

ENERGIA EÓLICA E RISCOS À BIODIVERSIDADE EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO FUNDAMENTAL

WIND POWER AND RISKS TO BIODIVERSITY IN A MIDDLE SCHOOL TEACHING AND LEARNING SEQUENCE

Guilherme C. Reboredo¹, Ernani V. Rodrigues²

¹UFES - Universidade Federal do Espírito Santo/Dept. de Física/guilherme.reboredo@ufes.edu.br

²UFES - Universidade Federal do Espírito Santo/Dept. de Física/ernani.rodrigues@ufes.br

Resumo

Neste trabalho abordamos a produção da energia elétrica a partir da geração eólica e suas relações com problemas socioambientais consequentes de sua implementação. Em uma sequência didática voltada a estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, apresentamos a problemática dos morcegos que sucumbem às pás das turbinas e discutimos os problemas dos riscos manufaturados à luz da teoria da Sociedade do Risco para reconstruirmos a complexa relação entre demanda e geração de energia elétrica, mudanças no ambiente promovidos pelas turbinas, riscos aos morcegos e consequências imprevisíveis como diminuição da polinização e do espalhamento de sementes. Metodologicamente, tomamos uma abordagem típica da teoria das representações sociais para obtermos dos estudantes palavras evocadas livremente e para construirmos com elas uma rede de similaridades pré e pós instrução. Nossos resultados apresentam uma mudança na estrutura sócio-semântica dos estudantes em relação ao morcego e indicam que a sequência potencializou a construção de uma percepção dos riscos da produção da energia elétrica ancorada nos aspectos biológicos abordados, reforçando a necessidade de uma abordagem interdisciplinar para a discussão de problemas complexos.

Palavras-chave: geração eólica; morcego; representações sociais; risco.

Abstract

In this work we address the production of electrical energy from wind generation and its relationships with socio-environmental problems resulting from its implementation. In a didactic sequence aimed at students in the 9th year of Elementary School, we present the problem of bats that succumb to turbine blades and discuss the problems of manufactured risks in light of the Risk Society theory to reconstruct the complex relationship between demand and generation of electricity, changes in the environment promoted by turbines, risks to bats and unpredictable consequences such as reduced pollination and seed spreading. Methodologically, we took a typical approach from the theory of social representations to obtain freely evoked words from students and to build with them a network of pre- and post-instruction similarities. Our results present a change in the students' socio-semantic structure in relation to the bat and indicate that the sequence enhanced the construction of a perception of the risks of electrical energy production anchored in the biological aspects addressed, reinforcing the need for an interdisciplinary approach to the discussion of complex problems.

Keywords: bat; risks, social representations, wind power.

Introdução

Em meio ao avanço acelerado da sociedade atual, no que tange à produção, circulação e comércio de novas tecnologias e de novos bens de consumo, problemas de ordem socioambiental emergem especialmente em face ao extrativismo continuado de recursos finitos no planeta (BALDOW *et al.*, 2018). Um dos enfrentamentos a essa problemática recai sobre a crescente demanda energética que esse modo de vida das sociedades contemporâneas impõe. Dentro desse debate, emerge a preocupação com matrizes energéticas que possam atender à demanda com menos impacto ambiental negativo. Nesse sentido, as chamadas energias "renováveis e limpas", se situam em um leque de diferentes formas de produção, dentre as quais se encontra o uso da energia cinética dos ventos para promoção de rotação de turbinas eólicas; a chamada energia eólica.

É inegável a relevância da conquista humana da energia elétrica. Aspectos técnicos de sua versão eólica, mesmo que um tanto mais recente, se mostram profícuos para implementação de sequências didáticas em educação científica com potencial para discussão de variados aspectos específicos da Física, como a indução eletromagnética e a conversão de energia (GUZEY, 2014).

Considerando a abordagem de temas da Física no ensino fundamental, a conversão da energia eólica em energia elétrica abre possibilidades de discussões, em sala de aula, sobre transformação de energia a partir de uma questão contemporânea, que é a necessidade de fontes alternativas de energia elétrica. Ainda, é possível abordar, a partir da energia eólica, conceitos específicos como velocidade dos ventos, sua energia cinética, densidade do ar, torque, velocidades angular e tangencial, além de processos eletromagnéticos de geração de força eletromotriz induzida (PICOLO, RHÜLERL e RAMPINELLI, 2014).

