

Educação Ambiental em Territórios com Mineração: Abordagem Ecosistêmica. O uso da Infografia como ferramenta de Educação Ambiental e popularização da ciência

Environmental Education in Territories with Mining: Ecosystem Approach. The use of Infographics as a tool for Environmental Education and popularization of science

João Marcelo Quintiliano Ramos
Bolsista PCI, Cientista Ambiental, B.Sc.

Zuleica Carmen Castilhos
Supervisora, Bioquímica, D.Sc em Geociências

Resumo

O rompimento da Barragem I, de minério de ferro, da Vale S.A., em Brumadinho, em janeiro de 2019, desencadeou a iniciativa de pesquisadores do CETEM em realizar uma avaliação dos impactos ambientais gerados pelo desastre, sob perspectiva Ecosistêmica. Essa metodologia compreende o ser humano como parte integrante da natureza e um agente de transformação, e exige uma devolutiva social dos resultados encontrados, como forma de produzir insumos à capacitação científica, educação ambiental e empoderamento social. A tradicional linguagem acadêmico-científica, não tem alcançado um diálogo efetivo, sendo necessário pensar novas formas de popularização da ciência. Nesse sentido, esse trabalho explora o uso da Infografia como ferramenta de divulgação científica por ser uma linguagem visual e acessível à sociedade em geral. As próximas atividades incluem a avaliação da eficácia da infografia como meio de fomentar a Educação Ambiental sobre os impactos decorrentes do rompimento da barragem B-I de minério de ferro da VALE em Brumadinho.

Palavras-chave: infografia; divulgação científica; ecosistêmica;

Abstract

The collapse of Vale S.A.'s iron ore Dam I in January 2019 triggered the initiative of researchers. They aimed to evaluate the environmental impacts generated by the disaster from an ecosystem perspective. This perspective understands human beings as an integral part of nature and agents of transformation. It also requires social feedback on the results found as a way of producing inputs for scientific capacity, environmental education, and social empowerment. The traditional academic-scientific language doesn't reach an effective social dialogue, making it necessary to think of new ways of popularizing science. In this sense, this work explores the Infographic's use as a tool of scientific dissemination to be a visual language that becomes accessible to society. The activities include the evaluation of infographics as a way to foster Environmental Education about the arising of Vale S.A.'s iron ore Dam I impacts in Brumadinho.

Key words: infographics; scientific dissemination; ecosystem

1. Introdução

A pesquisa “Enfoque Ecosistêmico de Saúde, Meio Ambiente e Qualidade de Vida no Estudo dos Impactos do Rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão, VALE S.A, em Brumadinho-MG” (CASTILHOS & MINAYO, 2024) aborda as atividades produtivas, em especial da mineração, dentro de dinâmicas específicas e das relações entre as esferas do poder econômico das atividades de mineração e do poder político local, entre as do mundo da produção e da vida social. Desta forma, neste trabalho os impactos ambientais e à saúde humana são observados no âmbito destas relações complexas.

De acordo com Augusto & Mertens (2018) “a abordagem ecossistêmica (é requerida) não apenas em relação à pesquisa, mas também nas intervenções socioambientais necessárias à restauração da vida e da saúde em toda a região acometida.” Por isso, as soluções para os problemas ambientais complexos são produtos da interação e de responsabilidade de muitas partes interessadas (MINAYO, 2002). Sendo assim, a apropriação dos conhecimentos científicos pela população contribui para a sua participação e amplifica sua voz nas decisões. Para tanto, é imprescindível que estudos sobre os impactos ambientais e à saúde humana decorrentes do rompimento da Barragem I dialoguem com as diferentes realidades que compõem o cenário social (FREIRE, 1987).

Nesse sentido, no âmbito da abordagem ecossistêmica, dos impactos ambientais e da relação sociedade-natureza, este trabalho busca dialogar com as abordagens epistemológicas da “pesquisa-ação”, da “pedagogia do oprimido”, da “ecologia de saberes” e da “educação ambiental emancipatória” no enfrentamento do desafio de produzir materiais didáticos que alcancem as diversas realidades que compõem os cenários socioeconômico e socioambiental de Brumadinho.

