Avaliação de Risco e Vulnerabilidade a desastres por protocolos de campo: uma análise quantitativa e qualitativa dos Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR) de São Bernardo do Campo e Franco da Rocha (2020-2021)

Resumo:

A maioria das metodologias de avaliações de risco de desastre foi desenvolvida por profissionais de ciências naturais e o Quadro de Sendai da ONU reconhece a necessidade de incluir nesses métodos as complexas conexões intercalares dos processos físicos com a vulnerabilidade social, especialmente em países em desenvolvimento. Este projeto tem como objetivo analisar a experiência de inclusão de informações de vulnerabilidade social em protocolos de campo dos Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR) de São Bernardo do Campo e Franco da Rocha (2020-2021). Pretende-se estruturar uma base de dados georreferenciados com os dados dos protocolos de campo sobre os setores de risco, e em seguida, analisar a relação entre vulnerabilidade e risco por meio do método de florestas aleatórias ordinais. Por fim, pretende-se tecer reflexões qualitativas sobre as limitações e potencialidades da inclusão dos aspectos de vulnerabilidade nos estudos de caso analisados.

1. Introdução

O Marco de Sendai para Redução de Riscos de Desastres, endossado em 2015 pela Assembleia Geral das Nações Unidas, estabelece como metas para 2030 aumentar o número de países com estratégias nacionais e locais para redução do risco de desastres, bem como ajudar os países em desenvolvimento na implementação de tais estratégias. Ao desenvolver estratégias para redução do risco de desastres, a atenção principal deve ser dada à compreensão dos riscos, considerando, entre outros aspectos, o nível de vulnerabilidade social, especialmente nas periferias.

Inicialmente, nas últimas décadas, foram desenvolvidas estratégias de avaliação natural do risco de desastres, principalmente por profissionais de geotecnia e geologia, mas com pouca atenção aos aspectos sociais. Atualmente, passamos de um paradigma tecnocrático, focado em soluções tecnológicas e julgamentos de especialistas, para uma perspectiva que incorpora mais aspectos sociais (Nogueira et al., 2018). Contudo, avaliar a vulnerabilidade social representa um grande desafio nos países em desenvolvimento devido à falta de conhecimento e recursos.

O uso de listas de verificação padronizadas de campo também possui um longo histórico de uso na identificação e caracterização de riscos geotécnicos (Carvalho et al., 2007) e da necessidade de auxílio humanitário (OCHA, 2013), no contexto dos instrumentos de gestão de riscos de desastres. Esta prática se enquadra nos métodos mais gerais de protocolos de avaliação rápida de campo, amplamente utilizados na área ambiental, com aplicações em planejamento rural e urbano (Brose, 2001), priorização de áreas para conservação da biodiversidade (Alonso et al., 2011), avaliação de ecossistemas ribeirinhos (Parsons et al., 2002), delimitação e conservação de áreas úmidas (Fenessy et al., 2007), recifes de coral (Lang et al., 2010), áreas de recarga de aquíferos (Vasconcelos et al., 2013), cavernas (Donato et al., 2014) e valoração de serviços ecossistêmicos (Neugarten et al., 2016).

Nos protocolos de avaliação de campo, podem ser identificados algumas características frequentes. Geralmente, a metodologia envolve uma preparação de dados secundários em escritório, uma visita de um dia (ou algumas horas) ao local estudado, e uma posterior sistematização dos dados em escritório novamente (Fenessy et al., 2007). O levantamento de informações normalmente é realizado em pontos representativos (ou seja, não é um levantamento de amostragem sistemática extensiva) e em geral é focado em informações qualitativas visuais (embora alguns casos possam contar com instrumentos de medição simples) guiados por uma escala de níveis graduais. A repetição sistemática do procedimento de avaliação rápida permite estender o monitoramento de forma padronizada ao longo do espaço e do tempo, mesmo quando realizado por equipes diferentes.