Essa solução energética rebate em dimensões ambientais, de modo que antes não se poderia prever: ao mesmo tempo que a construção de parques eólicos promove uma solução energética dita sustentável, também impõe (fisicamente) a existência de obstáculos verticais não-estáticos, interferindo nos caminhos naturais de passagem de animais alados. Moreira (2019) argumenta que, para os morcegos, por exemplo, as turbinas eólicas se posicionam muitas vezes em seus habitats, em meio a suas rotas para locais de alimentação, nidificação, acasalamento ou migratórias, amplificando o risco de colisão desses animais com as pás das turbinas.

Os morcegos passam a ser particularmente interessantes nesta análise devido a seu papel como polinizador (ZAMORA-GUTIERREZ et al., 2021) e como espalhadores de sementes, dentre outros serviços ecossistêmicos (RAMÍREZ-FRÁNCEL et al., 2022).

Em um desdobramento, a produção de energia eólica pode ser uma ameaça aos morcegos que pode culminar em declínio de lavouras e de espécies endêmicas com possibilidade de gerar instabilidades na produção de alimento para humanos e em desequilíbrios ecológicos aos ecossistemas naturais. A escolha do morcego e não de alguma ave como objeto de pesquisa e aplicação da sequência, deu-se para além de outros motivos, pela oportunidade de alavancar discussões de aspectos físicos como a ecolocalização em quirópteros, que abre margem para um ensino interdisciplinar e significativo de ondas mecânicas, efeito doppler ou como voo aerodinâmico e conceitos introdutórios de biomecânica.

Essa intrincada relação entre fontes de energia elétrica, a princípio sustentáveis, e consequências ambientais inesperadas de seus usos nos remete à noção de que vivemos um estágio tardio da modernidade (GIDDENS, 1991) no qual as soluções tecnológicas pensadas para mitigar problemas e demandas humanas rebatem nos próprios seres humanos. Em um senso semelhante, Beck (1992) aponta os riscos manufaturados como sendo consequências indesejadas decorrentes do desenvolvimento social e tecnológico. Dada sua imprevisibilidade e considerando a ubiquidade das tecnologias contemporâneas, a humanidade vive em uma Sociedade do Risco.

Este trabalho tem por objetivo analisar mudanças em redes sócio-semântica dos alunos para avaliar a evolução da percepção de um grupo de alunos em relação ao risco e suas nuances, durante a implementação de uma sequência didática abordando a problemática das fontes alternativas de energias e seus riscos socioambientais.

Fundamentação teórica

A Sociedade do Risco (BECK, 1992) surge no pós-guerra e é caracterizada como uma era de modernidade reflexiva (BECK, 1995). Nesse tipo de modernidade, as preocupações centrais da sociedade passaram do desenvolvimento e implementação de novas tecnologias ao gerenciamento de riscos associados às tecnologias já existentes. Isso significa que as ameaças e os perigos não são

apenas externos, como vindos da natureza, mas são também gerados como um desdobramento das ações internas da sociedade.

Pietrocola et al. (2020) argumentam que uma educação científica para a cidadania deve permitir a seus cidadãos a tomada de decisão de modo autônomo e bem informado. Nisso, o acesso das pessoas às informações sobre situações ligadas aos riscos é uma das dimensões da percepção do risco. A percepção dos riscos também depende do potencial alcance que os riscos possam trazer e da urgência com a qual as consequências dos riscos manufaturados potencialmente nos acometerá. O ensino da Física e a educação científica como um todo, devem ser capazes de expor os estudantes a situações de riscos manufaturados e a problemas que sejam do tipo complexos (KURTZ; SNOWDEN, 2003), no sentido de não terem solução única, de terem uma relação causal visível somente em retrospecto e de terem desdobramentos não conhecidos a priori.

Um avanço tecno-científico tão benéfico à sociedade, como uma fonte de energia elétrica dita “limpa” revela, então, sintomas de possíveis desequilíbrios ecológicos e ambientais, em pequenas e grandes escalas. Considerando que os morcegos se locomovem por ecolocalização, a dinâmica de reflexão do som das pás das turbinas eólicas confunde o caminho dos animais que acabam por colidir com as estruturas móveis.

Como a produção de energia elétrica eólica e os problemas ambientais decorrentes se relacionam de modo translúcido, as representações emergentes de um grupo de alunos da educação básica pode apontar um *status quo* de pensamento do grupo, auxiliando no desenvolvimento de uma sequência didática além de fornecer *insights* sobre modos de refinar e complexificar versões posteriores da mesma. Por isso, podemos nos valer de uma abordagem da psicologia social, na qual uma representação emergente de um grupo social é um fenômeno social inerente à realidade socialmente construída para aquele grupo, conservando relações com o concreto a partir de elementos psíquicos em duas vias: ancorando elementos do mundo a um quadro de pensamento e objetificando elementos do pensamento em projeções concretas no mundo (MOSCOVICI, 2012). As representações sociais produzidas por um grupo são estruturadas em torno de núcleos centrais, que conferem identidade ao grupo social e são mais resistentes à mudança e em regiões de periferia, nas quais elementos representacionais mais

dinâmicos se acomodam (ABRIC, 1993). Essa estrutura pode ser investigada a partir de redes de similaridades entre palavras evocadas por participantes do grupo social em questão (GIACOMO, 1981).

Metodologia

Este estudo é parte de uma Iniciação Científica, em uma universidade pública brasileira e ocorreu durante a implementação de uma sequência didática dividida em duas etapas, uma inicial na qual uma atividade investigativa abordando a situação-problema da energia eólica e suas consequências para com os morcegos, com uma roda de debates sobre o tema. Em um segundo encontro uma exposição dialogada sobre os conceitos físicos e biológicos envolvidos e discutindo a importância ambiental dos morcegos, levantando os riscos ambientais promovidos e sistematizando a intervenção. Os sujeitos de pesquisa do estudo foram estudantes do 9º ano de uma escola pública municipal da região metropolitana da capital do estado do Espírito Santo. Utilizou-se a Técnica de Associação Livre de Palavras (TALP) (GIACOMO, 1980) e os alunos evocaram livremente as cinco primeiras palavras que lhes vinham à mente sobre o termo indutor “morcego” tanto pré quanto pós aplicação da sequência didática. As palavras evocadas foram lematizadas e tiveram, par a par, sua similaridade computada por porcentagem de co-ocorrência (RUSSEL; RAO, 1940). As análises foram feitas utilizando-se o ambiente estatístico R (R, 2008) e a interface IRAMuTeQ (RATINAUD, 2008). Produziu-se com as similaridades, duas redes complexas cujos vértices tiveram diâmetro proporcional à frequência de evocação e as arestas com espessura proporcional ao índice de similaridade, este plotado sobre as arestas de ligação entre palavras (Fig. 01).

Resultados e discussão

Os grafos (redes) resultantes estão apresentados na Figura 01 com lexemas pré-intervenção à esquerda e pós-intervenção à direita. Observando-se a rede pré, nota-se que a noção de morcego se ancorou em elementos ligados à cultura popular de ficção dos estudantes (como batman e vampiro) e a elementos fracamente apoiados no discurso científico (como sangue, mordida e doença).

Considerando que a maioria das espécies de morcegos é frugívora, com uma minoria hematófaga, chama a atenção a presença do termo “vampiro” na representação inicial do grupo. Menos proeminentes, “pandemia” e “covid-19”

[illegible]

Termos ligados à discussão feita nas aulas de Ciências sobre riscos manufaturados com os estudantes estão presentes, como "ecolocalização", "energia eólica" e "extinção", possível fruto da problematização levantada acerca dos riscos manufaturados das usinas eólicas.

A conectividade de termos, em representações sociais, é outro aspecto estruturalmente relevante para identificar não só a inclusão de vocabulário mas as ancoragens de seu sentido. Então, para além de presença/ausência, também é notável a conexão entre os lexemas “mamífero”--“energia eólica” e “morcego”--“energia eólica” na rede pós. Essas relações, ainda que periféricas,

indicam uma ancoragem, para o grupo, de elementos da Física e da Tecnologia a elementos da Biologia. Essa mudança estrutural evidencia a necessidade de extrapolação de fronteiras disciplinares quando temas complexos ligados aos riscos manufaturados são trazidos para a educação científica.

Conclusão

O caráter interdisciplinar do presente trabalho indica que a discussão de temas da Física cercada em seu campo pode não dar conta, no ensino fundamental, dos problemas que a humanidade precisará mitigar nas próximas décadas. A Sociedade do Risco nos parece um quadro teórico adequado para refletirmos sobre questões complexas, promovidas pelo desenvolvimento de tecnologias. O tema pareceu ser interessante para despertar a atenção dos estudantes e a mudança nas representações saindo de um discurso de cultura pop e ficção para rudimentos de um discurso científico sinaliza que a interação daquele grupo com temas complexos pode ser ponto de partida para a construção de um conhecimento ligado a problemas reais do mundo que, como tal, são complexos e intrincados.

Em relação aos objetivos deste trabalho, a análise das mudanças em redes sócio-semântica dos alunos indicou traços do processo evolutivo da percepção coletiva do grupo de estudantes em relação ao risco e suas nuances. Os resultados indicam também, que a intervenção articulada com uma problematização crítica e coletiva dos problemas sócio-ambientais da produção de energia elétrica permite colocar em questão as intitulações de "limpa" e "verde" da geração eólicas. Entendemos que isso fortalece a tomada de decisão autônoma e melhor informada. Os resultados aqui apresentados indicam que as próximas etapas desta podem se valer de uma nova intervenção com outros temas da Sociedade do Risco no ensino da Física, ampliando o conjunto de cenários dos estudantes para construírem suas decisões.

Agradecemos ao CNPq pelo financiamento que viabilizou o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

ABRIC, Jean-Claude. **Central system, peripheral system: their functions and roles in the dynamics of social representations**. Papers on social representations, v. 2, p. 75-78, (1993).

BALDOW, R. et al. **Ensino de física e educação ambiental: percepções de sustentabilidade dos estudantes em uma atividade de robótica sustentável.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 13, n. 5, 2018.

BECK, U. **Risk society: towards a new modernity.** London: Sage. (1992)

BECK, U. **Ecological politics in an age of risk.** Cambridge: Blackwell Publishers. (1995).

Giacomo, J. P. **Aspects méthodologiques de l'analyse des représentations sociales.** Cahiers de Psychologie Cognitive, v. 1, n. 1, 1981.

GIDDENS, A. **Modernity and self-identity: Self and society in the late modern age.** Stanford university press. 1991.

GUZEY, S. S. **Gaa-Noodin-Oke (alternative energy/wind power): A curriculum implementation on the white earth reservation.** Journal of STEM Education: Innovations and Research, v. 15, n. 3, 2014.

KURTZ, C. ; SNOWDEN, D. J. **The new dynamics of strategy.** IBM Systems Journal, v. 42, n. 3, 2003.

MOREIRA, M. **Parques eólicos: o vilão das aves e morcegos.** Revista de Ciência Elementar. v. 7, n. 3, 2019.

MOSCOVICI, S. **A psicanálise, sua imagem e seu público.** (Coleção Psicologia Social). Petrópolis, RJ: Vozes, (2012).

PICOLO, Ana Paula; RÜHLER, Alexandre J.; RAMPINELLI, Giuliano Arns. **Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica.** Revista brasileira de ensino de física, v. 36, p. 01-13, 2014.

PIETROCOLA, M. et al. **"Risk society and science education: Lessons from the Covid-19 Pandemic."** Science & Education, v. 30, n. 2, 2021.

R - Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** Vienna, Austria, 2008.

RAMÍREZ-FRÁNCEL, Leidy Azucena et al. **Bats and their vital ecosystem services: a global review.** Integrative Zoology, v. 17, n. 1, 2022.

RATINAUD, P. **Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires.** 2008.

RUSSEL, P. F., RAO, T. R. **On habitat and association of species of anopheline larvae in south-eastern Madras.** J. Malaria Inst. India, v. 3, 1940.

ZAMORA-GUTIERREZ, Veronica et al. **Vulnerability of bat-plant pollination interactions due to environmental change.** Global Change Biology, v. 27, n. 14, p. 3367-3382, 2021.