Para Freire (1987), o “educar” tradicional não dialoga com as diferentes realidades que compõem o cenário social, sendo denominada pelo autor como “educação bancária”, onde o “saber” é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber. Por isso propomos romper com a dinâmica da “educação bancária” e adotar a perspectiva da “pesquisa-ação”, aonde os interesses científicos e sociais estão articulados e convergem para produzir os conhecimentos necessários aos participantes (SANTOS, 2002).

A partir disso, Ecologia de Saberes supera a monocultura do saber científico considerando outras formas de produção e compartilhamento de conhecimentos (SANTOS, 2002), rumo a uma Educação Ambiental Emancipatória que colabore com a compreensão de realidade trazendo insumos para uma busca por equidade, politização e denúncias de violação dos direitos socioambientais (LOUREIRO et al., 2015).

Diante do último conceito, a Abordagem Ecosistêmica atua de maneira transversal e compreende o ser humano como ator social integrante, o qual a partir do conhecimento ele integra e forma agentes de transformação. Portanto, o uso da Abordagem Ecosistêmica como ferramenta investigativa, em práxis, inclui, a articulação com os movimentos sociais, tendo o povo como protagonista, a presença e a ação do estado visando mudanças concretas nas relações com as condições ambientais e de saúde (MINAYO, 2002).

A metodologia exige como um de seus produtos, a devolutiva à sociedade dos resultados gerados pelas pesquisas realizadas. Mediante isso, a inclusão de cientistas, estudantes e a população em geral, favorece a transferência de tecnologia e a posse da descoberta da investigação (MERGLER 2001 appud MINAYO, 2002). Sendo necessário que se explorem novas formas de popularização da ciência, a presente pesquisa explora o uso da Infografia como uma ferramenta de divulgação científica e popularização da ciência.

A Infografia é um recurso linguístico, a partir de códigos, símbolos, formas e imagens, utilizando conjuntamente ou não um texto para transmitir uma determinada informação. Entende-se a infografia como a apresentação do binômio imagem e texto (conciso) em qualquer suporte, podendo ser impresso ou eletrônico, para a transmissão de mensagens e informações (OLIVEIRA, J. et al., 2022). O infográfico possui a capacidade de facilitar a difusão do conhecimento, utilizando o recurso visual para o alcance da educação, de maneira geral.

O conhecimento técnico-científico muitas vezes disseminado em formatação culta e impessoal, por si só produz um distanciamento em relação a diversos segmentos sociais. Corroborando para a manutenção da informação técnico-científica no nicho das instituições acadêmicas. De acordo com FIRMO, H.T & LIMA, T.A. (2018) “a produção científica enxuta e especializada pode falhar em tornar democrático para a sociedade civil o conhecimento adquirido, de forma que o mesmo pode nunca ser tornado público.”

A representação visual está presente no cotidiano do indivíduo desde os primórdios da civilização humana, sendo o recurso utilizado como ferramenta linguística de comunicação e representação da realidade. Logo, o homem já fazia registros em cavernas, os petróglifos, símbolos esculpidos em rocha que são reconhecidos como uma linguagem gráfica das sociedades primitivas (KANNO, 2013). De acordo com Carvalho & Aragão (2012) appud in Costa (2022) “o infográfico é um artefato de comunicação que pode ser interpretado por intermédio da integração de imagens, textos e/ou formas.”

Presente no cotidiano da sociedade ao longo do tempo, a Infografia se tornou útil para a veiculação de informações, sobretudo a científica e a Educação Ambiental, por meios de comunicação como as mídias digitais e outros. De acordo com JÚNIOR, et al. (2017) appud in OLIVEIRA, J. et al. (2022) “é um gênero que faz parte do cotidiano dos alunos e faz uso de tecnologias digitais para sua composição e compartilhamento”.