Os protocolos de avaliação rápida podem ser uma ferramenta importante como um levantamento preliminar, de forma a planejar melhor a alocação de recursos para diagnósticos posteriores mais aprofundados (Alonso et al., 2011). Eles também são úteis para uniformização de procedimentos de visitas de campo de equipes profissionais, garantindo eficiência e equidade na avaliação de riscos e impactos (Vasconcelos, 2014). Os protocolos de avaliação rápida de campo também têm sido utilizados como recursos didáticos, desde o ensino básico (Guimarães et al., 2017) até o nível superior (Callisto et al., 2002), podendo também ser utilizados para cursos rápidos de treinamento e aperfeiçoamento profissional. Nesses casos, a metodologia permite guiar a atenção dos estudantes para aspectos relevantes durante o trabalho de campo, além de fornecer uma base de dados para análise a partir da sistematização da coleta dos diferentes grupos.

As listas de verificação padronizadas para avaliação de risco de desastres foram desenvolvidas com foco em informações geotécnicas e de engenharia. Seu uso tem se dado no treinamento de profissionais de defesa civil, bem como na formação de profissionais de nível superior para atuação na área de redução de riscos de desastres. Operacionalmente, essas listas são utilizadas por órgãos de defesa civil em suas visitas de campo, bem como na elaboração de Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRRs), para atribuição do grau de riscos para cada setor visitado. Após a identificação das informações sobre o setor de estudo, o aplicador faz uma reflexão qualitativa holística sobre as informações levantadas e atribui um grau de risco, bem como indica as ações que deveriam ser realizadas para mitigar o risco (Carvalho et al., 2007).

2. Breve descrição dos objetivos e metas

Este projeto tem como objetivo avaliar a inserção de elementos de vulnerabilidade social nas listas de verificação padronizadas de campo. Toma-se como estudo de caso a elaboração dos PMRRs de São Bernardo do Campo e Franco da Rocha nos anos de 2020 e 2021, ambos na região metropolitana de São Paulo. Apresenta-se como a construção de bases de dados espaciais e sua análise por algoritmos de inteligência artificial podem ser úteis para subsidiar reflexões qualitativas quanto aos potenciais, limitações e possíveis aprimoramentos das atividades sobre redução de desastres.

3. Metodologia

3.1. Contexto de aplicação

Entre 2020 e 2021, foram atualizados os PMRRs de São Bernardo do Campo e Franco da Rocha, processo em que participaram os autores deste artigo. Como uma das etapas deste projeto, foi atualizado um protocolo de campo que inclui uma lista padronizada de verificação em campo, preliminar à atribuição do grau de risco a cada setor analisado. Utilizou-se como base a ficha geotécnica de campo utilizada pelos membros do projeto desde 2014 em atividades didáticas de formação de estudantes de graduação e projetos de extensão universitária. Primeiramente, a ficha de campo foi revisada e atualizada com base nas fichas de campo de Brasil (2006) e Carvalho et al. (2007), bem como na experiência acadêmica e aplicada dos diversos participantes do projeto.

O principal foco da atualização foi incluir elementos de vulnerabilidade social, com base nas propostas conceituais de Nogueira et al. (2018). A Ficha de Campo é apresentada no apêndice deste projeto. Entre os principais acréscimos relacionados à vulnerabilidade social, estão:

1) Legislação aplicável (Zonas de Interesse Social e de Regularização fundiária)

2) Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)

3) Tempo de ocupação

4) Evidências de fragilidade construtiva, de instabilidade estrutural ou de degradação significativa da edificação

5) Desorganização espacial e/ou adensamento excessivo das edificações na área vistoriada, afetando fluxos de drenagem superficial

6) Condições de mobilidade (vielas, pavimentação, desorganização das vias)

7) Coleta de resíduos sólidos regular

8) Acúmulo de lixo significativo no entorno da moradia

9) Ligações irregulares de energia elétrica

10) Evidência clara de perigo ou impacto ou dano à moradia por ocorrência pretérita, sem que haja providência observável de reparo ou mitigação por parte do morador

11) Lançamento desorganizado de águas servidas sobre taludes

12) Intervenções não estruturais existentes (plano preventivo de defesa civil, núcleos de proteção e defesa civil, atividades simuladas, capacitações, sistemas de alarme, sistemas de alerta, rotas de fuga, organização comunitária).

