carmo, 2008; Silveira et al., 2015). Apesar de séculos de ocupação humana e atividades de mineração, a região ainda abriga uma grande biodiversidade, com cerca de 45% do território composto por vegetação nativa e 55% por agronegócio, mineração e áreas urbanas (Sonter et al., 2014). Apesar disso, a tendência de crescimento da

mineração e da urbanização ameaçam os serviços ecossistêmicos no QF, em especial a qualidade dos habitats, o estoque de carbono e a retenção de sedimentos, comprometendo a segurança hídrica, o combate às mudanças climáticas e a conservação da biodiversidade (Duarte et al., 2016).

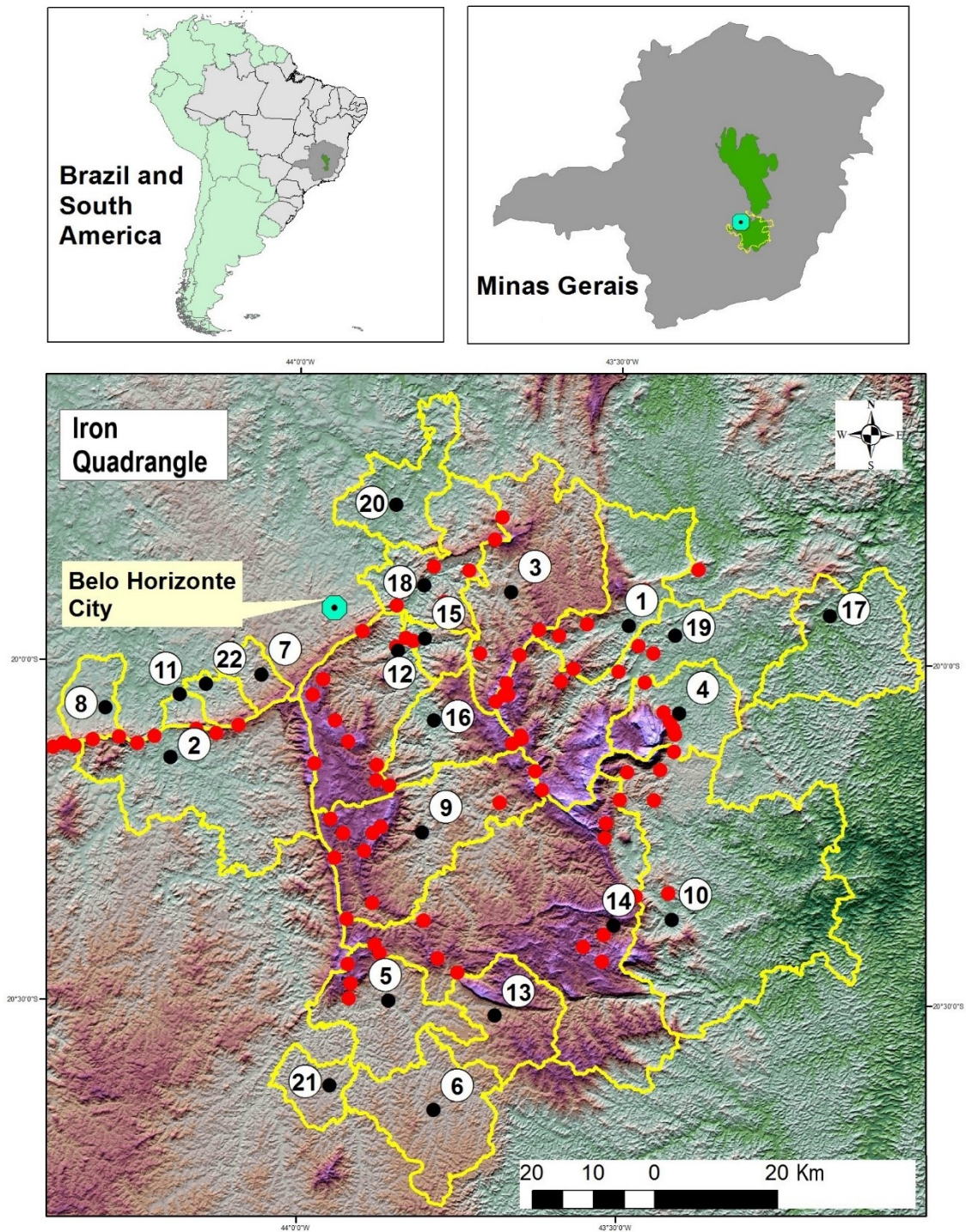


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo com os limites dos 22 municípios avaliados em amarelo, as principais minerações destacadas em vermelho e os limites originais da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço em verde. Os municípios do Quadrilátero Ferrífero considerados foram: Barão de Cocais (1), Brumadinho (2), Caeté (3), Catas Altas (4), Congonhas (5), Conselheiro Lafaiete (6), Ibirité (7), Igarapé (8), Itabirito (9), Mariana (10), Mário Campos (11), Nova Lima (12), Ouro Branco (13), Ouro Preto (14), Raposos (15), Rio Acima (16), Rio Piracicaba (17), Sabará (18), Santa Bárbara (19), Santa Luzia (20), São Brás do Suaçuí (21) e Sarzedo (22).

Coleta dos dados

Compilamos informações de 22 municípios (i.e., unidade amostral) do QF (Figura 1), com população total em 2010 de 1.191.249 pessoas. Foram selecionados aqueles com maiores taxas de urbanização (população urbana/população total), considerando o limiar $\geq 75\%$ (IBGE 2010). Este limiar foi adotado para possibilitar análises em diferentes escalas de paisagem dentro de um mesmo município: os núcleos urbanos, a região do entorno destes núcleos e a própria área do município (veja Análise dos dados para mais detalhes).

Todos os dados coletados foram referentes ao ano de 2010, período no qual há maior disponibilidade de dados socioeconômicos e demográficos devido à realização do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Para avaliar a saúde da população de cada município, coletamos na plataforma DATASUS (SUS, 2019^a) do Sistema Único de Saúde (SUS), dados de taxas de internações, tempo médio de internação e os custos totais de internação por doenças respiratórias e por transtornos mentais e comportamentais. Foram consideradas todas as doenças do aparelho respiratório (J00-J99) constantes no Capítulo X da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – Décima Revisão (CID-10): faringite aguda e amigdalite aguda, laringite e traqueíte agudas, outras infecções agudas das vias aéreas superiores, influenza (gripe), pneumonia, bronquite aguda e bronquiolite aguda, sinusite crônica, outras doenças do nariz e dos seios paranasais, doenças crônicas das amígdalas e das adenóides, outras doenças do trato respiratório superior, bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares, obstruções crônicas, asma, bronquiectasia, pneumoconiose e outras doenças do aparelho respiratório. E os seguintes transtornos mentais e comportamentais (Capítulo V da CID-10) foram considerados: transtornos mentais e

comportamentais devido ao uso de álcool e de outras substâncias psicoativas (F10-F19), transtornos de humor (afetivos) (F30-F39), transtornos neuróticos e relacionados com stress e somatotrópicos (F40-F48). Os dados de internações representaram todas as pessoas que residem em determinado município, que foram internadas pelas causas supracitadas, no próprio município ou em outros locais.

Análise dos dados

Devido ao baixo número de registros para os transtornos mentais e comportamentais, somente analisamos a taxa de internação considerando a população total. Para doenças respiratórias, analisamos a taxa de internação em seis grupos demográficos: jovens (0-14 anos) do sexo feminino e masculino, adultos (15-59 anos) do sexo feminino e masculino e idosos (≥ 60 anos) do sexo feminino e masculino. A faixa jovem (0-14 anos) foi definida com base no limite inferior da população economicamente ativa (OCDE, 2019), enquanto a faixa etária idosa (≥ 60 anos) foi definida com base no Estatuto do Idoso do Brasil (Lei Federal 10.741/2003). A separação em gêneros foi realizada de forma exploratória, objetivando identificar variáveis explicativas que influenciariam diferentemente as taxas de internação existentes entre os grupos, já que estudos mostram que as vulnerabilidades às doenças podem ser influenciadas pelo sexo (Buvini et al., 2006; Klein, 2000; Sakiani et al., 2013). A taxa de internação foi então dividida pela população de cada grupo em cada município, de modo a termos o número de internações *per capita*.

Para avaliar se a disponibilidade médica influenciaria ambas as taxas de internação, obtivemos informações sobre a equipe médica de cada município nos Cadernos de Informações de Saúde do SUS (SUS, 2019^b). Para a análise das doenças respiratórias foi utilizado o número de clínicos gerais, médicos da família e pediatras, sendo este último considerado apenas para a faixa etária até 14 anos. Para a análise das doenças e transtornos mentais foi utilizado o número de clínicos gerais, médicos da família, psiquiatras, psicólogos e pediatras, sendo este último considerado apenas para a faixa etária até 14 anos. O número de médicos foi dividido pela população de cada segmento populacional em cada município, de modo a obter o número de médicos *per capita*.

Para verificar se a taxa de urbanização dos municípios influenciaria ambas as taxas de internações, obtivemos dados de número de habitantes para cada grupo de análise, assim como as respectivas taxas de urbanização no censo de 2010 do IBGE (IBGE, 2019). Para avaliar se fatores relacionados a renda *per capita*, longevidade ou educação do município afetaria ambas as taxas de internações, obtivemos os valores de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) no Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil (Atlas Brasil, 2019).

Para avaliar como a composição da paisagem, em especial a vegetação arbórea nativa e empreendimento minerários, influenciaram ambas as taxas de internações, realizamos uma análise espacial multi-escala no software ArcGis v.10.3. Especificamente, avaliamos a composição da paisagem em cada um dos 22 municípios considerando: 1) a área do município (FJP, 2018); 2) a área de um *buffer* de 3 km de raio a partir da borda dos núcleos urbanos que compõem o município; e 3) a área dos núcleos urbanos dentro do município. O raio de 3 km foi escolhido com base em um estudo sobre a influência da diversidade de paisagens na saúde respiratória da população australiana (Liddicoat et al., 2018). O perímetro dos núcleos urbanos de cada município foi delimitado manualmente a partir de imagens de satélite LANDSAT 5 para o ano de 2010 (INPE, 2011) e de imagens de satélite do Google Earth Pro (Google, 2019) retroativas ao mesmo período ou ano mais próximo. Também utilizamos as áreas delimitadas pelo perímetro dos núcleos urbanos para avaliar se o tamanho dos núcleos urbanos dos municípios influenciaria ambas as taxas de internação.

As áreas florestais naturais (i.e., domínio do Cerrado e da Mata Atlântica) foram extraídas de mapas de uso e ocupação do solo da coleção 3.1 do Projeto MapBiomas (MAPBIOMAS, 2019) para o ano de 2010, resolução de 30 metros, enquanto medimos manualmente as áreas de mineração (cavas, barragens, pilhas de estéril e usinas de beneficiamento), utilizando imagens de satélite LANDSAT 5 (INPE, 2011) e imagens de satélite do Google Earth Pro (Google, 2019) para o mesmo período ou ano mais próximo. Como a resolução das imagens LANDSAT 5 é de 30 m, as áreas de floresta se referem majoritariamente a parques, florestas urbanas e outras regiões de adensamento arbóreo.

As áreas de floresta e mineração foram então avaliadas nas diferentes escalas de análise. Utilizamos a proporção das áreas florestais no município para avaliar se municípios proporcionalmente mais florestados possuem menores taxas de internação. Já para as outras escalas (núcleos urbanos e área do *buffer* de 3km no entorno desses núcleos), dividimos a área das florestas presente em cada escala pela população urbana de cada grupo demográfico, obtendo a área de floresta *per capita*. Para obter a população urbana, multiplicamos a população

total do município pela respectiva taxa de urbanização. A mineração somente estava presente nas escalas: área do município e área do *buffer* de 3 km no entorno dos núcleos urbanos. A mineração teve a sua área dividida pela população residente em cada uma dessas escalas para cada grupo demográfico, obtendo a área de mineração *per capita*. A divisão dessas áreas pela população residente foi realizada para considerar efeitos indiretos de atenuação ou amplificação dos impactos dessas variáveis, relacionados a diferenças populacionais entre os municípios.

Especificamente para a saúde respiratória, acrescentamos duas variáveis no modelo. Para avaliar se a imunização influenciaria a taxa de internação, obtivemos no DATASUS para o intervalo 1996 e 2010 (SUS, 2019^c), dados de cobertura vacinal da população para as seguintes vacinas: Pneumocócica, Sarampo, Dupla Viral, Tripla Viral (SRC), Tripla Bacteriana (DTP), *Haemophilus influenzae* B, Tetra e Penta. Devido à limitação na disponibilidade de dados, não foi possível obter a quantidade de médicos e as taxas de imunização referentes à população rural e urbana separadamente. Já para identificar se a umidade do ar influenciaria as taxas de internação por doenças respiratórias, obtivemos dados de pluviosidade média anual dos municípios no Climate-Data (Climate-Data, 2019).

Os valores dos custos de internação foram corrigidos seguindo o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) do IBGE, considerando conservadoramente o período de 01/2011 até 01/2019, resultando em um incremento de aproximadamente 60% do valor original. Para fins de conversão, R\$1.00 real = US\$0.24 dólar americano (cotação em 23/09/2019).

Preliminarmente, testamos se as nossas variáveis explicativas (Tabela 1) estavam correlacionadas ($|r| \geq 0.65$), objetivando a retirada de variáveis correlacionadas para o próximo passo. Posteriormente, as variáveis explicativas não correlacionadas ($|r| \leq 0.65$) foram incluídas nos modelos lineares generalizados (GLM), os quais possuíam como variáveis respostas, ou as taxas de internações humanas por doenças respiratórias, ou as taxas de internações humanas por transtornos mentais e comportamentais. Após a avaliação da normalidade e homostacidade dos resíduos a partir dos modelos mais parametrizados em cada conjunto de análises, foi escolhida a família de distribuição Gaussiana (i.e., normal) com a função de ligação *identity* para a realização das análises subsequentes. A abordagem utilizada foi a seleção de modelos por *Akaike information criterion* (AIC), na qual cada variável explicativa estava associada a um modelo com uma variável resposta (taxa de internação por transtornos mentais e comportamentais ou por doenças respiratórias). Para seleção do(s)

melhor(es) modelo(s), foi adotado como critério o $\Delta AIC \leq 2$ (Burnham and Anderson, 2002). Utilizamos o pacote AICcmodavg (Mazerolle, 2019) do Programa RStudio (v. 1.1.442) para a realização das análises.