2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é promover a divulgação científica dos resultados e das informações geradas pelos estudos ambientais coordenados pelo CETEM após o rompimento da barragem B-I de minério de ferro da VALE em Brumadinho. Os objetivos específicos são: i) priorizar as informações a serem transmitidas, com a seleção de dois eixos temáticos “contaminação terrestre” e “ecotoxicologia terrestre e aquática”; ii) maximizar o alcance da transmissão do conhecimento com a utilização de infográficos como ferramenta de divulgação científica.

3. Material e Métodos

Para a divulgação científica dos resultados e das informações geradas pelos estudos ambientais coordenados pelo CETEM/MCTI sobre a contaminação terrestre e análises ecotoxicológicas terrestre e aquática, decorrentes do rompimento da barragem de minério de ferro da VALE em Brumadinho, esse trabalho se baseou nos documentos: Castilhos & Minayo (2024), Siqueira, D., et al. (2022); Koifman, G., et al. (2023); Siqueira, D (2020), Lourenço (2020) e Lourenço (2021).

Na priorização das informações a serem transmitidas, trabalhamos com dois eixos temáticos “contaminação terrestre” e “ecotoxicologia terrestre e aquática”. A escolha destes eixos para priorizar os assuntos foi resultado do mais alto nível de confiabilidade nos dados obtidos nos estudos e da dificuldade neste momento, em se abordar temas mais complexos, como os relacionados aos riscos à saúde humana.

Para a confecção dos infográficos foi utilizada a plataforma online: Canva, uma plataforma online de design e comunicação visual, criada em 2013, que permite a criação de logotipos e outros, e que objetiva colocar o poder do design ao alcance de todas as pessoas do mundo (Portal Canva, 2024).

4. Resultados e Discussão

Dois infográficos “Linha do Tempo” e “Avaliação de risco ecológico” foram gerados a partir da priorização de assuntos a serem tratados.

O infográfico “Linha do tempo” (Figura 1) descreveu os fatos históricos e econômicos da atividade mineradora no território, a construção da Barragem I pela empresa “Vale do Rio Doce”, bem como a privatização da empresa se tornando a VALE S.A., até o momento do rompimento da Barragem I e das barragens IV e IV-A.



Figura 1. Infográfico Linha do Tempo. Elaboração própria.

O infográfico “Avaliação de risco ecológico” (Figura 2) apresenta um ambiente natural com os ecossistemas terrestre e aquático demonstrando como a disposição dos rejeitos e oferece o maior risco potencial no ambiente terrestre (camada subterrânea do solo) e aquático (lençol freático e águas fluviiais). A isso foram acrescentadas as representações gráficas dos organismos utilizados junto aos resultados para as análises ecotoxicológicas.

Para os organismos de ambiente aquático como a *Daphnia similis* (microcrustáceo), a Figura 2 demonstra 25% em perda de mobilidade (SIQUEIRA, 2020), para a *Chlorella vulgaris* (algas), foi feita uma média dos dados de Lourenço (2020) a qual foi indicada uma taxa de reprodução de apenas 24,5%, em elutriatos, ou seja, menos 104,4%, do que seria em um habitat de água doce, segundo a amostra de referência de 128,9% (LOURENÇO, 2020).

O ambiente aquático (Figura 2) demonstrou o processo de lixiviação de metais e a deposição dos rejeitos *in natura*, simulando os “elutriatos” (lixiviados) das amostras. Ele mostra um cenário de risco que inclui a precipitação da chuva, lixiviação e o processo de erosão dos rejeitos depositados após o colapso da barragem, considerando soluções potencialmente tóxicas (SIQUEIRA et al., 2021).

No compartimento terrestre, os colêmbolos tiveram 50% de mortalidade e redução significativa da reprodução (Lourenço, 2020). No caso da *Eisenia andrei*, 43,7%, das minhocas perderam biomassa, possivelmente por falta de matéria orgânica (LOURENÇO, 2020) devido à qualidade do solo representado (Figura 2).