13) Capacidade de enfrentamento do problema a partir de intervenções ou ações observáveis

14) Presença de moradores idosos, crianças, deficientes, dependentes químicos ou alcoólicos

Após a validação do protocolo e ficha de campo, foram realizadas atividades de simulação de campo para treinamento da equipe. Em seguida, foram realizados voos de VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados) para obtenção de fotos oblíquas das vertentes dos setores a serem visitados, permitindo a preparação para a visita de campo. Também foi realizada uma ficha de apoio de campo para cada área visitada, contendo informações secundárias sobre geologia, geomorfologia, susceptibilidade a desastres, histórico de ocorrências de desastres, densidade construtiva, sistema viário, áreas de preservação permanente, índice paulista de vulnerabilidade social, proximidade de equipamentos de saúde e de educação, e zoneamento do plano diretor municipal, De setembro de 2020 a janeiro de 2021, duas equipes de campo visitaram e avaliaram 229 setores de risco em Franco da Rocha e 126 setores de risco em São Bernardo do Campo. Para cada um dos setores, foi preenchida uma ficha de campo, e os limites dos setores foram agregados em uma base de dados geográficos. Todas as etapas do projeto contaram com a colaboração dos departamentos de defesa civil municipais e com representantes das comunidades mapeadas.

3.2. Análise quantitativa dos resultados

Na primeira etapa deste projeto, os dados das fichas de campo serão compilados e unificados em uma base de dados geográficos, em que, para cada polígono de setor de risco visitado, será possível obter, em uma tabela de atributos, as informações levantadas na ficha de campo. Essa base de dados será compartilhada com os departamentos de defesa civil de São Bernardo do Campo e de Franco da Rocha, como um aspecto de extensão deste projeto. Com essa base de dados, os profissionais dessas prefeituras poderão ter mais autonomia para visualização e atualização dos dados de seus setores de risco.

Para análise quantitativa dos dados, será utilizada a técnica de Árvores Aleatórias Ordinais (Ordinal Random Forests) (Hornung, 2020), para avaliar a forma com que os atributos da ficha de campo contribuíram para a classificação do grau de risco de cada setor. Pretende-se, com isso, avaliar quais elementos observáveis em campo foram mais relevantes para a classificação de risco. A análise de florestas aleatórias é um algoritmo de aprendizado de máquina bastante utilizado, devido à sua propriedade de evitar o sobreajustamento (overfitting), ou seja, evitar que os modelos, apesar de se ajustarem bem aos dados observados, sejam pouco úteis para predição sobre novos dados (Breiman, 2001). Escolheu-se a técnica de Árvores Aleatórias Ordinais em virtude de a variável predita (grau de risco) ser de natureza ordinal (grau 2, 3 e 4), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos setores de risco.

|  |  |
| --- | --- |
| Grau de risco | Descrição |
| 1- Baixo a inexistente (não incluído no projeto, pois esses setores foram excluídos da visita de campo.) | Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano.​ |
| 2 - Médio | Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.​​ |
| 3 – Alto | Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano. |
| 4 – Muito alto | Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano. |

Serão realizadas três versões do modelo de Árvores Aleatórias Ordinais:

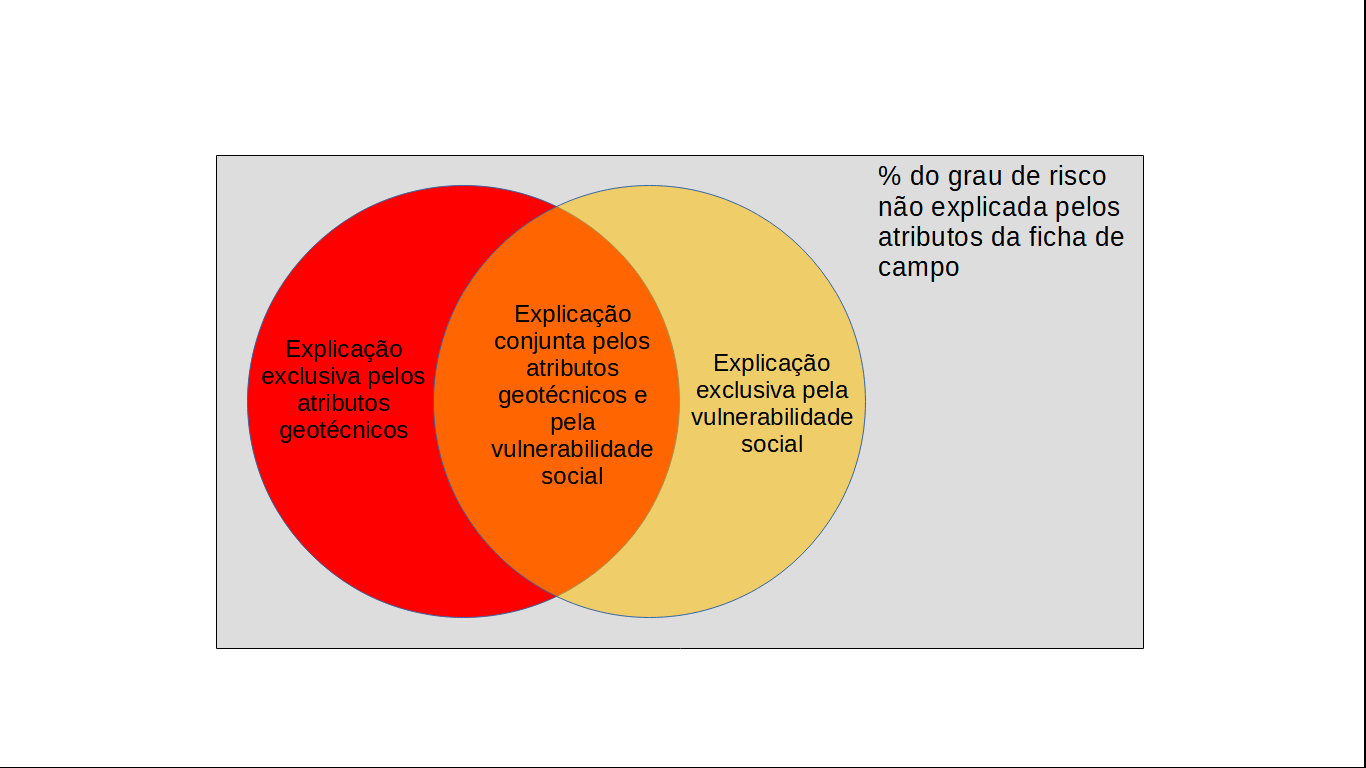
1) Usando todos os atributos da ficha de campo como variáveis preditivas.

2) Usando apenas os atributos relacionados diretamente à vulnerabilidade social aos desastres.

3) Usando apenas os atributos geotécnicos, isto é, os atributos não utilizados na versão 2.

Com base nos resultados desses três modelos, será realizado um diagrama de partição de variância (Borcard et al., 1992) para explicar como os atributos de vulnerabilidade social e geotécnicos contribuem para a atribuição de risco, bem com a intersecção entres essas duas dimensões, conforme o esquema conceitual da Figura 1. A relevância de cada um dos atributos na explicação do grau de risco será avaliada por meio de Gráficos de Importância de Variáveis.

Figura 1 – Proposta conceitual de partição de variância entre atributos geotécnicos e de vulnerabilidade social



Não se pretende neste projeto propor que a classificação de riscos por aprendizado de máquina substitua a avaliação qualitativa holística de atribuição de classes de risco nos PMRRs. Neste sentido, tem-se como hipótese basilar que a avaliação qualitativa do especialista de campo consegue considerar itens que não são possíveis de formalizar em uma ficha de campo simplificada. Além disso, o especialista exerce sua capacidade de ponderação da influência de cada fator no contexto específico de campo, bem como considera a combinação sinérgica dos diferentes fatores de risco. Desta forma, a área em cinza da Figura 1, correspondente à porcentagem do grau de risco não explicada pelos atributos da ficha de campo, corresponderá especialmente à essa capacidade do avaliador em ir além da ficha de campo para qualificar o grau de risco. Todavia, espera-se que a modelagem quantitativa possa evidenciar padrões relevantes para a reflexão sobre os fatores formadores de risco e sirva, dessa forma, como um subsídio para aprimoramento e auxílio a decisões futuras quanto ao risco geotécnico e sua relação com a vulnerabilidade social. A área de interseção entre atributos geotécnicos e vulnerabilidade social, em laranja escuro na Figura 1, por exemplo, deverá evidenciar como a vulnerabilidade social está entrelaçada aos elementos geotécnicos físicos e estruturais, tornando-se difícil de ser analisada separadamente.

3.3. Análise qualitativa dos resultados

A análise qualitativa será realizada em colaboração com os membros da equipe que participou da atualização dos PMRRs. Serão discutidos os avanços obtidos, as dificuldades encontradas, os potenciais e limitações dos resultados, bem como desafios e oportunidades para aprimoramentos futuros.

Inicialmente, parte-se da perspectiva de que a inclusão de informações de vulnerabilidade social em protocolos de campo seja um passo relevante para a análise de risco, especialmente como instrumento de formação de profissionais, permitindo uma visão mais ampla das causas e processos que levam ao risco. Todavia, a simples inclusão em uma ficha não garantiria que os aspectos de vulnerabilidade social sejam analisados em sua devida complexidade. Nesse sentido, atividades de formação da equipe, como debates e discussões internas, leituras, campos simulados, bem com a própria vivência de campo, têm papel fundamental para uma melhor incorporação da dimensão da vulnerabilidade social no risco geotécnico. Da mesma forma que a atribuição holística de risco por um profissional com formação em geologia ou engenharia iria além do que o apresentado em uma ficha de campo, a incorporação da vulnerabilidade social também necessitaria ser encarada de forma holística e integrada aos demais processos e atributos envolvidos na construção social do risco.

4. Descrição da viabilidade da execução do projeto

O material base da pesquisa serão os produtos dos Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR) de São Bernardo do Campo e Franco da Rocha (2020-2021). Não se pretende coletar dados primários ou aplicar pesquisas de campo. O alcance dos objetivos previstos prescinde do uso dos seguintes softwares: QGIS, RStudio e LibreOffice Calc, todos livres e instalados em computadores nos Laboratórios de Cartografia e Geoprocessamento, bem como na Sala Paulo Freire, compartilhada pelo Laboratório de Gestão de Riscos (LabGRis) e pelo Laboratório de Justiça Territorial (LabJuta), todos nos campi da Universidade Federal do ABC (UFABC). A pesquisa bibliográfica será feita a partir do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao qual membros da comunidade acadêmica da UFABC têm acesso livre por meio de acesso remoto via Comunidade Acadêmica Federada (CAFe). Para esse fim, também poderão ser utilizados o acervo impresso do LabGRis e das bibliotecas da UFABC.

O candidato à iniciação científica participou do projeto de desenvolvimento do PMRR em Franco da Rocha e São Bernardo do Campo, de 2020 a 2021 e, portanto, possui domínio dos conceitos e métodos utilizados, bem como das bases de dados geradas. Além disso, o candidato à iniciação científica já possui aprendizado dos softwares a serem utilizados, tanto por ter cursado disciplinas específicas no Bacharelado em Planejamento Territorial da UFABC, quanto pela experiência prática durante o projeto de elaboração dos referidos PMRRs. Durante a elaboração do projeto de iniciação científica, o candidato terá o apoio da equipe de pesquisadores do laboratório, bem como também do corpo técnico das prefeituras de Franco da Rocha e de São Bernardo do Campo, que se beneficiarão com os resultados do projeto.

5. Cronograma

Tabela 2 – Cronograma de pesquisa

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Set-22 | Oct-22 | Nov-22 | Dec-22 | Jan-23 | Fev-23 | Mar-23 | Abr-23 | Maio-23 | Jun-23 | Jul-23 | Aug-23 | Set-23 |
| Revisão Bibliográfica | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Registro dos dados contidos nas fichas de campo em software em software SIG |  |  |  | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |
| Relatório parcial |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |
| Análise dos dados |  |  |  |  |  |  |  | X | X | X |  |  |  |
| Atualização da base de dados do PMRR a partir das análises |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |
| Relatório final |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |

Referências

Alonso, L. E., Deichmann, J. L., McKenna, S. A., Naskrecki, P., & Richards, S. J. (2011). *Still counting… biodiversity exploration for conservation: the first 20 years of rapid assessment program*. Conservation International.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P.; DRAPEAU, P. Partialling out the Spatial Component of Ecological Variation. Ecology, v. 73, n. 3, p. 1045–1055, 1992.