Tabela 1: Variáveis socioeconômicas ambientais utilizadas na análise de seleção de modelos para avaliar os fatores influenciadores das taxas de internação por doenças respiratórias e por transtornos mentais e comportamentais em 22 municípios do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. M = Transtornos mentais e comportamentais; R = Doenças Respiratórias. * = Valores referentes para População Total.

Variáveis	Enfermidade	Media (mín - máx)*
Taxa de Urbanização (%)	M/R	92.0 (79.7 - 99.8)
IDHM	M/R	0.724 (0.664 - 0.813)
Quantidade de médicos (med/per capita*1000)	M/R	1.5 (0.5 - 3.2) / 1.1 (0.4 - 2.7)
Cobertura imunização (%)	R	81 (70 - 98)
Pluviosidade média anual (mm)	R	1385 (1297 - 1552)
Área do (s) Núcleo (s) Urbano (s) (hectare)	M/R	1211 (231 - 4808)
Proporção de Floresta no município (%)	M/R	38 (14 - 60)
Mineração percapta no município (hectare/per capita*1000)	M/R	18.3 (0 - 55)
Floresta percapta no buffer (hectare/per capita*1000)	M/R	153.9 (19.6 - 434.2)
Mineração percapta no buffer (hectare/per capita*1000)	M/R	5.4 (0.0 - 21.0)
Floresta percapta no núcleo urbano (hectare/per capita*1000)	M/R	2.2 (0.5 - 7.3)

Resultados

O número de internações por transtornos mentais e comportamentais variaram de zero a 79 entre os municípios, com média de 16,8 (SD = 21,2) internações por município para o ano 2010. Ao todo ocorreram 369 internações por transtornos mentais e comportamentais nos 22 municípios analisados, uma taxa de 31 internações/100 mil habitantes, com média de 11,4 (min = 2, max = 102, SD = 20,5) dias de internação por paciente. Considerando apenas os impactos diretos, o SUS teve um custo de R\$ 204.106,80 (R\$ 326.796,01 em valores corrigidos) no período. Dentre as nove variáveis analisadas, apenas a taxa de urbanização influenciou a taxa de internação por transtornos mentais e comportamentais entre os municípios-alvo. Municípios

com maiores taxas de urbanização apresentaram índices mais elevados de internações por transtornos mentais e comportamentais (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2: Seleção de modelos baseado no AIC, contendo as variáveis socioeconômico ambientais que influenciaram as taxas de internação por doenças respiratórias e por transtornos mentais e comportamentais em 22 municípios do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. + = correlação positiva entre a variável resposta e a preditora; - = correlação negativa entre a variável resposta e a preditora; NA = Não se aplica; AICWt = contribuição do modelo para a variação da respectiva taxa de internação; * = modelos que foram ranqueados com o Δ AIC \leq 2.

Internações	Grupo de análise	Modelos*	K	AIC	Delta_AIC	AICWt	Relação
Transtornos Mentais e Comportamentais	População total	Taxa de urbanização (%)	3	-12.32	0.00	0.40	+
	População feminina 0-14 anos	Floresta no núcleo urbano (área per capita)	3	126.84	0.00	0.27	-
		Mineração no município (área per capita)	3	128.24	1.39	0.14	+
		Pluviosidade (média anual histórica)	3	145.68	0.00	0.18	-
		Mineração no município (área per capita)	3	146.32	0.65	0.13	+
Modelo nulo		2	146.58	0.90	0.11	NA	
Doenças Respiratórias	População masculina 0-14 anos	Floresta no núcleo urbano (área per capita)	3	146.68	1.00	0.11	-
		Taxa de urbanização (%)	3	147.16	1.48	0.08	-
		Floresta no buffer de 3km (área per capita)	3	147.26	1.58	0.08	-
	População feminina 15-59 anos	IDHM	3	147.31	1.63	0.08	+
		Taxa de urbanização (%)	3	80.55	0.00	0.85	-
		Taxa de urbanização (%)	3	78.09	0.00	0.58	-
		Taxa de urbanização (%)	3	167.67	0.00	0.44	-
		Mineração no município (área per capita)	3	175.37	0.00	0.55	+

Os números de internações por doenças respiratórias variaram de 16 a 1.074 entre os municípios, com média de 326 (SD = 296,9) internações por município para o ano 2010. Ao todo ocorreram 7176 internações nos 22 municípios analisados, a uma taxa de 602 internações/100mil habitantes, com média de 6,2 (min = 4,5, max = 10,3, SD = 1,5) dias de internação por paciente. Somente o SUS teve um custo direto de R\$ 7.090.041,57 (R\$ 11.351.886,83 em valores corrigidos) no período.

Considerando a população de 0 a 14 anos, 1.422 pessoas do gênero feminino foram internadas (1.033 internações/100 mil habitantes), com média de 3,9 (min = 2,3, max = 6,3, SD = 1,2) dias de internação e custo direto de R\$ 991.851,22 (R\$ 1.588.055,96 em valores corrigidos) para o SUS, enquanto 1.840 pessoas do gênero masculino foram internadas (1.303

internações/100 mil habitantes), com média de 4,5 (min = 2, max = 7,1, SD = 1,2) dias de internação e custo direto de R\$ 1.586.897,82 (R\$ 2.540.786,86 em valores corrigidos) para o SUS. A taxa de internação da população jovem (0-14 anos) feminina por doenças respiratórias foi menor em municípios com maior área de floresta *per capita* nos núcleos urbanos e maior em municípios com maiores área *per capita* de mineração no município (Tabela 2 e Figura 2). Entretanto, esta relação não foi forte para o gênero masculino desta faixa etária, já que o modelo nulo foi bem ranqueado (Tabela 2).

Considerando a população de 15 a 59 anos, 713 pessoas do gênero feminino foram internadas (175 internações/100 mil habitantes), com média de 7,0 (min = 2, max = 13,6, SD = 2,7) dias de internação e custo direto de R\$ 669.064,76 (R\$ 1.071.241,59 em valores corrigidos) para o SUS, enquanto que 951 pessoas do gênero masculino foram internadas (243 internações/100 mil habitantes), com média de 8,0 (min = 3, max = 14,6, SD = 3,2) dias de internação e custo direto de R\$ 1.239.686,59 (R\$ 1.984.865,92 em valores corrigidos) para o SUS. A taxa de internação por doenças respiratórias da população adulta (15-59 anos), tanto do gênero feminino quanto masculino, foi menor em municípios com maior taxa de urbanização (Tabela 2 e Figura 2).

Considerando a população de 60 anos ou mais, 1.186 pessoas do gênero feminino foram internadas (1.856 internações/100 mil habitantes), com média de 7,9 (min = 4,6, max = 32, SD = 6,0) dias de internação e custo direto de R\$ 1.336.478,16 (R\$ 2.139.839,19 em valores corrigidos) para o SUS, enquanto que 1.064 pessoas do gênero masculino foram internadas (2.173 internações/100 mil habitantes), com média de 8,1 (min = 4, max = 15,9, SD = 3,4) dias de internação e custo direto de R\$ 1.266.065,73 (R\$ 2.027.101,64 em valores corrigidos) para o SUS. A taxa de internação por doenças respiratórias da população idosa (60 anos ou mais) feminina foi menor em municípios com maior taxa de urbanização, enquanto a taxa de internação por doenças respiratórias do gênero masculino dessa mesma faixa etária foi maior em municípios com maior área *per capita* de mineração (Tabela 2 e Figura 2).

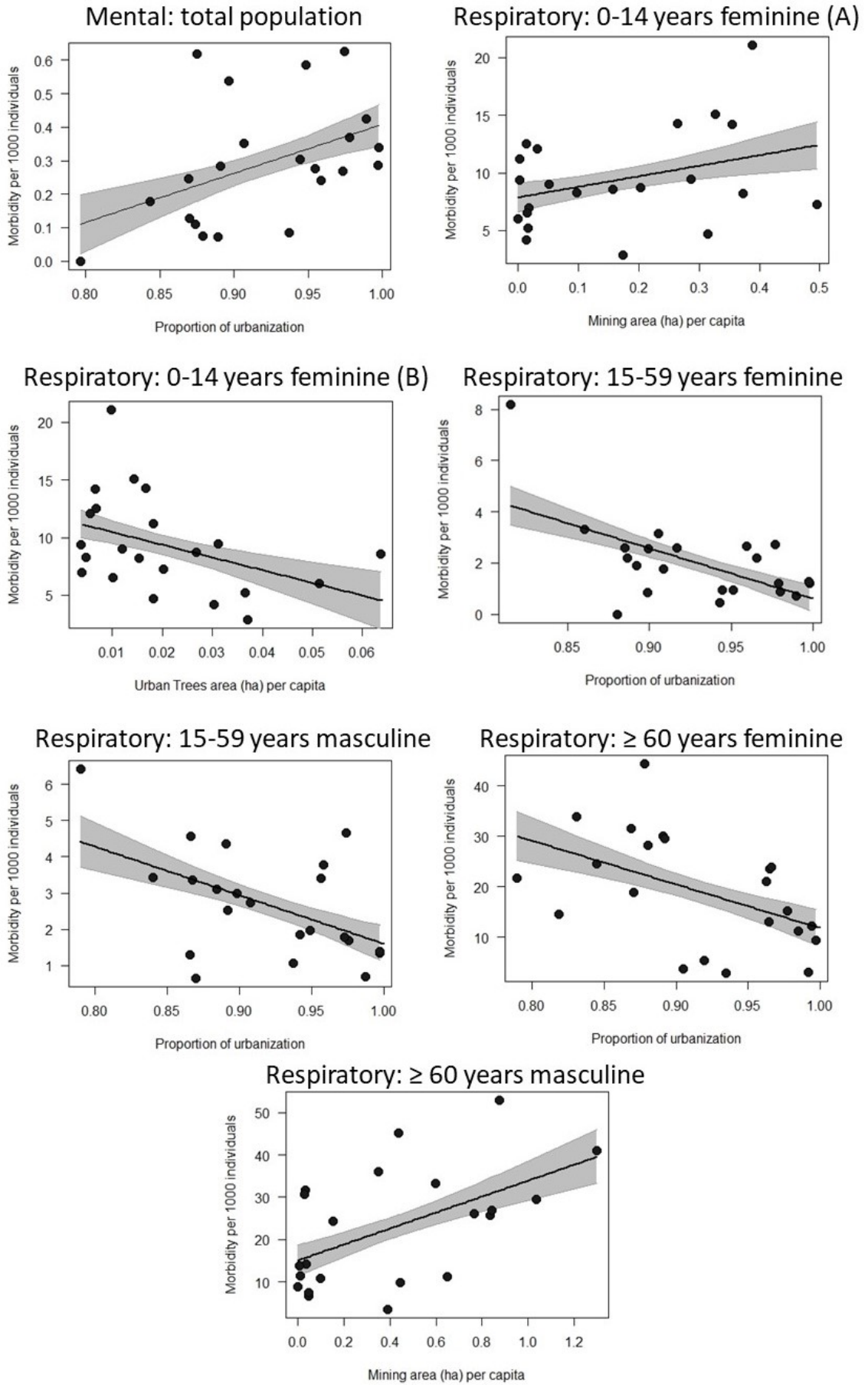


Figura 2: Estimativas (\pm IC 95%) do efeito da influência de variáveis explicativas nas taxas de internações por doenças mentais e respiratórias nos diferentes grupos sociodemográficos avaliados em 22 municípios do Quadrilátero Ferrífero, sudeste do Brasil.

Discussão

Nosso estudo demonstrou que a urbanização é uma variável relevante para o aumento das internações por transtornos mentais e de comportamento, sugerindo que a vida em cidades pode ser um fator responsável para a piora da saúde mental da população como um todo. Apesar de um grande número de fatores, como questões econômicas, sociais, fisiológicas, ambientais, psicológicas, comportamentais, genéticas e até epigenéticas poderem influenciar a saúde mental (Galea et al., 2011; Meyer-Lindenberg, 2014; Os et al., 2010), o papel da natureza merece ser destacado por prover serviços ecossistêmicos psicológicos para os seres humanos (Bratman et al., 2019).

O maior contato e a diversidade de experiências em ambientes naturais estão relacionados a um conjunto de benefícios para a saúde mental das pessoas, contribuindo para a redução de fatores de risco de transtornos mentais e comportamentais e outras doenças (Bratman et al., 2019; Frumkin et al., 2017). Há, contudo, uma tendência de redução na quantidade e qualidade dessas experiências pelas pessoas ao redor do mundo (Bratman et al., 2019; Daniel T C Cox et al., 2017; Frumkin et al., 2017). Esta redução está muitas vezes relacionada com a vida em ambientes urbanos, e a consequente redução das oportunidades e da menor busca ativa de contato com a natureza pelas pessoas (Cox et al., 2018; Daniel T C Cox et al., 2017), com tendência de redução ao longo das gerações (Soga and Gaston, 2016).

Regiões com maiores taxas de urbanização tendem a apresentar piores indicadores de saúde mental, apresentando maiores taxas de depressão quando comparados com populações rurais, que possuem maior contato com natureza (Cox et al., 2018). Estudos identificaram associação entre a mudança para ambientes rurais e redução do risco de esquizofrenia, sendo que os autores associaram este menor risco a fatores epigenéticos, podendo ser uma possível explicação para o efeito negativo da urbanização para a saúde mental (Galea et al., 2011; Os et al., 2010). Estudo feito na Holanda com 43 municípios evidenciou que o adensamento populacional, relacionado com urbanização, é um dos fatores que aumentam os casos de

depressão, enquanto a coesão social, que tende a ser maior em municípios menos urbanizados, é um fator de redução destas taxas (Zock et al., 2018). Portanto, o aumento das áreas naturais nos ambientes urbanos pode ser uma forma de mitigar o estresse (Triguero-mas et al., 2017) e os transtornos de humor e ansiedade (Nutsford et al., 2013), contribuindo para a melhora dos indicadores de saúde mental.

O contato com a natureza parece ser especialmente importante para os jovens, evidenciando a importância de se averiguar relações específicas para diferentes gêneros e faixas etárias da população (Piccininni et al., 2018). A vida em ambientes rurais, assim como o aumento do tempo mínimo de exposição às áreas verdes, reduziu o risco do déficit de atenção e desordem de hiperatividade em crianças na Nova Zelândia (Donovan et al., 2019), enquanto o maior contato com a natureza foi o fator responsável por reduzir internações por transtornos mentais de adolescentes do gênero feminino no Canadá (Piccininni et al., 2018). Apesar do aumento da cobertura dos Centros de Atenção Psicossocial (CAPS) ter sido apontado como responsável por reduções em internações psiquiátricas no Brasil (Miliauskas et al., 2019), apenas metade dos municípios analisados possuíam algum CAPS em 2010, sendo improvável que este fator influencie a relação entre maior urbanização e maiores taxas de internação por transtornos mentais e comportamentais que encontramos.

Um estudo na Inglaterra com cinco variáveis ambientais identificou que a abundância de aves no entardecer e a cobertura vegetal na vizinhança contribuem para a redução de estresse, depressão e ansiedade (Cox et al., 2017). Existem limiares de proporção de cobertura vegetal a partir do qual essas áreas verdes promovem esses benefícios, sendo 20% para estresse e depressão e acima de 30% para ansiedade (Cox et al., 2017). Em nosso estudo, não identificamos influência das florestas urbanas para a saúde mental da população. Uma possível explicação é que nossos municípios possuíam baixa cobertura vegetal, apresentando média de 7.34 % (SD = ± 5.25) de cobertura florestal nos núcleos urbanos, valores inferiores aos limiares descritos por Cox e colaboradores (2017). Em relação à porcentagem de áreas florestais no município, um estudo na Holanda (Helbich et al., 2018) indicou limiares (79% da área do município) a partir do qual os espaços verdes provêm maiores benefícios para a saúde mental, valores também superiores aos dos municípios avaliados no presente estudo (Tabela 1).

Em relação à disponibilidade médica, apesar de nossa variável considerar a quantidade de médicos no município, não existem informações sobre o tempo de trabalho (horas semanais) que cada médico se dedica ao atendimento da população, assim como a localização das clínicas e hospitais (i.e., se estão distribuídos no município ou concentrados em determinadas regiões),

fatores que podem ser importante para determinar efeitos preventivos da assistência médica e, conseqüentemente, influenciar as taxas de internações. O IDHM apresentou pouca variação entre os municípios avaliados (Tabela 1), indicando uma similaridade na renda per capita, educação e longevidade médias na região e conseqüentemente, menor influência dessa variável na saúde da população do QF.

Em relação à influência da urbanização na saúde respiratória da população, o impacto positivo da urbanização na redução das taxas de internação por doenças respiratórias em adultos (15-59 anos) de ambos os sexos e nas mulheres idosas foi um resultado inesperado. Contudo, existem estudos que destacam a importância do local da residência para diferentes tipos de doenças respiratórias, como o realizado por Siddharthan e colaboradores (2019) que comparou a população urbana e rural em Uganda, identificando maior prevalência de doenças crônicas obstrutivas pulmonares na população rural, devido ao maior uso de biomassa vegetal no dia-a-dia (i.e. queima para preparo de alimentos), e maior prevalência de asma na população urbana (Siddharthan et al., 2019). Uma recente revisão (Sciaraffa et al., 2017) demonstrou correlação entre urbanização e piores índices de qualidade do ar, com maior frequência de asma e infecções respiratórias, quando comparadas populações rurais e urbanas. Contudo, cabe destacar que os municípios avaliados no presente estudo são de pequeno e médio porte (a população total variou de 3.513 até 202.942 pessoas), o que pode estar relacionado a menores níveis de poluição do ar decorrente da queima de combustíveis fósseis na frota viária.

Fatores relacionados à saúde preventiva, como facilidade de acesso físico e logístico a medicamentos, farmácias e hospitais, podem explicar as menores taxas de internação verificada em municípios nos quais as pessoas vivem mais nos ambientes urbanos que rurais. Em estudo realizado nos Estados Unidos, verificou-se maior presença de doenças crônicas obstrutivas pulmonares na população rural em comparação com a população urbana (Croft et al., 2018), o que pode ser explicado pela diferença no acesso aos sistemas de saúde entre as populações, devido a maior relutância da população rural a procurar a assistência médica preventiva, menor disponibilidade de serviços médicos na zona rural e maior dificuldade de acesso da população rural a esses serviços (Douthit et al., 2015). A maior densidade de estabelecimentos farmacêuticos, e conseqüente disponibilidade de medicamentos, são relacionadas com redução nas taxas de internação por doenças crônicas no Brasil por meio do Programa Farmácia Popular (PFP), assim como o tempo de exposição do município a este Programa Federal de fornecimento de medicamento gratuito ou de baixo custo (Almeida et al., 2019, 2018).

A cobertura vacinal apresentou pouca variação entre os municípios (média = 81,4%, SD = 8,9), o que pode explicar a inexistência de uma associação entre esta variável e a taxa de internações por doenças respiratórias. Outra possível explicação seria que as doenças preveníveis pela vacinação representam apenas uma pequena parte das doenças respiratórias totais. Do mesmo modo, os municípios apresentaram valores próximos de pluviosidade (média = 1385 mm, SD = 57), indicando uma similaridade climática entre os municípios avaliados e, portanto, uma inexistência de associação entre esta variável e as taxas de internações por doenças respiratórias.

A redução nas taxas de internação por doenças respiratórias para a população jovem (gênero feminino de 0-14 anos), observadas em nosso estudo em municípios com maior cobertura vegetal arbórea nos núcleos urbanos, pode ser explicada pela melhor qualidade do ar em municípios com mais vegetação na área urbana e/ou fatores relacionados ao incremento da imunidade da população pelo contato com maior biodiversidade de microrganismos. O fato de o modelo nulo ter sido ranqueado junto com outros modelos para a população masculina jovem de 0-14 anos (Tabela 2), gera incertezas sobre os fatores que influenciam as taxas de internação para o grupo. Deste modo, são necessários novos estudos, analisando um maior número de municípios, para verificar se os mesmos fatores que determinam as taxas de internação para a população jovem feminina também são determinantes para a população jovem masculina.

As árvores e arbustos urbanos são responsáveis por um conjunto de serviços ecossistêmicos, dentre os quais se destacam a melhoria da qualidade do ar pela remoção de poluentes (O_3 , PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO) através da absorção dos gases pelos estômatos foliares e interceptação dos materiais particulados pelas folhas e galhos (Nowak et al., 2006). Os benefícios para a saúde respiratória aumentam com a diversidade de árvores (Donovan et al., 2018), devendo-se evitar o plantio de espécies alergênicas na área urbana que possam desencadear piora nos quadros de asma e outras doenças respiratórias (Lai and Kontokosta, 2019). Em estudo realizado nos Estados Unidos, o serviço ecossistêmico de remoção de cinco poluentes do ar pelas árvores e arbustos urbanos foi estimado em 711 mil toneladas, valorados na época em US\$ 3,8 bilhões anuais (Nowak et al., 2006), demonstrando a importância de se estimar e valorar este serviço ecossistêmico e possibilitando que estas externalidades geradas por diversos setores da sociedade sejam internalizadas na economia (Nowak et al., 2006). Em estudo realizado com 750 municípios da Amazônia brasileira, foi identificado que maiores áreas de unidades de conservação de proteção integral, contribuíram para a redução de malária,

diarreias e infecções agudas respiratórias, evidenciando que os benefícios para a saúde pública gerados por essas áreas naturais podem compensar os seus custos (Bauch et al., 2015).

Outro mecanismo que poderia explicar os resultados encontrados sobre a saúde respiratória está relacionado a regulação e treinamento do sistema imune, dependente do contato com biodiversidade de microrganismos (Mills et al., 2019; Rook, 2013; Ruokolainen et al., 2015), especialmente nas fases iniciais da vida (Ruokolainen et al., 2015). A urbanização pode impactar as comunidades de microrganismos, reduzindo alguns táxons, alterando a dinâmica da comunidade e prejudicando processos e serviços ecossistêmicos, gerando prejuízos para o sistema imune e, conseqüentemente, à saúde humana (Mills et al., 2019). A manutenção e aumento das áreas verdes urbanas, especialmente aquelas com maior biodiversidade, pode contribuir para a redução nas taxas de doenças (Mills et al., 2019; Rook, 2013), contribuindo para menores taxas de internação por doenças respiratórias.

A título de exemplo, considerando apenas a população feminina de 0-14 anos e somente o serviço ecossistêmico relacionado à redução nas internações por doenças respiratórias no QF, cada 9,1 hectares (91.000m²) de florestas urbanas, ocasiona a redução de 1,0 (uma) internação por ano, gerando R\$ 1.116,77 de economia anual direta para o SUS. Cada hectare de floresta urbana contribui com a redução de 0,11 internações/ano e uma economia direta aproximada de R\$123/ano (Figura 2. Equação do gráfico B: $F(X) = 11.577 - 110.158*(X)$). Considerando toda a área de florestas urbanas dos municípios avaliados (1878,9 hectares) e o custo médio de internação, obtemos que os serviços ecossistêmicos das florestas urbanas dos 22 municípios do QF para a saúde respiratória são: redução anual de 206,7 internações de crianças (0-14 anos) do gênero feminino, economizando R\$ 230.814,21 anualmente ao SUS somente com gastos diretos das internações. Importante destacar que também existem outros impactos econômicos não quantificados decorrentes de efeitos indiretos dessas enfermidades, como afastamento do trabalho e redução na produtividade da família. Também existem outros benefícios prestados pelas áreas verdes urbanas que não foram valorados, como a redução das temperaturas locais (Nowak et al., 2006).

O impacto da mineração na saúde da população jovem (gênero feminino de 0-14 anos) é coerente com outro estudo realizado em Itabira, uma cidade mineradora no QF, o qual relacionou o aumento de atendimentos de crianças e adolescentes de ambos os sexos em pronto socorros com a poluição aguda do ar por material particulado inalável (PM₁₀) oriunda da mineração de ferro (Braga et al., 2007). Nosso estudo demonstra que esta relação pode ser um padrão em municípios que apresentam mineração de ferro a céu aberto, evidenciando a

necessidade da adoção de ações mitigadoras para a redução dos materiais particulados oriundos desses empreendimentos, objetivando reduzir o impacto na saúde de crianças e adolescentes por doenças respiratórias. Impactos na saúde respiratória da população, relacionados com atividades minerárias, também tem sido identificados em outras regiões do mundo, com aumento de bronquites crônicas, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas nos Estados Unidos (Mabila and Almborg, 2018) e Suécia (Björ et al., 2009; Hedlund et al., 2004).

A qualidade do ar em cidades mineradoras é afetada negativamente pela emissão de material particulado e aerossóis proveniente das atividades de extração, transporte, beneficiamento e estocagem do minério de ferro e dos estéréis e rejeitos gerados (Csavina et al., 2012; Tavares et al., 2017). O material particulado originário de minas a céu aberto apresenta potencial de atingir toda a zona urbana do município, contribuindo direta e/ou indiretamente para a poluição do ar e impactando a saúde da população (Braga et al., 2007; Csavina et al., 2012; Tavares et al., 2017). Fatores climáticos podem exacerbar estes efeitos, possibilitado que depósitos eflorescentes, com concentrações de metais e metaloides superiores ao restante do rejeito, sejam erodidas e carregadas pelo vento por longas distâncias, podendo representar um risco adicional para a saúde da população (Csavina et al., 2012; Meza-figueroa et al., 2009). A mineração a céu aberto apresenta, portanto, o maior risco potencial para a saúde humana e ambiental dentre as fontes naturais e antropogênicas de emissão de particulados aéreos (Csavina et al., 2012).

Em nosso estudo, como a população idosa (60 anos ou mais) masculina, mas não a idosa feminina, foi influenciada pela área de mineração do município, pode ser um indicativo de que este aumento nas internações esteja relacionado com atividades ocupacionais ocorridas ao longo da vida nas minerações que ocorrem historicamente na região do QF. Há um predomínio de funcionários do gênero masculino nas atividades de extração do minério (Björ et al., 2009; Mabila and Almborg, 2018; Shumate et al., 2018), atividades mais susceptíveis às doenças respiratórias (Björ et al., 2009; Hedlund et al., 2004; Mabila and Almborg, 2018).

Conclusões

Concluimos que alterações antrópicas da paisagem estão associadas à impactos na saúde pública. Enquanto a mineração impacta negativamente a saúde respiratória, a urbanização parece contribuir para redução nas taxas de internação para este grupo de doenças em cidades de pequeno e médio porte. Contudo, destaca-se que a urbanização é um fator responsável pela piora na saúde mental da população. A criação e manutenção de parques urbanos é uma política de saúde pública que previne a ocorrência de doenças respiratórias na população jovem, devendo ser estimulada e vista como investimento em qualidade de vida e redução de gastos com internações e perda de produtividade econômica. A quantificação e valoração dessas externalidades são fundamentais para a tomada de decisão sobre a realização ou não de determinado empreendimento. Contudo, cabe ressaltar que a valoração econômica *per se* não é capaz de internalizar todas as contribuições da natureza, especialmente aquelas relacionadas ao bem-estar humano. Talvez mais importante que o impacto econômico, é o valor imaterial deste serviço ecossistêmico, refletido no valor da vida e bem-estar das pessoas. Uma análise reducionista, focada apenas no valor material/financeiro não é capaz de permitir a correta valoração e internalização de serviços ecossistêmicos que lidem com o bem-estar humano, representado neste caso, pela saúde humana.

O método desenvolvido para este trabalho pode ser replicado para outras regiões do Brasil e do mundo, tendo se mostrado eficiente para a determinação de fatores socioeconômicos ambientais que contribuem para a saúde coletiva em países e região com base de dados geograficamente limitada aos municípios. Em futuras pesquisas seria interessante considerar a possível ocorrência de efeitos indiretos do aumento de doenças que são fatores de riscos para outras. Um exemplo disso, é o abuso de álcool e drogas, que além de estarem relacionado à saúde mental, também são fatores de risco para um grande grupo de doenças, assim como a poluição do ar por material particulado, importante fator de risco para doenças cardiovasculares, por exemplo (Lim et al., 2012). Outro importante incremento metodológico seria a possibilidade de se analisar temporalmente a influência das alterações da paisagem para cada paciente internado, com residência e local de trabalho georreferenciados para cada indivíduo, e considerando um grupo controle com pessoas sem enfermidades de modo a refinar a presente pesquisa.

A valoração dos impactos ambientais, assim como dos serviços ecossistêmicos, deve ser utilizada como uma ferramenta adicional para a tomada de decisão, de modo a internalizar os efeitos da depreciação do capital natural e possibilitar a redução na geração de passivos ambientais e consequente prejuízos social, econômico e ambiental para o poder público e toda a sociedade. É necessário levar em conta fatores invaloráveis para a correta tomada de decisão e definições de políticas públicas que se relacionam com o bem-estar humano e a conservação da biodiversidade.

Recomendações de ações e políticas públicas

O aumento da arborização urbana e criação de parques urbanos, objetivando a melhora da qualidade do ar pela retenção de materiais particulados realizada pela vegetação (Nowak et al., 2006), contribuirá para melhoria da saúde respiratória da população e consequente economia na saúde pública. Os recursos financeiros para a criação e manutenção de unidades de conservação nas regiões urbanas, poderia vir tanto das secretarias/ministérios do meio ambiente, quanto das secretarias/ministérios da saúde, por se tratar de uma infraestrutura de saúde preventiva. A criação desses parques urbanos deve seguir estratégias que combatam as injustiças ambientais, garantindo que toda a população, em especial a mais vulnerável socioeconomicamente, possa ser beneficiada por esses serviços ecossistêmicos, sem no entanto impulsionar a especulação imobiliária e o fenômeno da gentrificação (Wolch et al., 2014).

Aumentar o plantio de vegetação nativa em solos expostos de áreas mineradas, como nas áreas de extração de minério e as pilhas de estéreis, poderá contribuir para a redução dos materiais particulados. Também deve-se buscar reduzir e cobrir as áreas de deposição de rejeitos, fontes de sais eflorescentes com maior potencial de deslocamento e concentração de metais e metaloides (Meza-figueroa et al., 2009), contribuindo para mitigar impactos na saúde coletiva. É fundamental monitorar e analisar de forma segmentada as concentrações de metais pesados no material particulado oriundo das atividades das minas, considerando fases de extração, transporte, beneficiamento e deposição dos rejeitos de forma independente, para a determinação das corretas medidas de controle. Em relação aos trabalhadores dos complexos minerários, é fundamental o uso de equipamento de proteção individual (EPI) para a redução

na exposição aos materiais particulados. Sugere-se ainda, a realização de estudos de longa duração para acompanhar a saúde de trabalhadores das mineradoras em diferentes províncias minerárias e ao redor do mundo, em especial aqueles que trabalham/trabalharam sem EPI's.

O aumento da disponibilidade da assistência médica e medidas profiláticas nas zonas rurais, objetivando a redução do isolamento da população, poderá trazer conseqüente redução nas taxas de internações por doenças respiratórias. Assim como o aumento das áreas verdes nos núcleos urbanos para limiões que contribuem para a redução do stress, ansiedade e depressão (Cox et al., 2017), poderá contribuir para a melhora da saúde mental da população em regiões altamente urbanizadas, trazendo bem-estar e saúde para as pessoas e para a biodiversidade.

Referências bibliográficas

- Almeida, A.T.C. de, Sá, E.B. de, Vieira, F.S., Benevides, R.P. de S. e, 2019. Impacto do Programa Farmácia Popular do Brasil sobre a saúde de pacientes crônicos. *Rev. Saude Publica* 53, 1–11. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2019053000733>
- Almeida, A.T.C. de, Vieira, F.S., Sá, E.B. de, 2018. Os efeitos do acesso a medicamentos por meio do programa farmácia popular sobre a saúde de portadores de doenças crônicas não transmissíveis, in: Junior, N.L.S., Rocha, W.M., Mation, L.F. (Eds.), *CMAP 2016 a 2018: Estudos e Propostas Do Comitê de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas Federais*. Brasília, pp. 85–112.
- Atlas Brasil, 2019. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. <http://atlasbrasil.org.br/2013/> (accessed 02 August 2019).
- Bauch, S.C., Birkenbach, A.M., Pattanayak, S.K., Sills, E.O., 2015. Public health impacts of ecosystem change in the Brazilian Amazon. *PNAS* 112. <https://doi.org/10.1073/pnas.1406495111>
- Björ, B., Burström, L., Jonsson, H., Nathanaelsson, L., Damber, L., Nilsson, T., 2009. Fifty-year follow-up of mortality among a cohort of iron-ore miners in Sweden, with specific reference to myocardial infarction mortality. *Occup. Environ. Med.* 66, 264–8. <https://doi.org/10.1136/oem.2008.040147>
- Braga, A., Pereira, L.A., Procópio, M., André, P.A., Saldiva, P., 2007. Association between air pollution and respiratory and cardiovascular diseases in Itabira , Minas Gerais. *Cad. Saúde Pública* 23, 570–578.
- Bratman, G.N., Anderson, C.B., Berman, M.G., Cochran, B., Lindahl, T., Meyer-lindenberg, A., Mitchell, R., Ouyang, Z., Roe, J., Scarlett, L., Smith, J.R., Bosch, M. Van Den, Wheeler, B.W., White, M.P., Zheng, H., Daily, G.C., 2019. Nature and mental health : An ecosystem service perspective.
- Buvini, M., Medici, A., Fernández, E., Torres, A.C., 2006. Chapter 10. Gender Differentials in Health. *Dis. Control Priorities Dev. Ctries.* (2nd Ed. 195–210. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-6179-5/chpt-10>
- Carvalho, P.S.L. de, Silva, M.M. da, Rocio, M.A.R., Moszkowicz, J., 2014. Minério de ferro. *BNDES Setorial* 39, 197–234.
- Climate-Data, 2019. Minas Gerais. <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais-203/> (accessed 16 July 2019).
- Cox, Daniel T C, Hudson, H.L., Shanahan, D.F., Fuller, R.A., Gaston, K.J., 2017. The rarity of direct experiences of nature in an urban population. *Landsc. Urban Plan.* 160, 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.12.006>
- Cox, D.T.C., Shanahan, D.F., Hudson, H.L., Fuller, R.A., Gaston, K.J., 2018. The impact of urbanisation on nature dose and the implications for human health. *Landsc. Urban Plan.* 179, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.07.013>

- Cox, Daniel T.C., Shanahan, D.F., Hudson, H.L., Plummer, K.E., Siriwardena, G.M., Fuller, R.A., Anderson, K., Hancock, S., Gaston, K.J., 2017. Doses of neighborhood nature: The benefits for mental health of living with nature. *Bioscience* 67, 147–155. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw173>
- Croft, J.B., Wheaton, A.G., Liu, Y., Xu, F., Lu, H., Matthews, K.A., 2018. Urban-Rural County and State Differences in Chronic Obstructive Pulmonary Disease — United States, 2015. *Morb. Mortal. Wkly. Rep. - Centers Dis. Control Prev.* 67, 2011–2016.
- Csavina, J., Field, J., Taylor, M.P., Gao, S., Landázuri, A., Betterton, E.A., Sáez, A.E., 2012. A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. *Sci. Total Environ.* 433, 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.013>
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K.M.A., Baste, I.A., Brauman, K.A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P.W., van Oudenhoven, A.P.E., van der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C.A., Hewitt, C.L., Keune, H., Lindley, S., Shirayama, Y., 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science* (80-.). 359, 270–272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Donovan, G.H., Gatzliolis, D., Longley, I., Douwes, J., 2018. Vegetation diversity protects against childhood asthma: Results from a large New Zealand birth cohort. *Nat. Plants* 4, 358–364. <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0151-8>
- Donovan, G.H., Michael, Y.L., Gatzliolis, D., Mannetje, A. t., Douwes, J., 2019. Association between exposure to the natural environment, rurality, and attention-deficit hyperactivity disorder in children in New Zealand: a linkage study. *Lancet Planet. Heal.* 3, e226–e234. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30070-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30070-1)
- Douthit, N., Kiv, S., Dwolatzky, T., Biswas, S., 2015. Exposing some important barriers to health care access in the rural USA. *Public Health* 129, 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2015.04.001>
- Duarte, G.T., Ribeiro, M.C., Paglia, A.P., 2016. Ecosystem Services Modeling as a Tool for Defining Priority Areas for Conservation. *PLoS One* 11, e0154573. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154573>
- Frumkin, H., Bratman, G.N., Breslow, S.J., Cochran, B., Kahn, P.H., Lawler, J.J., Levin, P.S., Tandon, P.S., Varanasi, U., Wolf, K.L., Wood, S.A., 2017. Nature contact and human health: A research agenda. *Environ. Health Perspect.* 125, 1–18. <https://doi.org/10.1289/EHP1663>
- Fundação João Pinheiro (FJP), 2018. Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais. <http://iede.fjp.mg.gov.br/Catalogo.html> (accessed 11 June 2018).
- Galea, S., Uddin, M., Koenen, K., Study, N.H., 2011. The urban environment and mental disorders. *Epigenetics* 6, 400–404. <https://doi.org/10.4161/epi.6.4.14944>
- Google, 2019. Google Earth Pro. Version 7.3.2.5776.

Hedlund, U., Järholm, B., Lundbäck, B., 2004. Respiratory symptoms and obstructive lung diseases in iron ore miners: Report from the obstructive lung disease in northern Sweden studies. *Eur. J. Epidemiol.* 19, 953–958. <https://doi.org/10.1007/s10654-004-5194-7>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019. Censo 2010. <https://censo2010.ibge.gov.br/> (accessed 15 August 2019).

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Catálogo de Imagens. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> (accessed 01 June 2019).

Jacobi, C.M., Do Carmo, F.F., 2008. The contribution of ironstone outcrops to plant diversity in the iron quadrangle, a threatened Brazilian landscape. *Ambio* 37, 324–326. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2008\)37\[324:TCOIOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2008)37[324:TCOIOT]2.0.CO;2)

Klein, S.L., 2000. The effects of hormones on sex differences in infection: From genes to behavior. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 24, 627–638. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(00\)00027-0](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(00)00027-0)

Lai, Y., Kontokosta, C.E., 2019. The impact of urban street tree species on air quality and respiratory illness: A spatial analysis of large-scale, high-resolution urban data. *Health Place* 56, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.01.016>

Liddicoat, C., Bi, P., Waycott, M., Glover, J., Lowe, A.J., Weinstein, P., 2018. Landscape biodiversity correlates with respiratory health in Australia. *J. Environ. Manage.* 206, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.007>

Lim, S.S., Vos, T., Flaxman, A.D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., Amann, M., Anderson, H.R., Andrews, K.G., Aryee, M., Atkinson, C., Bacchus, L.J., Bahalim, A.N., Balakrishnan, K., Balmes, J., Barker-Collo, S., Baxter, A., Bell, M.L., Blore, J.D., Blyth, F., Bonner, C., Borges, G., Bourne, R., Boussinesq, M., Brauer, M., Brooks, P., Bruce, N.G., Brunekreef, B., Bryan-Hancock, C., Bucello, C., Buchbinder, R., Bull, F., Burnett, R.T., Byers, T.E., Calabria, B., Carapetis, J., Carnahan, E., Chafe, Z., Charlson, F., Chen, H., Chen, J.S., Cheng, A.T.A., Child, J.C., Cohen, A., Colson, K.E., Cowie, B.C., Darby, S., Darling, S., Davis, A., Degenhardt, L., Dentener, F., Des Jarlais, D.C., Devries, K., Dherani, M., Ding, E.L., Dorsey, E.R., Driscoll, T., Edmond, K., Ali, S.E., Engell, R.E., Erwin, P.J., Fahimi, S., Falder, G., Farzadfar, F., Ferrari, A., Finucane, M.M., Flaxman, S., Fowkes, F.G.R., Freedman, G., Freeman, M.K., Gakidou, E., Ghosh, S., Giovannucci, E., Gmel, G., Graham, K., Grainger, R., Grant, B., Gunnell, D., Gutierrez, H.R., Hall, W., Hoek, H.W., Hogan, A., Hosgood, H.D., Hoy, D., Hu, H., Hubbell, B.J., Hutchings, S.J., Ibeanusi, S.E., Jacklyn, G.L., Jasrasaria, R., Jonas, J.B., Kan, H., Kanis, J.A., Kassebaum, N., Kawakami, N., Khang, Y.H., Khatibzadeh, S., Khoo, J.P., Kok, C., Laden, F., Lalloo, R., Lan, Q., Lathlean, T., Leasher, J.L., Leigh, J., Li, Y., Lin, J.K., Lipshultz, S.E., London, S., Lozano, R., Lu, Y., Mak, J., Malekzadeh, R., Mallinger, L., Marcenes, W., March, L., Marks, R., Martin, R., McGale, P., McGrath, J., Mehta, S., Mensah, G.A., Merriman, T.R., Micha, R., Michaud, C., Mishra, V., Hanafiah, K.M., Mokdad, A.A., Morawska, L., Mozaffarian, D., Murphy, T., Naghavi, M., Neal, B., Nelson, P.K., Nolla, J.M., Norman, R., Olives, C., Omer, S.B., Orchard, J., Osborne, R., Ostro, B., Page, A., Pandey, K.D., Parry, C.D.H., Passmore, E., Patra, J., Pearce, N., Pelizzari, P.M., Petzold, M., Phillips, M.R., Pope, D., Pope, C.A., Powles, J., Rao, M., Razavi, H., Rehfuss, E.A., Rehm, J.T., Ritz, B., Rivara, F.P., Roberts, T., Robinson, C., Rodriguez-Portales, J.A., Romieu, I., Room, R., Rosenfeld, L.C., Roy, A., Rushton, L., Salomon, J.A., Sampson, U., Sanchez-Riera, L.,

- Sanman, E., Sapkota, A., Seedat, S., Shi, P., Shield, K., Shivakoti, R., Singh, G.M., Sleet, D.A., Smith, E., Smith, K.R., Stapelberg, N.J.C., Steenland, K., Stöckl, H., Stovner, L.J., Straif, K., Straney, L., Thurston, G.D., Tran, J.H., Van Dingenen, R., Van Donkelaar, A., Veerman, J.L., Vijayakumar, L., Weintraub, R., Weissman, M.M., White, R.A., Whiteford, H., Wiersma, S.T., Wilkinson, J.D., Williams, H.C., Williams, W., Wilson, N., Woolf, A.D., Yip, P., Zielinski, J.M., Lopez, A.D., Murray, C.J.L., Ezzati, M., 2012. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 380, 2224–2260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)
- Maas, J., Verheij, R.A., De Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F.G., Groenewegen, P.P., 2009. Morbidity is related to a green living environment. *J. Epidemiol. Community Health* 63, 967–973. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2012.2225641>
- Mabila, S.L., Almborg, K.S., 2018. High exposure mining occupations are associated with obstructive lung disease, National Health Interview Survey. *Am. J. Ind. Med.* 715–724. <https://doi.org/10.1002/ajim.22890>
- MapBiomias, 2019. Coleção 3.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. <http://mapbiomas.org/> (accessed em 06 June 2019).
- Meyer-Lindenberg, A., 2014. Social neuroscience and mechanisms of risk for mental disorders. *World Psychiatry* 13, 143–144. <https://doi.org/10.1002/wps.20121>
- Meza-figueroa, D., Maier, R.M., O-villanueva, M. De, Gómez-alvarez, A., Moreno-zazueta, A., Rivera, J., Campillo, A., Grandlic, C.J., Anaya, R., Palafox-reyes, J., 2009. Chemosphere The impact of unconfined mine tailings in residential areas from a mining town in a semi-arid environment: Nacozari, Sonora, Mexico. *Chemosphere* 77, 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.04.068>
- Miliauskas, C.R., Faus, D.P., Junkes, L., Rodrigues, R.B., Junger, W., Miliauskas, C.R., Faus, D.P., Junkes, L., Rodrigues, R.B., Junger, W., 2019. Associação entre internações psiquiátricas, cobertura de CAPS e atenção básica em regiões metropolitanas do RJ e SP, Brasil. *Cien. Saude Colet.* 24, 1935–1944. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018245.18862017>
- Mills, J.G., Brookes, J.D., Gellie, N.J.C., Liddicoat, C., Lowe, A.J., Sydnor, H.R., Thomas, T., Weinstein, P., Weyrich, L.S., Breed, M.F., Simon, H.M., Ishaq, S.L., 2019. Relating Urban Biodiversity to Human Health With the ‘ Holobiont ’ Concept. *Front. Microbiol.* 10, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00550>
- Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban For. Urban Green.* 4, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
- Nutsford, D., Pearson, A.L., Kingham, S., 2013. An ecological study investigating the association between access to urban green space and mental health. *Public Health* 127, 1005–1011. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2013.08.016>
- Os, J. Van, Kenis, G., Rutten, B.P.F., 2010. The environment and schizophrenia. *Nature* 468, 203–212. <https://doi.org/10.1038/nature09563>

- Pattanayak, S.K., Kramer, R.A., Vincent, J.R., 2017. Ecosystem change and human health: Implementation economics and policy. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 372. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0130>
- Piccininni, C., Michaelson, V., Janssen, I., Pickett, W., 2018. Outdoor play and nature connectedness as potential correlates of internalized mental health symptoms among Canadian adolescents. *Prev. Med. (Baltim)*. 112, 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.04.020>
- Ripple, W.J., Wolf, C., Newsome, T.M., Barnard, P., Moomaw, W.R., 2019. World Scientist’s Warning of a Climate Emergency. *Bioscience* 2000, 1–20.
- Romanelli, C., Cooper, D., Campbell-Lendrum, Diarmid, Maiero, M., Karesh, W.B., Hunter, D., Golden, C.D., 2015. Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health A State of Knowledge Review. *World Heal. Organ.* 364. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3679.6565>
- Rook, G.A., 2013. Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: An ecosystem service essential to health. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 18360–18367. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313731110>
- Ruokolainen, L., Von Hertzen, L., Fyhrquist, N., Laatikainen, T., Lehtomäki, J., Auvinen, P., Karvonen, A.M., Hyvärinen, A., Tillmann, V., Niemelä, O., Knip, M., Haahtela, T., Pekkanen, J., Hanski, I., 2015. Green areas around homes reduce atopic sensitization in children. *Allergy Eur. J. Allergy Clin. Immunol.* 70, 195–202. <https://doi.org/10.1111/all.12545>
- Sakiani, S., Olsen, N.J., Kovacs, W.J., 2013. Gonadal steroids and humoral immunity. *Nat. Rev. Endocrinol.* 9, 56–62. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.206>
- Sciaraffa, R., Borghini, A., Montuschi, P., Gerosa, G., Ricciardi, W., Moscato, U., 2017. Impact of air pollution on respiratory diseases in urban areas: a systematic review. *Eur. J. Public Health* 27. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckx189.117>
- Shumate, A.M., Yeoman, K., Victoroff, T., Evans, K., Karr, R., Sanchez, T., Sood, A., Laney, A.S., Laney, W.V., 2018. Comparison Across Mining Sectors 59, 789–794. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001078>.Morbidity
- Siddharthan, T., Grigsby, M., Morgan, B., Kalyesubula, R., Wise, R.A., Kirenga, B., Checkley, W., 2019. Prevalence of chronic respiratory disease in urban and rural Uganda. *Bull. World Health Organ.* 97, 318–327. <https://doi.org/10.2471/BLT.18.216523>
- Silveira, F.A.O., Negreiros, D., Barbosa, N.P.U., Buisson, E., Carmo, F.F., 2015. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. *Plant Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>
- Sistema Único de Saúde (SUS), 2019a. Plataforma DATASUS. <http://datasus.saude.gov.br/> (accessed 13 March 2019).
- Sistema Único de Saúde (SUS), 2019b. Plataforma DATASUS. <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/cadernos/cadernosmap.htm> (accessed 5 July 2019).
- Sistema Único de Saúde (SUS), 2019c. Plataforma DATASUS. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/pni/pniimuno.htm> (accessed 7 July 2019).

- Soga, M., Gaston, K.J., 2016. Extinction of experience: The loss of human-nature interactions. *Front. Ecol. Environ.* 14, 94–101. <https://doi.org/10.1002/fee.1225>
- Sonter, L.J., Barrett, D.J., Soares-Filho, B.S., Moran, C.J., 2014. Global demand for steel drives extensive land-use change in Brazil's Iron Quadrangle. *Glob. Environ. Chang.* 26, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.014>
- Steffen, W., Crutzen, P.J., McNeill, J.R., 2007. The anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio* 36, 614–621. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)
- Tavares, F.V.F., Ardisson, J.D., Rodrigues, P.C.H., Fabris, J.D., Fernandez-Outon, L.E., Feliciano, V.M.D., 2017. Ferruginous compounds in the airborne particulate matter of the metropolitan area of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 19683–19692. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9613-1>
- Trautmann, S., Rehm, J., Wittchen, H., 2016. The economic costs of mental disorders. *EMBO Rep.* 17, 1245–1249. <https://doi.org/10.15252/embr.201642951>
- Triguero-mas, M., Dadvand, P., Cirach, M., Martínez, D., Medina, A., Mompert, A., Basagaña, X., Gra, R., Nieuwenhuijsen, M.J., 2015. Natural outdoor environments and mental and physical health: Relationships and mechanisms. *Environ. Int.* 77, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.01.012>
- Triguero-mas, M., Donaire-gonzalez, D., Seto, E., Valentín, A., Martínez, D., Smith, G., Hurst, G., Carrasco-turigas, G., Masterson, D., Berg, M. Van Den, Ambròs, A., Martínez-íñiguez, T., Dedele, A., Ellis, N., Grazulevicius, T., Voorsmit, M., Cirach, M., Cirac-claveras, J., Swart, W., Clasquin, E., Ruijsbroek, A., Maas, J., Jerret, M., Gra, R., Kruize, H., Gidlow, C.J., Nieuwenhuijsen, M.J., 2017. Natural outdoor environments and mental health: Stress as a possible mechanism. *Environ. Res.* 159, 629–638. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.048>
- Twohig-bennett, C., Jones, A., 2018. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environ. Res.* 166, 628–637. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.030>
- Van den Berg, M., Van Poppel, M., Van Kamp, I., Andrusaityte, S., Balseviciene, B., Cirach, M., Danileviciute, A., Ellis, N., Hurst, G., Masterson, D., Smith, G., Triguero-Mas, M., Uzdaviciute, I., Wit, P. de, Van Mechelen, W., Gidlow, C., Grazuleviciene, R., Nieuwenhuijsen, M.J., Kruize, H., Maas, J., 2016. Visiting green space is associated with mental health and vitality: A cross-sectional study in four european cities. *Heal. Place* 38, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.01.003>
- Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A.D., Poirier, C., Gałuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E.C., Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Richter, D.D.B., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Waple, M., Williams, M., Zhisheng, A., Grinevald, J., Odada, E., Oreskes, N., Wolfe, A.P., 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* (80-.). 351. <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., Dias, B.F. de S., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., Mace, G.M., Marten, R., Myers, S.S., Nishtar, S.,

Osofsky, S.A., Pattanayak, S.K., Pongsiri, M.J., Romanelli, C., Soucat, A., Vega, J., Yach, D., 2015. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *Lancet Comm.* 386, 1973–2028.

Wolch, J.R., Byrne, J., Newell, J.P., 2014. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘ just green enough .’ *Landsc. Urban Plan.* 125, 234–244. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>

Zock, J.P., Verheij, R., Helbich, M., Volker, B., Spreeuwenberg, P., Strak, M., Janssen, N.A.H., Dijst, M., Groenewegen, P., 2018. The impact of social capital, land use, air pollution and noise on individual morbidity in Dutch neighbourhoods. *Environ. Int.* 121, 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.09.008>

CAPÍTULO 2

Colapso das unidades de conservação federais do Brasil: o exemplo do Estado de Minas Gerais

Autores: Matteus Carvalho Ferreira^{1*}, Lucas Neves Perillo^{1,2,3}, Maria Auxiliadora Drumond¹, Flávio Henrique Guimarães Rodrigues¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

² Bocaina Biologia da Conservação, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

³ Departamento de Biodiversidade Evolução e Meio Ambiente, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil

*E-mail para correspondência: matteuscarvalho.bio@gmail.com

Resumo: Historicamente desempenhando um papel de destaque como membro da Convenção sobre Diversidade Biológica, do Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas e de vários outros acordos ambientais internacionais, o Brasil detém a maior biodiversidade do mundo. Para avaliar como o Governo Federal brasileiro tem investido recursos financeiros em suas Unidades de Conservação (UCs), avaliamos os valores orçamentários anuais para cada uma das 18 UCs federais em Minas Gerais (MG), um estado brasileiro megadiverso. O orçamento de 2019 apresentou queda de 73,6% em relação a 2018, o maior corte orçamentário da história do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. É necessário que sejam investidos mais recursos para evitar o colapso do sistema nacional de unidades de conservação.

Palavras-chave: Cortes Orçamentários; Serviços Ecossistêmicos; Meio Ambiente; Legislação Ambiental; Políticas Públicas; Biologia da Conservação

Introdução

Desde 1937, 334 Unidades de Conservação (UCs) federais foram criadas no Brasil (ICMBio, 2019) com o principal objetivo de proteger áreas com alta relevância biótica, abiótica e social. No entanto, a implementação efetiva do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000) ainda enfrenta vários desafios, como falta de infraestrutura básica, baixo número de funcionários e problemas de regularização fundiária (Medeiros et al., 2011). Embora o ato de criação da UC seja suficiente para alcançar efeitos de conservação positivos, como redução da perda de habitat (Geldmann et al., 2013) ou evitar o desmatamento (Nolte et al., 2013), recursos financeiros insuficientes limitam a eficácia da gestão (Bruner et al., 2004; Medeiros et al., 2011).

Estudos recentes demonstraram os grandes benefícios econômicos da rede de UCs no Brasil, especialmente considerando o setor do turismo, responsável por um impacto econômico estimado de R\$ 2,5 a 6,1 bilhões (R\$ 1 = US\$ 0,25, 23 de outubro), gerando de 77 mil a 133 mil empregos em 2016 (Young e Medeiros, 2018). As UCs também têm importância na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (Ricketts et al., 2010). Para as UCs brasileiras, Young e Medeiros (2018) avaliaram conservadoramente os estoques de carbono em R\$ 130,3 bilhões, com benefícios anuais variando de R\$ 3,9 a R\$ 7,8 bilhões devido ao desmatamento evitado. Eles também calcularam a contribuição anual das UCs brasileiras para manutenção dos recursos hídricos (R\$ 59,8 bilhões), pela soma da proteção fluvial para geração hidrelétrica (R\$ 23,6 bilhões), prevenção de erosão (R\$ 7,8 bilhões) e usos consultivos (irrigação, indústria e consumo humano – R\$ 28,4 bilhões). Esses dados, associados ao fato de que para cada R\$ 1 investido nas UCs, R\$ 7 retornaram em benefícios econômicos (Souza et al., 2017), evidenciam que a alocação de recursos financeiros para manutenção, expansão e melhoria do SNUC não pode ser considerado como despesa, mas sim, um excelente investimento com um considerável custo-benefício socioeconômico (Gantioler et al., 2010; Young e Medeiros, 2018).

Apesar da indiscutível importância socioeconômica e ambiental das UCs, movimentos políticos nos últimos anos ameaçam esse patrimônio global de biodiversidade. Além de recentes propostas de projetos de lei que visam enfraquecer e alterar a legislação ambiental (Fearnside, 2016; Silveira et al., 2018) e de constantes cortes no orçamento (Bernard et al., 2014; Magnusson et al., 2018), o atual Ministério do Meio Ambiente (MMA) adotou medidas, como a censura de dados públicos, que reduzem a transparência das ações do Instituto Brasileiro de

Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), os maiores órgãos federais que trabalham na gestão e preservação ambiental brasileira (Moraes, 2019).

Considerando esse cenário de sérios retrocessos na agenda ambiental brasileira, compilamos os valores do orçamento anual para cada uma das UCs federais de Minas Gerais (MG) de 2008 a 2019, contemplando toda a série histórica do ICMBio, para avaliar a política de investimentos do Governo Federal nas UCs.

Métodos

Selecionamos MG (área territorial: 586.528 km²) devido ao seu destaque no cenário ambiental brasileiro, abrigando dois hotspots de biodiversidade mundial, o Cerrado e a Mata Atlântica (Mittermeier et al., 2004), além do bioma Caatinga e dos campos rupestres, ecossistema que apresenta uma alta taxa de espécies endêmicas (Carmo et al., 2018; Silveira et al., 2016), em especial os geossistemas ferruginosos, constantemente ameaçados pela mineração de ferro e mantenedores de grandes reservas hídricas (Gama e Matias, 2015).

O estado de Minas Gerais possui 18 UCs federais (Figura 1), com uma área total de 1.573.662 hectares que protegem, entre outras áreas, bacias hidrográficas de grande importância nacional, como o Rio Doce e o Rio São Francisco, ambas recentemente impactadas por grandes desastres minerários (Carmo et al., 2017; Cionek et al., 2019; Santos et al., 2019).

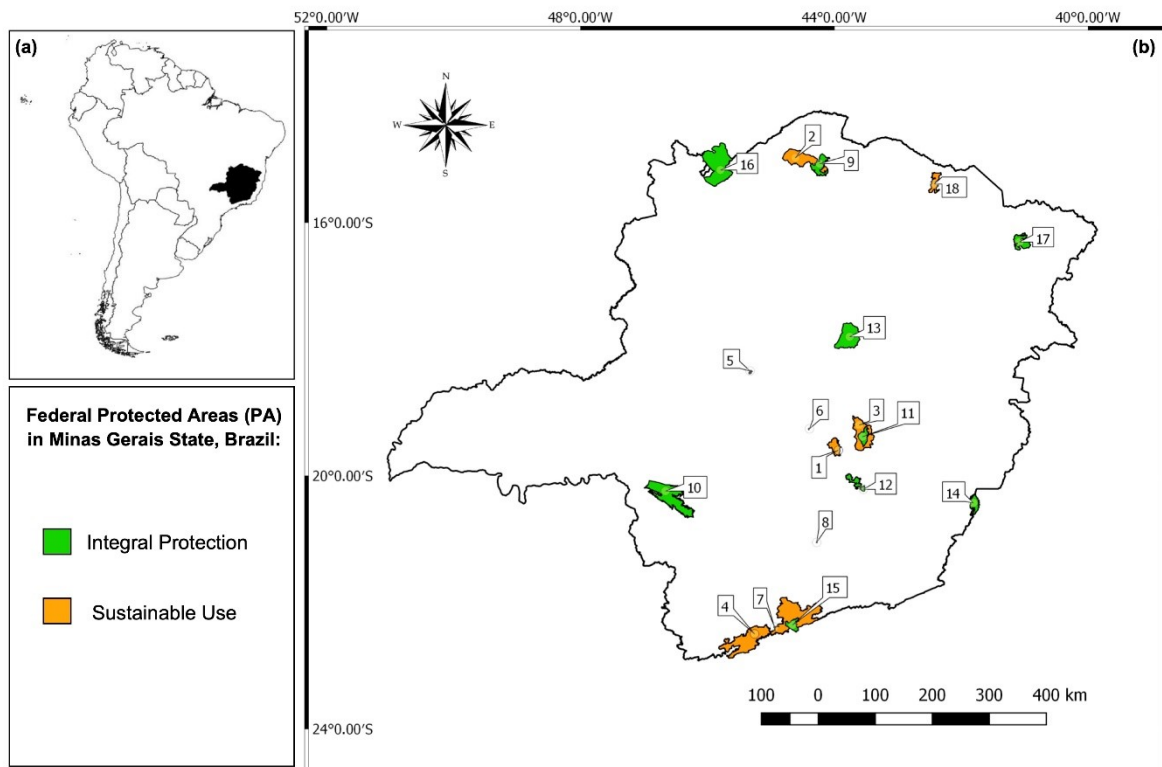


Figura 1. (a) Localização da área de estudo, o Estado de Minas Gerais, Brasil; (b) distribuição das Unidades de Conservação federais de Proteção Integral (Verde) e de Uso Sustentável (Laranja) no Estado de Minas Gerais, Brasil: 1 - Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa; 2 - Área de Proteção Ambiental Cavernas do Peruaçu; 3 - Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira; 4 - Área de Proteção Ambiental Serra da Mantiqueira; 5 - Estação Ecológica de Pirapitinga; 6 - Floresta Nacional de Paraopeba; 7 - Floresta Nacional Passa Quatro; 8 - Floresta Nacional de Ritópolis; 9 - Parque Nacional Cavernas do Peruaçu; 10 - Parque Nacional Serra da Canastra; 11 - Parque Nacional da Serra do Cipó; 12 - Parque Nacional Serra do Gandarela; 13 - Parque Nacional Sempre-Vivas; 14 - Parque Nacional Caparaó; 15 - Parque Nacional do Itatiaia; 16 - Parque Nacional Grande Sertão Veredas; 17 - Reserva Biológica Mata Escura; 18 - Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras.

Utilizamos apenas dados oficiais de órgãos governamentais: dados públicos obtidos no site do órgão ambiental federal (ICMBio) ou solicitados através da Lei Brasileira de Acesso à Informação (BRASIL, 2011). Esses dados representam o valor financeiro alocado por meio da Lei Orçamentária Anual (LOA) para cada UC, mas não necessariamente o valor gasto em cada ano, devido a possíveis contingenciamentos de valores, e não incluem as despesas com

pagamento de funcionários. Os valores anuais desde 2008 também foram reajustados considerando a inflação anual da moeda pelo IPCA (Índice de Preços ao Consumidor), sempre utilizando o período de referência (ano anterior). Os valores da LOA de 2019 não foram reajustados.

Para calcular o investimento anual por hectare para cada categoria de UC: Proteção Integral (categorias I e II - União Internacional para Conservação da Natureza - IUCN) e Uso Sustentável (categorias V e VI - IUCN), realizamos uma média ponderada considerando os valores de investimento anual e respectivas áreas de cada categoria. A variação do investimento foi calculada pela razão entre os valores de 2019 em comparação à 2018 e à média de todos os anos anteriores (2008 a 2018), quando necessário.

Resultados e Discussão

Apesar de termos tido sucesso em obter os dados orçamentários anuais para as UCs federais de MG, por meio da Lei Brasileira de Acesso à Informação (BRASIL, 2011), não foi possível obter os dados orçamentários anuais das UCs estaduais da mesma forma. Em contato com o órgão ambiental responsável pela gestão, o Instituto Estadual de Florestas, obtivemos a seguinte resposta: *“Em resposta ao Pedido em pauta e, de acordo com manifestação da Diretoria de Administração e Finanças - DAF deste Instituto Estadual de Florestas, não dispomos do nível de detalhamento de programação e execução orçamentária por Unidade de Conservação - UC, conforme requerido pelo solicitante.”* Ambas as solicitações (governo federal e estadual) se encontram anexos.

Apesar do presente trabalho não avaliar a política de investimentos do governo de MG nas UCs, a negativa na disponibilização dos dados orçamentários das UCs estaduais de Minas Gerais, evidencia um de dois cenários: ou o Governo do Estado não está fornecendo as informações que possui, mesmo quando solicitadas por meio da Lei Brasileira de Acesso à Informação (Brasil, 2011), ou o próprio órgão gestor das UCs não possui os dados básicos para sua gestão individualizada. Qualquer que seja a razão, ela é extremamente grave e evidencia um descompromisso governamental com uma gestão ambiental técnica e eficiente, comprometendo o desenvolvimento do território.

O orçamento total originalmente alocado para as UCs federais em 2019 foi de R\$ 3.955.382,76 - 73,63% inferior a 2018 (R\$ 14.997.515,85), o maior corte de orçamento na história do ICMBio (Figura 2). Esses valores, que ainda podem ter sido reduzidos devido à contingenciamento de 23% no atual orçamento do MMA (Ministério da Economia, 2019), comprometem o gerenciamento eficaz dessas UCs, como a elaboração de planos de manejo e a regularização fundiária.

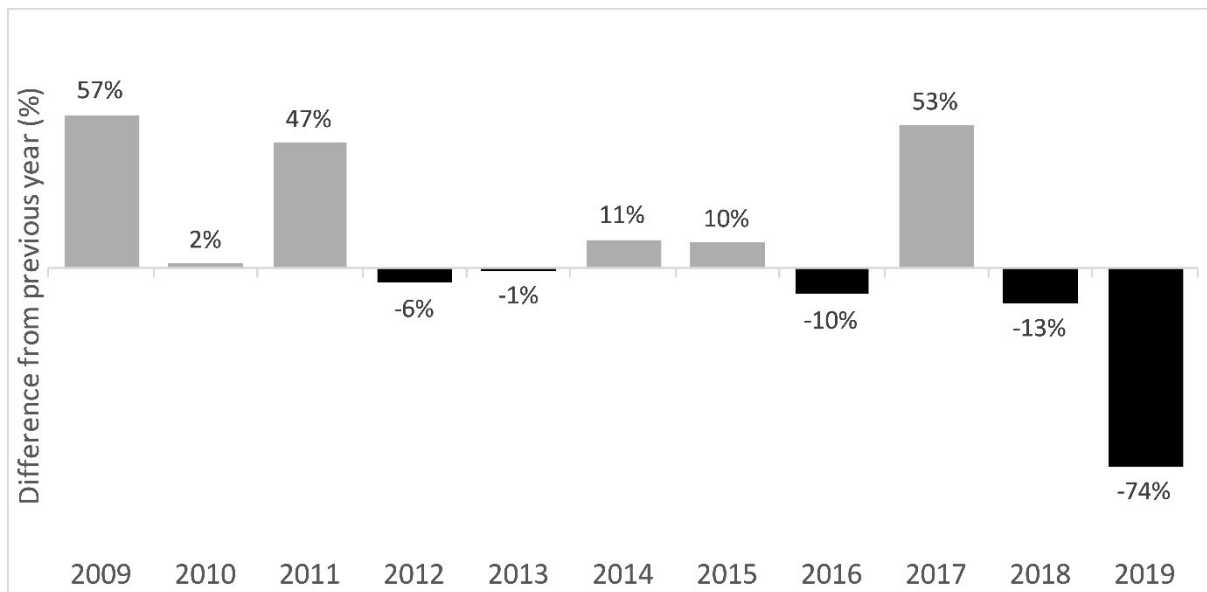


Figura 2. Alterações orçamentárias (%) nas UCs federais de MG em comparação ao ano anterior, considerando toda a série histórica do ICMBio (2008-2019). Valores anuais ajustados pelo IPCA.

Analisando o corte orçamentário em cada categoria, houve uma queda de 50% na Reserva de Desenvolvimento Sustentável (VI-IUCN), 64% nos Parques Nacionais (II-IUCN), 86% nas Áreas de Proteção Ambiental (V-IUCN), 93% na Estação Ecológica (Ia-IUCN), 95% nas Florestas Nacionais (VI-IUCN) e 97% na Reserva Biológica (Ia-IUCN) (Figura 3). Como exemplo, a Área de Proteção Ambiental Cavernas do Peruaçu (categoria V da IUCN), que tinham um orçamento de R\$ 218.960,58 em 2018, não teve um centavo para 2019. O Parque Nacional Caparaó (categoria II da IUCN), apesar de seu apelo turístico expressivo (54.548 visitantes documentados em 2015) também sofreu uma drástica redução no orçamento, passando de R\$ 1.224.303,50 em 2018 para R\$ 77.814,47 em 2019 (uma queda de 93,64%). Os valores detalhados para cada uma das UCs estão no Material Suplementar.

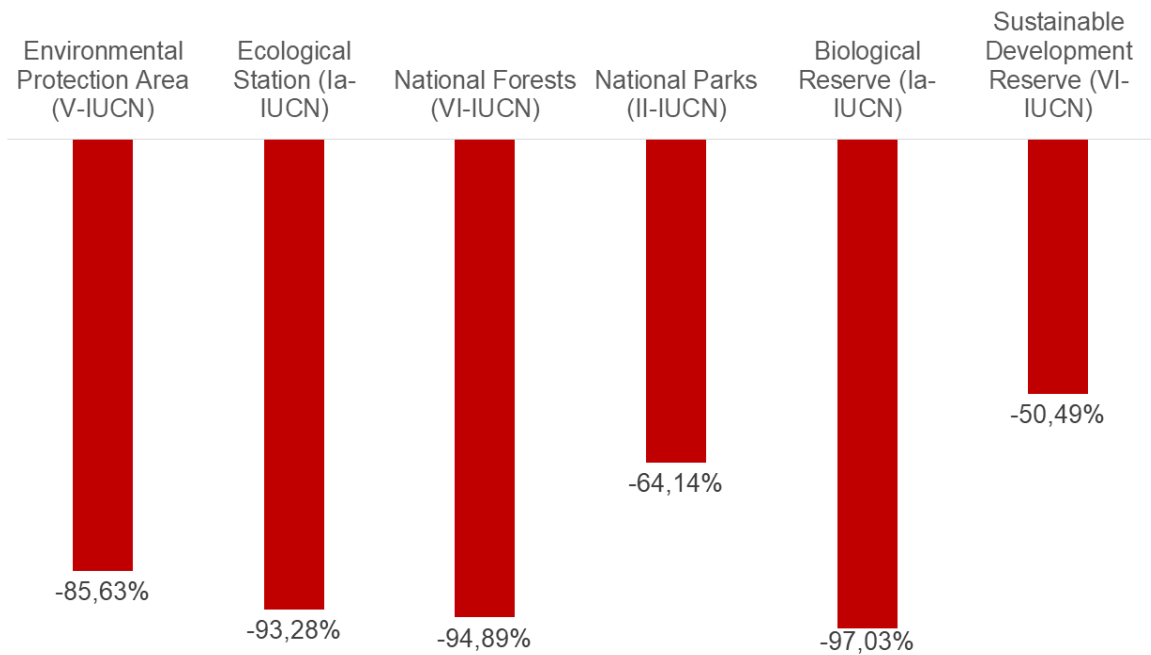


Figura 3. Alterações orçamentárias (%) em cada categoria de UCs federais em MG, comparando 2019 e 2018. Valores anuais ajustados pelo IPCA.

Quando são analisados os investimentos anuais por hectare (R\$/ha) nas categorias de Uso Sustentável (categorias IV, V e VI da IUCN) e Proteção Integral (categorias I e II da IUCN), surgem números ainda mais alarmantes (Figura 4). Se em 2018, o recurso médio foi de R\$ 2,94/ha para a categoria Uso Sustentável e R\$ 16,16/ha para a categoria Proteção Integral, apenas R\$ 0,33/ha e R\$ 4,71/ha foram destinados em 2019, uma redução de 88,77% e 70,85%, respectivamente. Quando os valores de 2019 são comparados com a média histórica anual (de 2008 a 2018), a redução é de 87,29% e 62,09%, demonstrando que essa queda no orçamento não tem precedentes na história do ICMBio.



Figura 4. Orçamento anual por área (R\$/hectare), para as Unidades de Conservação Federais de Proteção Integral (verde) e de Uso Sustentável (amarelo). Valores anuais ajustados pelo IPCA. (R\$ 1 = US\$ 0,25, 23 de outubro).

A histórica negligência ambiental piorou na previsão orçamentária para 2019, comprometendo atividades básicas de gerenciamento e gerando incertezas preocupantes sobre os futuros orçamentos governamentais para as UCs federais no Brasil. São necessários investimentos para a regularização fundiária de várias UCs, surpreendentemente incluindo o Parque Nacional do Itatiaia, a UC mais antiga do Brasil, criada em 1937 (ICMBio, 2019). Outra necessidade urgente do sistema de UCs brasileiras é a elaboração e atualização dos Planos de Manejo, o documento mais importante previsto em lei para garantir a gestão das UCs. Sete das 18 UCs possuem Planos de Manejo com 10 anos ou mais e cinco não os possuem (ICMBio, 2019). Isso ocorre desrespeitando uma lei que exige que esses documentos sejam elaborados dentro de cinco anos após a criação da UC (BRASIL, 2000). A alocação orçamentária insuficiente para essa atividade obrigatória é um ato histórico de sucateamento das UCs. Alocações orçamentárias incompatíveis com o cumprimento das obrigações legais da administração das UCs é um ato contra o SNUC.

Para exemplificar o negligenciamento histórico dos investimentos do Brasil nas UCs, Estados Unidos, África do Sul e Argentina investiram em 2010, 156,12; 67,09 e 21,37 R\$/ha, respectivamente, valores muito mais altos do que os investidos nas UCs brasileiras (4,43 R\$/ha) considerando o mesmo período (Medeiros et al., 2011). Uma solução proposta pelo governo é a concessão de algumas atividades das UCs ao setor privado, mas a concessão das UCs deve

ser cuidadosamente avaliada, devido a possíveis conflitos de interesse de empresas sem compromisso com a conservação da biodiversidade, que podem se beneficiar indevidamente dessa estratégia. É fundamental que os objetivos de criação das UCs sejam respeitados, assim como os alvos de conservação, as comunidades do entorno e as obrigações legais (Brasil, 2000).

Apesar desse problema histórico, o atual presidente brasileiro, Jair Bolsonaro, e seus ministros mostram um desengajamento governamental com uma gestão ambiental técnica e eficiente, evidenciada por declarações ideológicas sobre o Acordo de Paris (Rochedo et al., 2018), projetos controversos (Abessa et al., 2019) e censura de dados de agências governamentais que contradizem narrativas do governo (Tollefson, 2019). Essas ações já estão comprometendo o desenvolvimento do território e prejudicando a conservação da biodiversidade e a mitigação das mudanças climáticas (Ferrante e Fearnside, 2019). A redução de recursos financeiros internacionais para a região amazônica (Mendes, 2019) piora esse cenário, pois os poucos recursos existentes do governo federal podem ser realocados para suprir esse déficit financeiro, com impactos futuros nas UCs fora da região amazônica.

É inaceitável que um dos maiores ativos brasileiros tenha sido tratado historicamente como algo supérfluo. A alocação de recursos para setores que geram resultados socioeconômicos positivos, direta e indiretamente (como as UCs) deve ser uma obrigação de qualquer governo, independentemente de sua ideologia política. Se não houver uma mudança urgente de paradigma para considerar as questões ambientais como fundamentais para as pessoas, não seremos capazes de alcançar um desenvolvimento sustentável, garantindo os benefícios socioambientais e econômicos proporcionados direta e indiretamente pelas áreas naturais. Devemos agir, com a participação dos tomadores de decisão, pesquisadores e todos os outros setores da sociedade para evitar o colapso das UCs brasileiras.

Referências bibliográficas

- Abessa, D., Famá, A., Buruaem, L., 2019. The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 510–511. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0855-9>
- Bernard, E., Penna, L.A.O., Araújo, E., 2014. Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. *Conserv. Biol.* 28, 939–950. <https://doi.org/10.1111/cobi.12298>
- BRASIL, 2011. Lei Federal 12.527, de 18 de novembro de 2011 [WWW Document]. *Diário da República*, 1a série - no 116. URL <https://dre.pt/application/file/67508032> (accessed 7.20.19).
- BRASIL, 2000. Lei Federal N° 9.985, de 18 de julho de 2000 [WWW Document]. URL http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm (accessed 7.20.19).
- Bruner, A.G., Gullison, R.E., Balmford, A., 2004. Financial Costs and Shortfalls of Managing and Expanding Protected-Area Systems in Developing Countries. *Bioscience* 54, 1119–1126. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[1119:fcasom\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[1119:fcasom]2.0.co;2)
- Carmo, Flávio Fonseca do, Kamino, L.H.Y., Junior, R.T., Campos, I.C. de, Carmo, Felipe Fonseca do, Silvino, G., Castro, K.J. da S.X. de, Mauro, M.L., Rodrigues, N.U.A., Miranda, M.P. de S., Pinto, C.E.F., 2017. Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. *Perspect. Ecol. Conserv.* 15, 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.06.002>
- Carmo, F., da Mota, R., Kamino, L., Jacobi, C., 2018. Check-list of vascular plant communities on ironstone ranges of south-eastern Brazil: dataset for conservation. *Biodivers. Data J.* 6, e27032. <https://doi.org/10.3897/bdj.6.e27032>
- Cionek, V.M., Alves, G.H.Z., Tófoli, R.M., Rodrigues-Filho, J.L., Dias, R.M., 2019. Brazil in the mud again: lessons not learned from Mariana dam collapse. *Biodivers. Conserv.* 10–13. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01762-3>
- Fearnside, P.M., 2016. Brazilian politics threaten environmental policies. *Science* (80-.). 353, 746–748. <https://doi.org/10.1126/science.aag0254>
- Ferrante, L., Fearnside, P.M., 2019. Brazil’s new president and ‘ruralists’ threaten Amazonia’s environment, traditional peoples and the global climate. *Environ. Conserv.* 1–3. <https://doi.org/10.1017/S0376892919000213>
- Gama, E.M., Matias, G.P., 2015. Hidrogeologia e os Geossistemas Ferruginosos, in: Carmo, F.F., Kamino, L.H.Y. (Eds.), *Geossistemas Ferruginosos Do Brasil: Áreas Prioritárias Para Conservação Da Diversidade Geológica e Biológica, Patrimônio Cultural e Serviços Ambientais*. 3i Editora, Belo Horizonte - Brazil, pp. 103–124.
- Gantioler, S., Rayment, M., Bassi, S., Kettunen, M., McConville, A., Landgrebe, R., Gerdes, H., ten Brink, P., 2010. Costs and Socio-Economic Benefits associated with the Natura 2000

Network. Final report to the European Commission. Institute for European Environmental Policy / GHK / Ecologic, Brussels.

Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M., Burgess, N.D., 2013. Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biol. Conserv.* 161, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.018>

ICMBio, I.C.M. de C. da B., 2019. Unidades de Conservação [WWW Document].

Magnusson, W.E., Grelle, C.E. V., Marques, M.C.M., Rocha, C.F.D., Dias, B., Fontana, C.S., Bergallo, H., Overbeck, G.E., Vale, M.M., Tomas, W.M., Cerqueira, R., Collevatti, R., Pillar, V.D., Malabarba, L.R., Lins-e-Silva, A.C., Neckel-Oliveira, S., Martinelli, B., Akama, A., Rodrigues, D., Silveira, L.F., Scariot, A., Fernandes, G.W., 2018. Effects of Brazil's Political Crisis on the Science Needed for Biodiversity Conservation. *Front. Ecol. Evol.* 6, 1–5. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00163>

Medeiros, R., Young, C.E.F., Pavese, H.B., Araújo, F.F.S., 2011. Contribuição das unidades de conservação para a economia nacional. UNEP-WCMC, Brasília.

Mendes, K., 2019. Germany cuts \$39.5 million in environmental funding to Brazil. Mongabay.

Ministry of Economy, 2019. Decreto de Programação Orçamentária e Financeira referente ao primeiro bimestre de 2019 [WWW Document]. URL <http://www.economia.gov.br/area-de-imprensa/notas-a-imprensa/2019/03/decreto-de-programacao-orcamentaria-e-financeira-referente-ao-primeiro-bimestre-de-2019> (accessed 7.30.19).

Mittermeier, R.A., Robles, G.P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., C.G., M., Lamoreux, J., da Fonseca, G.A.B., 2004. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered ecoregions. CEMEX, Mexico City.

Moraes, F.T., 2019. Folha de São Paulo - Ministério do Meio Ambiente impõe mordada ao Ibama [WWW Document]. Ministério do Meio Ambient. impõe mordada ao Ibama. URL <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/03/ministerio-do-meio-ambiente-impoe-mordaca-ao-ibama.shtml> (accessed 7.30.19).

Nolte, C., Agrawal, A., Silviu, K.M., Soares-Filho, B.S., 2013. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 4956–4961. <https://doi.org/10.1073/pnas.1214786110>

Ricketts, T.H., Soares-Filho, B., da Fonseca, G.A.B., Nepstad, D., Pfaf, A., Petsonk, A., Anderson, A., Boucher, D., Cattaneo, A., Conte, M., Creighton, K., Linden, L., Maretti, C., Moutinho, P., Ullman, R., Victurine, R., 2010. Indigenous lands, protected areas, and slowing climate change. *PLoS Biol.* 8, 6–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000331>

Rochedo, P.R.R., Soares-Filho, B., Schaeffer, R., Viola, E., Szklo, A., Lucena, A.F.P., Koberle, A., Davis, J.L., Rajão, R., Rathmann, R., 2018. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nat. Clim. Chang.* 8, 695–698. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0213-y>

Santos, O.S.H., Avellar, F.C., Alves, M., Trindade, R.C., Menezes, M.B., Ferreira, M.C., França, G.S., Cordeiro, J., Sobreira, F.G., Yoshida, I.M., Moura, P.M., Baptista, M.B., Scotti,

- M.R., 2019. Understanding the Environmental Impact of a Mine Dam Rupture in Brazil: Prospects for Remediation. *J. Environ. Qual.* 48, 439. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.04.0168>
- Silveira, F.A.O., Ferreira, M.C., Perillo, L.N., Carmo, F.F., Neves, F.S., 2018. Brazil's protected areas under threat. *Science* (80-.). 361, 459. <https://doi.org/10.1126/science.aau4222>
- Silveira, F.A.O., Negreiros, D., Barbosa, N.P.U., Buisson, E., Carmo, F.F., Carstensen, D.W., Conceição, A.A., Cornelissen, T.G., Echternacht, L., Fernandes, G.W., Garcia, Q.S., Guerra, T.J., Jacobi, C.M., Lemos-Filho, J.P., Le Stradic, S., Morellato, L.P.C., Neves, F.S., Oliveira, R.S., Schaefer, C.E., Viana, P.L., Lambers, H., 2016. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. *Plant Soil* 403, 129–152. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>
- Souza, T. do V.S.B., Thapa, B., Rodrigues, C.G. de O., Imori, D., 2017. Contribuições do Turismo em Unidades de Conservação federais para a Economia Brasileira: Efeitos dos Gastos dos Visitantes em 2015. ICMBio, Brasília.
- Tollefson, J., 2019. 'Tropical Trump' sparks unprecedented crisis for Brazilian science. *Nature* 572, 161–162. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02353-6>
- Young, C.E.F., Medeiros, R., 2018. Quanto Vale o Verde: A Importância Econômica das Unidades de Conservação Brasileiras. Conservação Internacional - CI-Brasil, Rio de Janeiro.

Material Suplementar: Orçamento federal anual para as Unidades de Conservação Federais do Estado de Minas Gerais, Brasil.

Protected Area	PA Categori es (IUCN)	Law	Are a (ha)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ENVIRONMENTAL PROTECTED AREA CARSTE DA LAGOA SANTA	V-IUCN	DEC 98.881 de 25/01/1990	37, 736	R\$ 20,834	R\$ 247,10	R\$ 208,20	R\$ 335,60	R\$ 489,81	R\$ 1,061,	R\$ 253,36	R\$ 387,63	R\$ 409,80	R\$ 259,04	R\$ 170,79	R\$ 18,295
ENVIRONMENTAL PROTECTED AREA CAVERNAS DO PERUAÇU	V-IUCN	DEC 98.182 de 26/09/1989	143 6	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 45,775	R\$ 380,29	R\$ 681,39	R\$ 144,57	R\$ 307,01	R\$ 65,340
ENVIRONMENTAL PROTECTED AREA MORRO DA PEDREIRA	V-IUCN	DEC 98.891 de 26/01/1990	131 1	R\$ 8,217,	R\$ 7,839,	R\$ 44,670	R\$ 185,66	R\$ 7,988,	R\$ 15,533	R\$ 21,544	R\$ 6,427,	R\$ 0,00	R\$ 36,965	R\$ 218,96	R\$ 0,00
ENVIRONMENTAL PROTECTED AREA SERRA DA MANTIQUEIRA	V-IUCN	DEC 91.304 de 03/06/1985	437 5	R\$.38	R\$ 5,18	R\$ 5,04	R\$ 1,35	R\$ 7,43	R\$ 773,60	R\$ 2,09	R\$ 7,31	R\$ 5,16	R\$ 1,22	R\$ 1,01	R\$.45
PIRAPITINGA ECOLOGICAL STATION	Ia-IUCN	DEC 94.656, de 20/07/1987	1,3 85	R\$ 91,779	R\$ 278,04	R\$ 253,08	R\$ 370,66	R\$ 389,93	R\$ 374,00	R\$ 414,25	R\$ 436,41	R\$ 409,74	R\$ 273,23	R\$ 252,88	R\$ 16,995
PARAOPEBA NATIONAL FOREST	VI-IUCN	Portaria 248 de 18/07/2001	203	R\$ 34,749	R\$ 229,76	R\$ 176,83	R\$ 294,51	R\$ 274,63	R\$ 251,41	R\$ 249,48	R\$ 331,97	R\$ 322,65	R\$ 291,62	R\$ 269,23	R\$ 16,995
PASSA QUATRO NATIONAL FOREST	VI-IUCN	Portaria 562 de 25/10/1968	335	R\$ 117,90	R\$ 317,90	R\$ 380,65	R\$ 682,78	R\$ 524,08	R\$ 493,50	R\$ 457,59	R\$ 524,31	R\$ 611,69	R\$ 630,67	R\$ 428,70	R\$ 29,151
RITÁPOLIS NATIONAL FOREST	VI-IUCN	DEC S/N de 21/09/1999	89	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 381,41	R\$ 386,06	R\$ 358,12	R\$ 358,00	R\$ 493,17	R\$ 14,767
CAVERNAS DO PERUAÇU NATIONAL PARK	II-IUCN	DEC S/N de 21/09/1999	56, 449	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 347,41	R\$ 380,29	R\$ 345,04	R\$ 248,03	R\$ 164,52	R\$ 65,340
SERRA DA CANASTRA NATIONAL PARK	II-IUCN	DEC 70.355, de 03/04/1972	197 2	R\$ 648,22	R\$ 1,210,	R\$ 1,033,	R\$ 1,813,	R\$ 2,563,	R\$ 1,672,	R\$ 1,435,	R\$ 1,629,	R\$ 1,526,	R\$ 4,175,	R\$ 1,708,	R\$ 496,03
SERRA DO CIPÓ NATIONAL PARK	II-IUCN	DEC 90.223, de 25/09/1984	31, 640	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 784,45	R\$ 787,86	R\$ 795,82	R\$ 1,374,	R\$ 472,36	R\$ 238,30
SERRA DO GANDARELA NATIONAL PARK	II-IUCN	DEC S/N, de 13/10/2014	31, 271	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 13,534	R\$ 184,40	R\$ 54,083
SEMPRE VIVAS NATIONAL PARK	II-IUCN	DEC S/N, de 13/12/2002	124 15	R\$ 226,18	R\$ 833,44	R\$ 577,23	R\$ 853,75	R\$ 584,98	R\$ 835,24	R\$ 629,29	R\$ 724,51	R\$ 764,79	R\$ 773,92	R\$ 735,99	R\$ 382,93
CAPARAÓ NATIONAL PARK	II-IUCN	DEC 50.646, de 24/05/1961	6 763	R\$ 9,30	R\$ 9,33	R\$ 5,95	R\$ 2,07	R\$ 1,17	R\$ 3,31	R\$ 2,55	R\$ 9,91	R\$ 3,00	R\$ 4,00	R\$ 7,14	R\$ 2,54
ITATIAIA NATIONAL PARK	II-IUCN	DEC 1.713, de 14/06/1937	28, 086	R\$ 259,51	R\$ 643,83	R\$ 757,31	R\$ 1,106,	R\$ 1,038,	R\$ 1,008,	R\$ 1,103,	R\$ 1,073,	R\$ 1,180,	R\$ 1,568,	R\$ 1,224,	R\$ 77,814
GRANDE SERTÃO VEREDAS NATIONAL PARK	II-IUCN	DEC 97.658, de 12/04/1989	230 85	R\$ 5,43	R\$ 0,18	R\$ 6,23	R\$ 194,22	R\$ 380,39	R\$ 999,27	R\$ 729,22	R\$ 554,90	R\$ 581,23	R\$ 624,88	R\$ 303,50	R\$.47
MATA ESCURA BIOLOGICAL RESERVE SUSTENTABLE DEVELOPMENT RESERVE NASCENTES GERAIZEIRAS	Ia-IUCN	DEC 1.713, de 14/06/1937	28, 086	R\$ 2,828,	R\$ 2,598,	R\$ 3,263,	R\$ 4,369,	R\$ 3,604,	R\$ 2,949,	R\$ 3,735,	R\$ 4,059,	R\$ 3,498,	R\$ 4,945,	R\$ 5,213,	R\$ 2,226,
	II-IUCN	DEC 97.658, de 12/04/1989	230 85	R\$ 247,39	R\$ 262,00	R\$ 228,69	R\$ 326,52	R\$ 320,29	R\$ 325,02	R\$ 732,47	R\$ 349,20	R\$ 300,23	R\$ 370,60	R\$ 356,46	R\$ 65,920
	VI-IUCN	DEC S/N de 13/10/2014	38, 177	R\$ 8,95	R\$ 7,31	R\$ 2,73	R\$ 9,49	R\$ 5,42	R\$ 5,45	R\$ 7,52	R\$ 4,83	R\$ 5,74	R\$ 4,34	R\$ 7,07	R\$.56
	VI-IUCN	DEC S/N de 05/06/2003	50, 892	R\$ 80,617	R\$ 456,19	R\$ 210,56	R\$ 240,51	R\$ 249,91	R\$ 225,16	R\$ 331,90	R\$ 428,12	R\$ 320,91	R\$ 1,282,	R\$ 2,361,	R\$ 70,037
	VI-IUCN	DEC S/N de 13/10/2014	38, 177	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5,580,	R\$ 57,566	R\$ 106,46	R\$ 52,715
TOTAL			1,5 73, 662	R\$ 4,648, 172	R\$ 7,315, 060	R\$ 7,436, 431	R\$ 10,926, 462	R\$ 10,323, 575	R\$ 10,253, 159	R\$ 11,363, 105	R\$ 12,453, 822	R\$ 11,249, 743	R\$ 17,235, 168	R\$ 14,997, 516	R\$ 3,955, 383

ANEXOS

Anexo A: Solicitação ao ICMBio, por meio da Lei Brasileira de Acesso à Informação (BRASIL, 2011), para obtenção dos dados orçamentários anuais das UCs federais de MG.

Dados do Pedido

Protocolo	02680000287201918
Solicitante	Matteus Carvalho Ferreira
Data de Abertura	05/02/2019 18:44
Orgão Superior Destinatário	MMA – Ministério do Meio Ambiente
Orgão Vinculado Destinatário	ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
Prazo de Atendimento	25/02/2019
Situação	Respondido
Status da Situação	Acesso Concedido (Resposta solicitada inserida no e-SIC)
Forma de Recebimento da Resposta	Pelo sistema (com avisos por email)
Resumo	Orçamento Unidades de Conservação de MG
Detalhamento	Prezados, gostaria de solicitar o envio de informações sobre o orçamento destinado para as Unidades de Conservação do Estado de Minas Gerais em cada ano de 2000 até 2018, assim como as origens dos recursos (Ministério do meio ambiente, do planejamento, outros...). Se possível, gostaria que os arquivos fossem disponibilizados em formato de planilha Excel. As informações serão utilizadas para fins acadêmicos. Muito obrigado.

Dados da Resposta

Data de Resposta 20/02/2019 12:05
Tipo de Resposta Acesso Concedido
Classificação do Tipo de Resposta Resposta solicitada inserida no e-SIC

Resposta

Prezado Sr. Matteus,

Em resposta a vossa solicitação, esclarecemos que o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) foi criado em 2007 por meio da Lei n.º 11.516, de 28/08/2007. Assim, o ICMBio possui somente as informações sobre o orçamento destinado para as Unidades de Conservação do Estado de Minas Gerais a partir de 2008, quando as Unidades listadas tiveram movimentações orçamentárias registradas nos sistemas.

Quanto à origem dos recursos, informamos que os gastos e investimentos realizados foram previsto nas Leis Orçamentárias Anuais (LOA), dos respectivos anos.

Segue anexa planilha com as informações solicitadas.

Att.

SIC/ICMBio

(61) 2028-9699

Responsável pela Resposta

Coordenação de Orçamento e Finanças - COOF

Anexo B: Solicitação ao IEF, por meio da Lei Brasileira de Acesso à Informação (BRASIL, 2011), para obtenção dos dados orçamentários anuais das UCs estaduais de MG.

Dados do Pedido

Protocolo	0210000002201914
Solicitante	Matteus Carvalho Ferreira
Data de abertura	21/02/2019
Orgão Superior Destinatário	Instituto Estadual de Florestas - IEF
Orgão Vinculado Destinatário	
Prazo de atendimento	18/03/2019
Situação	Respondido
Status da Situação	Acesso Concedido (Resposta solicitada inserida no e-SIC)
Forma de recebimento da resposta	Pelo sistema (com avisos por email)
Descrição	Prezados, gostaria de solicitar o envio de informações sobre o orçamento destinado para cada uma das Unidades de Conservação do Estado de Minas Gerais em cada ano, de 2000 até 2019, assim como as origens dos recursos. Se possível, gostaria que os arquivos fossem disponibilizados em formato de planilha Excel. As informações serão utilizadas para fins acadêmicos. Muito obrigado.

Dados da Resposta

Data de resposta	26/03/2019
Tipo de resposta	Acesso Concedido
Classificação do Tipo de resposta	Resposta solicitada inserida no e-SIC
Resposta	Em resposta ao Pedido em pauta e, de acordo com manifestação da Diretoria de Administração e Finanças - DAF deste Instituto Estadual de Florestas, não dispomos do nível de detalhamento de programação e execução orçamentária por Unidade de Conservação - UC, conforme requerido pelo solicitante. Atenciosamente, Maria de Fátima B. Machado Assessoria/Gabinete IEF

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário garantir que as externalidades e os serviços ecossistêmicos estejam inseridos nas análises de custo-benefício para a correta tomada de decisão sobre o desenvolvimento do território, de modo a evitar a privatização dos lucros e socialização dos prejuízos. Ignorar essa necessidade é uma aposta que não deveríamos estar dispostos a fazer, considerando o contexto das mudanças climáticas e dos pontos de ruptura dos sistemas ambientais (Lenton et. al., 2019).

Apesar de tamanha urgência, as Unidades de Conservação, nosso melhor instrumento para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, estão sendo severamente enfraquecidas. O histórico de baixos investimentos verificados nesta dissertação, demonstra que essas áreas nunca receberam o devido reconhecimento. A queda de 73% no orçamento de 2019 das UC's federais de Minas Gerais, indicam que o atual governo federal apresenta uma visão antiquada e reducionista sobre a temática do desenvolvimento. É inadmissível que se invista anualmente somente R\$ 0.33/ha (UC's de Uso Sustentável) e R\$ 4.71/ha (UC's de Proteção Integral). As áreas naturais possuem um valor imensamente maior que este. Somente a contribuição das florestas urbanas para a saúde respiratória da população foi valorada no presente trabalho em R\$ 123/ha, mais de 26 vezes o investimento realizado em UC's de Proteção Integral e mais de 370 vezes o investimento nas de Uso Sustentável, por exemplo.

A estratégia adotada neste trabalho vai ao encontro de publicações recentes sobre as Contas Econômicas Ambientais (CEA), com cadernos publicados sobre a Água, Energia e Floresta, que buscam mostrar a importância socioeconômica do capital natural para a sociedade (GIZ, 2019). Os nossos achados contribuem para o preenchimento de uma parte da lacuna do conhecimento sobre os benefícios da natureza para a saúde mental e respiratória da população humana no Brasil, demonstrando a necessidade de serem contabilizados esses benefícios nas CEA, subsidiando os futuros cálculos do Produto Interno Verde (PIV), Lei federal nº 13.493/2017.

É necessária a criação da obrigatoriedade de serem estudados, e considerados nas tomadas de decisão, os impactos ambientais e as redes de interrelações que são gerados nas cadeias produtivas dos empreendimentos que lidam com os recursos naturais, renováveis e não renováveis. Para auxiliar na quantificação destes impactos ocultos, propomos a criação de um Instrumento Normativo (ex: Projeto de Lei, Deliberação Normativa) que obrigue a realização

de Estudos de Passivos Ambientais no início do processo de Licenciamento Ambiental, de modo a contabilizar os benefícios da natureza e a depreciação do capital natural nas análises de custo-benefício para as tomadas de decisão sobre a realização ou não do empreendimento. Tal medida contribuirá para evitar, mitigar e compensar os impactos ambientais, auxiliando na conservação da biodiversidade e valorização das áreas naturais, podendo prover recursos para o fortalecimento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Para tanto, é necessária a determinação de quais os passivos que são gerados em cada tipo de grande empreendimento, como mineração, crescimento urbano e agronegócio, direcionando esses estudos caso a caso. Propomos a realização de um workshop para a elaboração desta listagem de itens e elaboração do instrumento normativo, com foco inicial no Estado de Minas Gerais.

Tal estratégia vai ao encontro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, em especial: ODS 3 (Saúde e bem-estar), ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima), ODS 14 (Vida na Água) e ODS 15 (Vida Terrestre), contribuindo para a elaboração de políticas públicas para a conservação da biodiversidade e desenvolvimento socioeconômico no Antropoceno.

Referências bibliográficas

GIZ (2019). Contas Econômicas Ambientais: O que são? Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Brasília/DF: 2019. 28 p.

Lenton, T. M., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W., & Schellnhuber, H. J. (2019). Climate tipping points — too risky to bet against. *Nature*, 575(7784), 592–595. doi:10.1038/d41586-019-03595-0