De acordo com os resultados de SIQUEIRA (2022), sobre o solo, foi feito um comparativo entre o valor encontrado para a área de referência e a média geral (AR/MG) de todas áreas para os parâmetros de COT - 0,94% / 0,29%, Δ pH - 0,3 / 1,7; NT - 5,05% / 0,35%, densidade - 2,46 g/m³ / 3,44 g/m³ e CRA - 60,4% / 42,4%. Essa relação indica nas amostras analisadas, um solo de menor qualidade em relação à amostra de referência. Complementando SIQUEIRA (2022), KOIFFMAN (2021) evidencia o processo do cultivo de alface (*Lactuca sativa*), num solo potencialmente contaminado.

O alto percentual de lama (silte + argila) gera compactação do solo junto à altas concentrações de ferro, produzindo baixa CRA, afetando a germinação de sementes e o sistema radicular (Koiffman, 2021). Após a deposição de rejeitos, a baixa nos teores de N (nitrogênio) e COT, indicando o enriquecimento por Fe (ferro), causa a redução do teor de matéria orgânica (Lourenço, 2020).

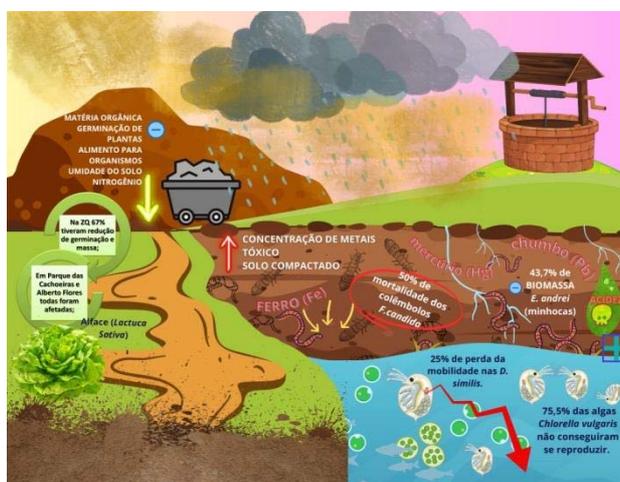


Figura 2. Infográfico Avaliação de Risco Ecológico. Elaboração própria.

5. Conclusão

Atualmente existe a necessidade de que a linguagem acadêmico-científica se aproxime da sociedade. Nesse sentido, são necessárias novas formas usuais de linguagem e códigos que façam a informação científica com sua importância e veracidade, alcançar as diversas camadas da sociedade. Diante disso, este trabalho concluiu que há grande dificuldade em se simplificar informações científicas, e que os infográficos são recursos valiosos. A utilização dos Infográficos para divulgar a linguagem acadêmico-científica colabora com a popularização da ciência de forma geral, e neste caso específico, com a Educação Ambiental.

Eles podem ser veiculados em diversas mídias digitais, incluindo aplicativos acessados com smartphone, podendo ser, inclusive, combater a disseminação de ideias e fatos inverídicos, popularmente chamados de “*fake news*” no atual cenário da “Era da pós-verdade” e renúncia da ciência. O excesso de informações, consumo de dados, individualismo e a necessidade de satisfação sem se importar com o que é verdade ou não, trouxe a “Pós-verdade”, (ALMADA, A., 2021). Surgindo assim os movimentos anticiência ancorados na pós-verdade e *fake news* que encontram guarida na sociedade (MORAIS FEITOSA, 2021).

Para os próximos passos do trabalho, pretende-se desenvolver infográficos com as outras temáticas abordadas nos estudos-base citados, e realizar uma análise qualitativa e quantitativa da utilização e compreensão dos mesmos, por diversos grupos sociais que tiverem acesso ao material. Os resultados poderão indicar a eficácia da infografia como meio de fomentar a Educação Ambiental sobre os impactos decorrentes do rompimento da barragem B-I de minério de ferro da VALE em Brumadinho.