BREIMAN, Leo. Random forests. **Machine learning**, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES, SECRETARIA DE PROGRAMAS URBANOS. Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco. 2006.

Brose, M. (Org.) (2001). *Metodologia Participativa: uma introdução a 29 instrumentos*, Tomo Editorial, Porto Alegre.

Callisto, M., Ferreira, W., Moreno, P., Goulart, M. & Petrucio, M. (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, *14*(1), 91-98. [http://jbb.ibict.br//handle/1/708](http://jbb.ibict.br/handle/1/708)

Carvalho, C. S., Macedo, E. S. D., & Ogura, A.T. (2007). *Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios.* Ministério das Cidades, Brasília. <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>

Donato, C. R., Ribeiro, A. D. S., & Souto, L. D. S. (2014). A conservation status index, as an auxiliary tool for the management of cave environments. *International Journal of Speleology*,  *43*(3), 315-322. <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.43.3.8>

Fennessy, M. S., Jacobs, A. D., & Kentula, M.E. (2007). An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *Wetlands*, 27, 543–60. [https://doi.org/10.1672/0277-5212(2007)27[543:AEORMF]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2007)27%5B543:AEORMF%5D2.0.CO;2)

Guimarães, A., Rodrigues, A. S. L. & Malafaia, G. (2017). Rapid assessment protocols of rivers as instruments of environmental education in elementary schools.  *Ambiente & Água,* *12*(5), 801-813. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1996>

Hornung R. (2020) Ordinal Forests. Journal of Classification 37, 4–17. <doi: 10.1007/s00357-  
0189302x>

Lang, J. C., Marks, K. W., Kramer, P. A., Kramer, P. R., & Ginsburg, R.N. (2010). Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment Protocols, Version 5.4. In Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment, Institute for Tropical Marine Ecology. <https://www.researchgate.net/publication/265148106_Agrra_protocols_version_54>

Neugarten, R. A., Honzák, M., Carret, P., Koenig, K., Andriamaro, L., Cano, C. A., Grantham, H. S., Hole, D., Juhn, D., McKinnon, M., & Rasolohery, A. (2016). Rapid assessment of ecosystem service co-benefits of biodiversity priority areas in Madagascar, *PloS one*, *11*(12), p.e0168575. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168575>

Nogueira, F.R.; Sulaiman, S.N.; Vasconcelos, V.V.; Silva, R.C.; Carvalho, B.O. Mensuração de vulnerabilidade na escala de detalhe para mapeamento de riscos: uma proposição inicial. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 16, Anais..., ABGE, São Paulo, 2018.

OCHA (2013). *Disaster response in Asia and the Pacific: A guide to international tools and services*, United Nations, Bangkok. <https://www.unocha.org/sites/unocha/files/ROAP_DisasterGuide.pdf>

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development (1994). *Environmental Indicators*, Paris.

Parsons, M., Thoms, M., & Norris, R. (2002). *Australian river assessment system: AusRivAS physical assessment protocol*, Commonwealth of Australia and University of Canberra, Canberra. <https://ausrivas.ewater.org.au/protocol/download/protocol-1.pdf>

Vasconcelos, V. V., Martins Junior, P. P., & Hadad, R. M. (2013). Methodology for rapid assessment of aquifer recharge areas. *Geologia USP, 13*(2), 69-96. <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2013000200005>

Vasconcelos, V. V. (2014). *Recarga de Aquíferos. Subsídios à Gestão Hídrica e Ambiental – Bacia do Rio Paracatu SF7*, PhD Thesis, UFOP, Ouro Preto. Série D, Vol. 30, No. 55. <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/3590>

Apêndice: Ficha de campo incorporando os elementos de vulnerabilidade social