6. Agradecimentos

Agradeço imensamente a oportunidade que me foi concedida através da bolsa do CNPq, como forma de engajamento à popularização da ciência.

7. Referências Bibliográficas

ALMADA, A.. A era da pós-verdade no cenário político contemporâneo. Revista Internet & Sociedade, v.2, n.1 São Paulo, Jun. 2021. Disponível em: < <https://revista.internetlab.org.br/sobre/>> Acesso em: 30 out. 2024

AUGUSTO, L.G.S.; MERTENS, F. Abordagens ecossistêmicas em saúde, ambiente e sustentabilidade: avanços e perspectivas/ Ecosystem approaches to health, environment and sustainability: advances and perspectives. Sustentabilidade em Debate - Brasília, v. 9, n.1, p. 16-22, abril/2018

CASTILHO, Z.C.; DOMINGOS, L.M.;MINAYO, M.C..Os Atingidos de Brumadinho. A TRAGÉDIA DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE MINÉRIO E SUAS CONSEQUÊNCIAS (2019). Rio de Janeiro, RJ, 2024.

FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983. Disponível em: <https://cpers.com.br/wp-content/uploads/2019/10/Pedagogia-do-Oprimido-Paulo-Freire.pdf> Acessado em: 21/10/2024.

KANNO, M. Infografe: Como e porque usar infográficos para criar visualizações e comunicar de forma imediata e eficiente. São Paulo: Edição eletrônica, 2013. Disponível em: <https://designlyn.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/06/infografemariokannopagsimples-130822154840-phpapp02.pdf> , acessado em: 30/10/2024

LOUREIRO, F. et al. (Orgs.). Pensamento Ambientalista numa sociedade em crise., 2015.1 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Editora NUPEM, 2015, 270 p.

LOURENÇO, R. S.; CASTILHOS, Z. C.; CESAR, R. G. Avaliação ecotoxicológica de material sólido disposto sobre os solos e sistemas hídricos após rompimento da Barragem 1, da Vale S.A., em Brumadinho (MG) = Ecotoxicological assessment of solid material disposed on soils and waters systems after Vale's Mining Dam collapse in Brumadinho (MG). In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2020. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2020. p. 148-152.

LOURENÇO, R. S.; CASTILHOS, Z. C.; CESAR, R. G. Contaminação ambiental por metais após o rompimento da barragem I, da VALE S.A, em Brumadinho (MG). In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2021. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2021.

MINAYO, MC de Souza. Enfoque Ecosistêmico de Saúde e Qualidade de Vida. In: Saúde e Ambiente Sustentável: Estreitando nós. (Maria Cecília de Souza Minayo e Ary Carvalho de Miranda, org.). Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002.

MORAIS FEITOSA, A. A.; GOMES DE MEDEIROS, F. V.; MAIA CAVALCANTE, C. A. EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NA ERA DA PÓS-VERDADE: A FRAGILIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS BIOLÓGICOS. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática, [S. l.], v. 5, n. 1, 2021. DOI: 10.5335/rbecm.v5i1.11733. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/11733>.

OLIVEIRA, J.; RODRIGUES, E.D.; PONTES FILHO, M. C. **USO DE INFOGRÁFICOS COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**. CAMPINA GRANDE, PB. Mar 2021. Disponível em: < <https://editorarealize.com.br/edicao/detalhes/escola-em-tempos-de-conexoes>> Acesso em: 20 out. 2024

Portal Canva. O poder do design ao seu alcance. Disponível em: https://www.canva.com/pt_br/about/ Acessado em: 31/10/2024

SIQUEIRA, D.; et al. Terrestrial and aquatic ecotoxicity of iron ore tailings after the failure of VALE S.A mining dam in Brumadinho (Brazil). Journal of Geochemical Exploration, v. 235, 2022.

SIQUEIRA, D. **Aspectos químicos, físicos, mineralógicos e ecotoxicológicos da lama gerada a partir do rompimento de barragem de mineração em Brumadinho (MG)**. 2020. 123p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil).