



Possibilidade formativa de professores de Física a partir do caso das descargas atmosféricas

Training opportunities for Physics teachers based on the case of atmospheric discharges

João Amadeus Pereira Alves

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
japalves@yahoo.com.br

Tiago Gruski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
tiagogruski@gmail.com

Noemi Sutil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
noemisutil@hotmail.com

Deborah Andrade Torquato Schimidt

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
deborahatorquato@gmail.com

Resumo:

Neste trabalho, objetiva-se discutir possibilidade formativa de professores de Física, ao se considerar a abordagem ao caso das descargas atmosféricas em sala de aula, com a análise de relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Apresenta-se uma proposta educacional para essa abordagem com base em pressupostos da teoria da ação comunicativa, em que se destacam potencialidades para a problematização e construção conjunta nos âmbitos explicativo, objetivo, social e subjetivo, em que se objetiva o desenvolvimento de competência linguística e comunicativa. As atividades educacionais propostas envolvem a análise do documentário "Fragmentos de paixão", em que são apontadas possibilidades de articulação entre os referidos âmbitos. Problematização e construção conjunta são associadas ao questionamento de conhecimentos, saberes e concepções sobre a temática das descargas atmosféricas com suas regulamentações, padrões valorativos e sentimentos. Em relação ao âmbito explicativo, são consideradas fundamentos da teoria da aprendizagem significativa as modalidades representacional, de conceitos e proposicional. A análise do documentário "Fragmentos de Paixão" apresentada envolve Análise de Conteúdo. Podem ser destacadas nessas atividades as possibilidades de viabilização da instauração de discursos explicativo, teórico, prático e de críticas terapêutica e estética.

Palavras-chave: Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; Formação de professores de Física; Teoria do agir comunicativo; Teoria da aprendizagem significativa.

Abstract:

In this work, we aim to discuss the training opportunities of Physics teachers, by considering the in-class study of atmospheric discharges and the analysis of the relations between Science, Technology, Society and Environment. An educational proposal focused on this approach is presented, based upon fundamental aspects of communicative action theory. Emphasis is given to problem



solving and to collaborative construction processes within the explanatory, objective, social and subjective domains, aiming at the development of linguistic and communicative competences. The educational activities presented involve the analysis of the documentary "*Fragmentos de paixão*" (Passion Fragments) and highlight articulation possibilities between the abovementioned domains. Problem-solving and collaborative construction are set in relation to the questioning of knowledge, content and conceptions on atmospheric discharges, together with particular rules, value systems and feelings. As far as the explanatory domain is concerned, the following principles of meaningful learning theory are considered: representational, conceptual and propositional. The analysis of the documentary "*Fragmentos de paixão*" is conducted through Content Analysis. In the proposed activities, the opportunities to concretely establish explanatory, theoretical, practical discourses, as well as criticism of therapeutic and aesthetic aspects can be highlighted.

Key-words:

Science, Technology, Society and Environment; Physics teachers' education; Communicative action theory; Meaningful learning theory.

Resumé

Dans cet article, nous discuterons une possibilité formative de professeurs de Physique, en considérant l'approche des décharges atmosphériques dans la salle de classe, avec l'analyse des relations entre la Science, la Technologie, la Société et l'Environnement. Nous présentons une proposition éducative pour cette approche basée sur des hypothèses qui sous-tendent la théorie de l'action communicative, qui met en évidence le potentiel pour la problématisation et la construction communes dans les domaines: explicatif, objectif, social et subjectif; l'objectif est le développement de la compétence linguistique et communicative. Les activités éducatives proposées impliquent l'analyse du documentaire «*Fragmentos de paixão*»; par rapport à ces activités, nous constatons des possibilités de coordination entre ces domaines. La problématisation et la construction communes sont associées au questionnement: des compétences, des connaissances et des idées sur le thème des décharges atmosphériques; des règlements; des modèles de valeurs et des sentiments. Dans le domaine explicatif, les modalités représentationnelles, conceptuelles et propositionnelles sont considérées comme les fondements de la théorie de l'apprentissage significatif. L'analyse du documentaire «*Fragmentos de Paixão*» implique l'analyse de contenu. Dans ces activités, les possibilités permettant d'introduire des discours explicatifs, théoriques et pratiques et la critique thérapeutique et esthétique sont mises en évidence.

Mots-clés: Science, Technologie, Société et Environnement; Formation de professeurs de Physique; Action communicative; Apprentissage significatif.



Introdução

Descargas atmosféricas¹ são manifestações de natureza elétrica, provocadas durante tempestades ou em decorrência de atividades vulcânicas. Essas descargas se situam no escopo dos temas que perpassam compreensões populares e conhecimentos científicos, bem como alcançam o imaginário popular e a esfera literária, das mais diversas formas. Nesse cenário podem ser explicitados obstáculos decorrentes da falta de problematização sobre saberes populares, quando a não apropriação de conhecimentos científicos e tecnológicos pode representar a ausência de ações para a segurança de indivíduos, por exemplo.

De acordo com o Grupo de Eletricidade Atmosférica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - ELAT-INPE (sediado em São José dos Campos, estado de São Paulo, Brasil), descargas atmosféricas colocam o Brasil entre os primeiros países no mundo em número de ocorrências e de fatalidades geradas, com 1789 mortes de 2000 a 2014 em sua consequência, bem como pelos enormes prejuízos financeiros causados, a exemplo do comprometimento de linhas de transmissão de energia elétrica quando atingidas. As descargas atmosféricas também fazem parte da vida da população devido à sua beleza, mística presente no imaginário social, temor, perigo e pelo próprio desconhecimento sobre tais manifestações. É importante dizer que a frequência de ocorrência de descargas atmosféricas tem se intensificado nas últimas três décadas, especialmente no Brasil, sobre o que se atribui relação direta com as mudanças climáticas globais detectadas em igual período (INPE, n. d.).

Apesar da sua ocorrência sistemática, uma vez que são fenômenos naturais conexos à vida da maioria da população brasileira, as descargas atmosféricas carecem de entendimento científico em diferentes níveis de ensino, inclusive durante a formação de professores de Física.

Assim, pode-se entender a crítica que se faz ao ensino adjetivado de tradicional de Física praticado nas escolas brasileiras a julgar pelo modo com que os conteúdos são tratados na Educação Básica, os quais, na maioria das vezes, apresentam-se desconectados entre si e distantes da realidade que os alunos vivenciam em ambientes fora da sala de aula. Dessa forma, ressalta-se a importância da utilização de elementos que remetam os alunos àquilo que eles observam em suas vidas como um propulsor para o favorecimento do aprendizado da Física.

A esse respeito, destaca-se a abordagem de temáticas de Física sob outros vieses, a exemplo do que trata este texto, ao realizar uma análise acerca de proposta educacional sobre a interface eletrostática e descargas atmosféricas, por meio da incorporação de discussões mais aprofundadas em um curso de formação inicial de professores de Física no Brasil.

Discussões envolvendo a educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), centradas no contexto da sala de aula, não deveriam ser consideradas uma novidade (MacLeod, 2012; Pedretti, 2003). No entanto, durante o período de formação inicial de professores, tais discussões ocorrem em situações muito específicas (Martínez; Carvalho, 2010), pois dependem da competência formativa do professor formador de professores para tal exercício. A educação CTSA, sob a perspectiva formativa dos professores em serviço, tem sido aprofundada, a considerar alguns trabalhos como de Pérez (2010), Galvão, Reis e Freire (2011) e MacLeod (2012). Isso ocorre, especialmente porque já há certa tradição por parte de formadores de professores em fomentar

¹ Termo utilizado internacionalmente pelos climatologistas para designar raios.



discussões dessa natureza, em países como Brasil, Colômbia, Portugal e Canadá, em que se destaca, em algumas dessas experiências formativas, o percurso fundamentado pela teoria do agir comunicativo, proposta por Jürgen Habermas.

Assim, cabe a indagação que sustenta esta pesquisa: Quais são as principais potencialidades formativas decorrentes da problematização e construção conjunta em âmbitos da teoria do agir comunicativo, quando relações CTSA são fomentadas a partir da abordagem de descargas atmosféricas?

Para tanto, o respectivo objetivo a essa investigação consiste em fomentar discussão sobre a possibilidade formativa de professores de Física, a partir da abordagem de descargas atmosféricas em sala de aula com ênfase em relações CTSA.

Dessa forma, neste texto, são inicialmente apresentados pressupostos da teoria do agir comunicativo e suas relações com a abordagem das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no ensino de Física. Posteriormente, destaca-se o caso das descargas atmosféricas como manifestação natural e implicada pela ação humana. Apresenta-se na sequência a abordagem de descargas atmosféricas, com a análise do documentário "Fragmentos de Paixão" e são expostos resultados de uma vivência na formação inicial de professores de Física no Brasil, além da proposta em síntese fundamentada na teoria do agir comunicativo. As conclusões findam o texto.

Contextualização teórica

Pressupostos da teoria do agir comunicativo

Educação em Ciências pode ser associada à formação de sujeitos para o entendimento e acordo. Entendimento e acordo constituem pressupostos da teoria do agir comunicativo, de Jürgen Habermas.

"Entendimento" (Verständigung) significa a união dos participantes da comunicação sobre a validade de uma exteriorização; ao passo que "acordo" ou "consenso" (Einverständnis) tem a ver com o reconhecimento intersubjetivo da pretensão de validade que o falante une a uma exteriorização. (Habermas, 2012b, p. 221)

Entendimento se refere ao envolvimento em problematização e construção conjunta, em argumentação livre de coerção, com a busca de simetria de oportunidades de fala. Acordo se refere a essas construções conjuntas.

Em perspectiva habermasiana, problematização e construção conjunta envolvem quatro âmbitos: explicativo, objetivo, social e subjetivo. O âmbito explicativo se refere à possibilidade de compreensão de estruturas sintáticas e semânticas; o âmbito objetivo se relaciona com concepções, saberes e conhecimentos estabilizados; o âmbito social se associa às regulamentações; o âmbito subjetivo agrega as expressões de padrões valorativos e de sentimentos.

As construções conjuntas se relacionam com as ações de problematização nesses âmbitos. Essa problematização se associa ao estabelecimento de discurso (ou crítica), em que se interrompe a ação, quando se vai de fatos a controvérsias. Esse estado de questionamento, de discurso/crítica,



implica a exteriorização, análise e aceitação de pretensões de validade. Esses discursos/crítica e pretensões de validade são especificadas de acordo com o âmbito a que se referem.

No âmbito explicativo, problematização remete ao estabelecimento de discurso explicativo, com pretensão de validade de inteligibilidade. No âmbito objetivo, esses questionamentos concernem ao discurso teórico e a pretensão de validade de verdade. No âmbito social, localizam-se o discurso prático e a pretensão de validade de acerto. No âmbito subjetivo, podem ser situadas a crítica estética e a crítica terapêutica, com pretensão de validade de veracidade. Esses processos de problematização e construção conjunta são viabilizados por um pano de fundo aproblemático, o mundo da vida. Essas relações entre âmbitos, discursos/crítica e pretensões de validade podem ser observadas na figura 1, a seguir.



Figura 1. Relações entre âmbitos, discursos/crítica e pretensões de validade. Fonte: Autores (adaptado de Habermas, 2012a e 2012b).

No âmbito explicativo, pode-se associar a teoria da aprendizagem significativa. Aprendizagem significativa envolve o estabelecimento de relações entre conhecimentos que o aprendiz já possui e novos conteúdos ensinados; demanda disposição para aprender por parte do aprendiz e a disponibilização de materiais potencialmente significativos por docentes (Ausubel, Novak & Hanesian, 1980). A aprendizagem significativa implica relações entre distintos conceitos e também relações entre conceitos e aspectos contextuais. A aprendizagem significativa de conceitos envolve também as modalidades representacional e proposicional; implica a nomeação de conceitos (representacional) e a utilização desses conceitos em proposições (proposicional).

Tais proposições de problematização e construções conjuntas, a se considerarem esses âmbitos, podem ser associadas à abordagem das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no ensino de Física.



Relação CTSA e descargas atmosféricas

O aquecimento global, segundo especialistas ligados ao Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, relaciona-se a ações humanas empreendidas ao longo dos séculos, tais como: expansões de ordem demográfica, industrial, pecuária e agrícola; exploração de recursos minerais; consumo de combustíveis fósseis entre outros. No cenário contemporâneo, o aquecimento global se situa no centro de controvérsias, agregando múltiplas perspectivas. No século XX e nas duas primeiras décadas do novo século, a relação entre causas, processos e efeitos decorrentes dessas atividades humanas tem sido objeto de análise minuciosa, com base em evidências no campo da pesquisa científica e tecnológica. De modo não sistematizado, ao contrário do que faz a ciência, a sociedade tem presenciado alguns processos que mostram a ocorrência de mudanças climáticas e alguns de seus efeitos. No entanto, a sociedade tem tido dificuldades de entendimento sobre as proposições de alternativas às questões relativas às mudanças climáticas e sobre como mitigar os seus efeitos.

Isso significa que a discussão das implicações das ações antrópicas sobre o ambiente tem ficado restrita à maioria da população, em função do que ela acessa em veículos de comunicação e informação (DE MEIS, 2000), principalmente pelo fato de que o conteúdo acessado mostra-se precário e insuficiente. Tão pouco conhecimento também é resultado da deficitária escolarização da população, em particular nas aulas de Física. Consequente é a ideia de que a possibilidade de formação de opinião crítica pela população, decorrente da sua entrada em processo de conscientização e mudança, ainda é pouco presente, pois o que se percebe com frequência nas escolas é a veiculação intensa de informações unilaterais, carregadas de interesses individuais, sem que se estabeleça contato com diferentes visões sobre o mesmo assunto.

A adoção e inserção da problematização das implicações da relação CTSA nos cursos de licenciatura em Física podem conduzir a algo muito significativo – a contribuição para o processo de conscientização dos professores quanto a sua função social (Freire, 1980; Giroux, 1997; McLaren, 1997) ao ensinar Física, no que diz respeito à implementação de discussões mais profundas e contundentes sobre as alterações socioambientais empreendidas historicamente em nome do progresso e da modernidade (Beck, 1992; Latour, 2000; Pedretti, 2003; Pérez, 2012). A problematização das implicações da relação CTSA contribui também, de modo não menos importante, à compreensão sobre a necessidade que se apresenta a todos para se fazer diferente uso da razão, sobretudo para a tomada de decisão consciente e crítica, com base nos conhecimentos ora disponíveis (Pérez, 2012).

A incorporação de uma racionalidade comunicativa na cultura da população deve corresponder à responsabilidade das pessoas sobre o ato de transformarem e de consumirem bens (Giroux, 2003).

Giroux (2003), ao relacionar o envolvimento da cultura a uma formação política e pedagógica, diz que a primeira:

[...] tornou-se a força pedagógica por excelência, e sua função como uma condição educacional mais ampla para o aprendizado é crucial para a aplicação de formas de alfabetização dentro de diferentes esferas sociais e institucionais, pelas quais as pessoas definem a si mesmas a sua relação com o mundo social. A relação entre a cultura e a pedagogia, nesse caso, não pode ser abstraída da dinâmica central da política e do poder. (Giroux, 2003, p. 19)



A formação pedagógica do sujeito está intrinsecamente articulada à sua formação cultural. Neste caso, a necessidade de se trazer a discussão para o âmbito da formação inicial de professores de Física torna-se inegável quando se objetiva viabilizar a conexão entre o ser humano individual e o mundo social. Ao tratar da relação homem-mundo, afirma Freire (1983, p. 102): “Nosso papel não é falar ao povo sobre a nossa visão do mundo, ou tentar impô-la a ele, mas dialogar com ele sobre a sua e a nossa”. Deste modo, como haverá diálogo se os sujeitos não se propuserem a problematizar o mundo?

Para Richardson e Blades (2001), a abordagem das perspectivas decorrentes da relação CTSA permite que os estudos em cidadania transcendam o caráter de domínio social para uma cidadania multidimensional. Tais implicações só se direcionam em favor da humanidade quando dizem respeito a um conjunto de aspectos que formam uma rede complexa de conexões que possam incorporar sustentabilidade socioambiental, tomada de decisão consciente, sobretudo ética e, portanto, com justiça social, além das quais se somam a reconstrução social, ação e politização bem como a ênfase à natureza da ciência e da tecnologia (Pedretti et al., 2003).

A partir da ação do IPCC, que constituiu um seleto grupo de representantes de diferentes áreas do conhecimento, permitiu-se que muitos profissionais de elevado nível intelectual (cientistas, economistas, sociólogos, professores, jornalistas etc.) passassem a conversar, a ouvir os argumentos uns dos outros em busca de entendimento, com o fito de instituir ações e elaborar orientações aos governos. Enfim, esses atores sociais passaram a ocupar os espaços, a falar com fundamentos científicos atualizados e pautados em pesquisas e preocupações de larga escala, à medida que se viram na condição e obrigação de fazer denúncias e de estabelecer projeções. Esses atores também passaram a anunciar sobre o que se pode fazer individual e coletivamente para mudar o curso das ações humanas, o que coloca a Educação em uma posição central e privilegiada, ao mesmo tempo em que ela detém alicerces para uma visão crítica de sociedade e de projeto de futuro.

Com esse cenário, renomadas instituições com muitos estudiosos e pesquisadores têm feito exposições sobre problemas e apontado para iniciativas de entendimento e de posterior enfrentamento às demandas apresentadas. Uma dessas instituições essenciais diz respeito ao grupo ELAT-INPE outrora citado. Em projeto temático desse grupo (sob coordenação do pesquisador Osmar Pinto Jr.), intitulado “Detecção de sinais de variabilidade relacionados a mudanças climáticas na incidência e características das descargas atmosféricas no Brasil”, assim se expressa:

O impacto das mudanças climáticas sobre a incidência de descargas atmosféricas é um dos grandes desafios das pesquisas na área de eletricidade atmosférica, conforme evidenciado no último relatório do IPCC (de 2007). Os resultados do projeto irão contribuir no entendimento de causas e tendências climáticas nas escalas regional e local, auxiliando na implantação de políticas públicas para minimização dos impactos em vidas e prejuízos decorrentes do fenômeno e colaborar no futuro com os objetivos do Programa de Mudanças Climáticas recém lançado pela FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo (Pinto Jr, 2008, p. 2, parenteses nossos).

O que historicamente se entendeu ou aceitou como fenômeno próprio da natureza passa a ser encarado na pesquisa científica e tecnológica de ponta como uma manifestação também impactada pelo aquecimento global. A considerar que o aquecimento global tem sido associado,



no meio científico do IPCC, como decorrente predominantemente de ação antrópica, as descargas atmosféricas passam a intensificar ainda mais a relação direta com a humanidade em curso atual. Assim, a atmosfera revelada historicamente como ambiente dinâmico torna-se ainda mais ativa na medida em que as descargas nela produzidas são significativamente decorrentes de processos termo-físicos localizados, ao mesmo tempo em que elas alteram a “química da atmosfera e produzem compostos do tipo NO_x, que afetam o equilíbrio radiativo da atmosfera e conseqüentemente o ritmo do aquecimento da mesma” (Rakov & Uman, 2003; Schumann & Huntrieser, 2007; IPCC, 2007, citados por Pinto Jr., 2008, p. 5).

As estimativas variam de um aumento de 4 a 60% na concentração de NO_x para cada grau de aumento na temperatura, com um valor médio de 15%. Outros modelos sugerem ainda significantes mudanças na distribuição global de NO_x com o aquecimento global (Sanderson, Collins, Johnson & Derwent, 2006, citados por Pinto Jr., 2008, p. 5).

Ainda, afirma Pinto Jr. (2008, p. 5) que as descargas atmosféricas “também produzem outros gases que afetam o equilíbrio radiativo da atmosfera através de queimadas, tais como CO₂”.

Nesse sentido, apresenta-se, a seguir, uma proposta educacional para abordagem de descargas atmosféricas, com estudantes de um curso de licenciatura em Física de uma instituição brasileira, e considera o desenvolvimento de racionalidade comunicativa, priorizando o envolvimento e o posicionamento dos envolvidos sobre o tema.

Metodologia

A pesquisa em foco neste texto está baseada em vivências formativas em um curso de Licenciatura em Física na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, instituição pública, com o referido curso localizado na cidade de Curitiba, estado do Paraná, região sul do Brasil. A seguir são apresentados elementos da abordagem em sala de aula. Posteriormente, apresenta-se o tipo de análise empregada na pesquisa.

As vivências formativas ocorreram no interior do eixo denominado Atividade prática como componente curricular, especificamente em projetos voltados ao ensino da eletricidade e magnetismo, envolvendo seis estudantes, sendo três rapazes e três moças, em duas classes distintas em semestres letivos. O desenvolvimento da proposta em sala de aula foi estruturado na perspectiva da Aprendizagem Centrada em Eventos. Eventos, neste caso, dizem respeito às Descargas Atmosféricas. Para tanto, a proposta foi desenvolvida segundo as fases a seguir:

- Problematização: via observação do documentário “Fragmentos de Paixão” (2013), que constitui a visão de um cientista brasileiro, especialista em descargas atmosféricas, e a interação deste cientista com determinados sujeitos em seis histórias de vida em que ocorreram fenômenos de descargas atmosféricas;
- Levantamento: extração individual e coletiva de relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente que se apresentam no vídeo;
- Prospecção: são constituídas apresentações na forma de seminários abertos, pois as intervenções dentre os participantes podem ocorrer a qualquer momento, livres de coerção e com compromisso construtivo ao interromper para argumentar ou contra-argumentar. A



prospecção não pode se restringir ao vídeo, necessitando-se de mais material sobre o tema, o que inclusive atinge muitas outras áreas, além da Física;

- Exposição: apresentações acontecem e todos os participantes (professor e estudantes do curso de Licenciatura em Física) avaliam o teor do que se produziu, bem como a natureza inacabada sobre o que se conhece acerca das descargas atmosféricas naquele contexto de formação docente.

Do ponto de vista da pesquisa realizada (sobre a abordagem de descargas elétricas em sala de aula), destaca-se a análise do documentário citado, como material didático para viabilizar a articulação entre diferentes âmbitos formativos dos professores de Física. O documentário fundamenta ações em sala de aula (quadro 1) e permite a elaboração da proposta final (quadro 2). As ações são apreciadas com base na análise de conteúdo de Bardin (2011). Assim, as análises se embasam em dados referentes às trocas ocorridas em sala de aula sobre tal documentário, com registros impressos e eletrônicos.

O Documentário “Fragmentos de Paixão”

O documentário “Fragmentos de Paixão” (2013), tratado educacionalmente com os estudantes da Licenciatura em Física, foi produzido com o viés informativo sobre os impactos causados pelas descargas atmosféricas. Inicialmente criado para ser apenas um documentário, mostrou-se dotado de elementos considerados promissores para fomentar discussões no ensino de eletrostática em perspectiva das relações CTSA. Assim, a partir do parágrafo a seguir inicia-se a apresentação dos elementos de problematização e levantamento (descritos anteriormente sobre a metodologia empregada no contexto da formação inicial dos seis professores de Física) sobre o referido documentário.

Para ilustrar essas relações, o apresentador do documentário “Fragmentos de Paixão” – o pesquisador Osmar Pinto Jr. – mostra histórias de seis pessoas que, de alguma forma, tiveram suas vidas marcadas pelas descargas atmosféricas.

A primeira história diz respeito a Henrique Charles Morize, retratada em relatos de seu bisneto Henrique Carlos Morize. Morize avô era francês e naturalizado brasileiro e que ainda jovem se tornaria figura influente no meio científico brasileiro, chegando ao cargo de diretor do Observatório Nacional, cidade de Rio de Janeiro, entre os anos de 1908 a 1929. Quando ainda era funcionário do antigo Observatório Imperial, no dia 9 de novembro de 1885, teve seu nome anotado na história científica brasileira por ter registrado primeiro, em fotografia, uma descarga atmosférica em solo brasileiro. Tal imagem foi obtida em lugar denominado Morro do Castelo na cidade do Rio de Janeiro, com uma câmera fotográfica de lâmina de prata, como descreve Henrique Charles Morize em artigo publicado pela Revista do Observatório Imperial, no ano de 1886.

A referida fotografia se tornaria crucial às pesquisas dali em diante. Mesmo que estudos sobre descargas atmosféricas no Brasil tivessem sido iniciados ainda em 1780, seus autores tinham avançado muito pouco até então, apesar da forte influência de Dom Pedro II. Entretanto, as pesquisas sobre descargas atmosféricas no Brasil só adquiriram interesse institucionalizado e repercussão nacional e internacional cerca de 200 anos mais tarde, com o advento da criação do ELAT-INPE, em 1979.

Neste período é importante ressaltar a passagem pelo Brasil do jovem cientista inglês Charles



Robert Darwin. Com o HMS Beagle, em sua estadia na cidade de Salvador, estado da Bahia, Darwin presenciou e posteriormente relatou em diário uma robusta tempestade com incidência de descargas atmosféricas e conta que buscou abrigo sob uma árvore (o que não é recomendado pelos conhecimentos e constatações que se tem hoje, pois tal atitude aumenta consideravelmente as chances da pessoa ser atingida por uma descarga atmosférica quando abrigada dessa maneira).

A segunda história apresentada se refere a relatos do oficial militar Henri da Silva Torres, que tomam uma conotação mais histórica e cultural (inclusive de caráter folclórico e religioso) sobre os raios, que teve como palco a Fortaleza de Santa Cruz, de 400 anos de existência, localizada na cidade de Niterói, no estado do Rio de Janeiro. Essa fortaleza foi local de grandes batalhas que marcaram a história do Brasil e que ocorreram por muitas décadas, algumas das quais em meio a intensas tempestades.

Como um dos eventos mais marcantes, destaca-se batalha de 11 a 12 de setembro de 1711, entre portugueses e franceses (liderados estes últimos por René Duguay-Trouin). Os franceses envolvidos objetivavam tomar a cidade do Rio de Janeiro. A batalha, sob grandiosa tempestade, teve vitória dos franceses que, após receberem a última parcela do resgate da cidade, em seu retorno para a França, tiveram suas embarcações atingidas por várias descargas atmosféricas na região de Açores.

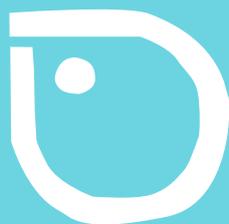
Na história das grandes batalhas, reinava o mito de que os raios eram afugentados pelos barulhos dos canhões. Impera até hoje, no imaginário das forças armadas, que o artilheiro (pessoa que é responsável por armar e disparar os canhões) não pode ter medo de raios, dadas as evidências históricas de batalhas ocorridas em meio a essas manifestações atmosféricas.

A relação com as descargas atmosféricas também está presente na religião, pois tem na figura de Santa Bárbara – intitulada padroeira das armas de artilharia – associação direta às descargas atmosféricas, devido a sua causa-morte. Ela, Santa Bárbara, foi sentenciada à execução por decapitação, por ter seguido vocação católica. Execução feita por seu próprio pai, o qual, após cortar a cabeça de Santa Bárbara, foi atingido por um raio que o teria aniquilado instantaneamente.

A terceira história possui uma forte ligação com a visão mitológica dos raios, pois apresenta o pagé Maurício dos Santos, segundo o qual recebeu uma visão de Tupã (entidade mitológica Tupi-Guarani, configurada em manifestação de um deus na forma do som do trovão) para que fosse, a partir daquele momento, chamado de "Werá Tupã de Ecupé", o que, segundo a língua do povo Tupi-Guarani, pode ser traduzida como "Guardião dos Raios em Nome de Tupã".

Os índios brasileiros possuem uma forte ligação com os raios e acreditam que, quando um raio atinge uma árvore, se um índio carregar junto de si um pedaço da madeira atingida o mesmo estará protegido. Segundo eles, um raio não cai duas vezes no mesmo lugar, crença ainda bastante presente no imaginário popular e que persiste, apesar de se destacar, por exemplo, o fato de a imagem do Cristo Redentor, na cidade do Rio de Janeiro, ser atingida por raios várias vezes durante o mesmo ano.

Estas relações mitológicas e religiosas remetem ao início das navegações, pois há registros de casos de que alguns navios, ao se aproximavam de uma tempestade, tiveram seus mastros envoltos por uma luz azulada, que segundo eles era um bom sinal, pois significava que estavam protegidos. Hoje tal fenômeno se relaciona ao Fogo de Santelmo, o que obviamente significa um grande risco



devido à enorme energia dissipada em sua ocorrência. O Fogo de Santelmo não é exclusividade de ocorrência, obviamente, do período das grandes navegações, pois em dias atuais ele ainda se mostra um risco à aviação porque pode provocar vários problemas, tal qual se relata sobre a queda do avião da companhia aérea Air France, em 31 de maio de 2009, próximo ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Considera-se que uma descarga atmosférica tenha sido um dos fatores (agrupados a outros) causador da queda da aeronave do voo Rio-Paris (AF 447), vitimando 228 pessoas.

A quarta história apresentada é novamente contada por parente de personagem. Lydia de Assis Brasil relata fato ocorrido na família de seu avô Joaquim Francisco de Assis Brasil, mais conhecido como Assis Brasil, um político brasileiro bastante influente no final do século XIX e nas primeiras décadas do século XX, e que teve a sua vida marcada pelo advento de uma descarga atmosférica incidente em sua filha Cecília de Assis Brasil.

Cecília, nascida em Washington (D.C., Estados Unidos), perdeu a vida durante uma cavalgada com amigos em território brasileiro. Todos seus amigos e ela, ao se depararem com a aproximação da tempestade, abrigaram-se em uma caverna. Ao cessar da chuva, Cecília passou a motivar os amigos a sair da caverna montada em seu cavalo branco, mas acabou sendo atingida de modo fulminante por uma descarga atmosférica, que lhe tirou a vida instantaneamente. Segundo a cultura popular, nunca se deve cavalgar em um cavalo branco durante uma tempestade, o que obviamente hoje se atribui hoje à posição elevada do cavaleiro ou amazonas e não à cor do cavalo – trata-se do chamado efeito corona.

A quinta história apresentada é a de Julio César, ex-policia militar da cidade de São Paulo, quando, no dia 11 de outubro de 2011, ao retornar para sua casa em sua moto, foi atingido por uma descarga atmosférica que o levou a ficar internado em coma durante seis dias e apresentar sequelas, como a perda de memória e a epilepsia, o que ele não possuía antes do ocorrido. O relato destaca as consequências graves que pessoa acometida por uma descarga atmosférica pode desenvolver.

A última história apresentada se refere a José Vicente Moreira, que, ao sair do trabalho em sua bicicleta em uma tarde, avistou a formação da tempestade, ao longe, e por isso pensou que ainda demoraria a chegar a ele; saiu pedalando normalmente pelo mesmo caminho que fazia todos os dias, mas, durante o trajeto, ao passar por uma região com árvores altas e uma cerca que circundava um terreno, foi atingido por uma descarga lateral. José acabou sendo lançado a mais de dez metros de distância pela miniexplosão provocada pela súbita elevação da temperatura da região e com enormes danos à sua bicicleta (feita obviamente por metal condutor). Imediatamente socorrido por transeuntes, acabou tendo fratura exposta, que o levou em processo cirúrgico a implantar duas placas e sete pinos para reestruturar o local da fratura. Dos transeuntes, destacou-se uma moça que o ajudou, com a qual José veio a se casar, atribuindo então a relação do raio como a causa do encontro do amor.

Enfim, a relação com a falta de conhecimento quanto às tempestades leva as pessoas a se abrigarem de forma inadequada em locais diversos, a exemplo de árvores, nas imediações a veículos, em quiosques na praia, entre outros, de modo a ficarem fragilmente expostas a descargas naturais, colocando em risco suas vidas.

Não raro, é falsa ideia de que a energia presente nas descargas atmosféricas poderia sanar ou



atenuar de modo significativo problemas relativos às demandas por energia elétrica do planeta. Operacionalmente, o seu armazenamento e consequente distribuição são inviáveis, pois diz respeito a um tipo de manifestação de energia de curtíssima duração e elevadíssima intensidade.

O número de dias de tempestade vem aumentando fortemente no Brasil, segundo o ELAT-INPE, devido a diversos fatores climáticos, entre os quais alguns de origem antrópica, implicados no aquecimento global, devido a trocas térmicas e alterações químicas da atmosfera.

Resultados

Vivência dos alunos acerca do documentário: da prospecção à exposição

A questão ambiente é pouco reconhecida inicialmente para estudantes da Licenciatura em Física. No entanto, com a proposta apresentada a esses estudantes, os mesmos iniciam discussões que fundamentam suas exposições, a exemplo dos sujeitos LF-1, LF-3 e do Professor, conforme explicitado no quadro 1. Nesse quadro, nota-se a existência de um esforço maior, por parte dos estudantes de Licenciatura em Física, em articular os conhecimentos científicos sobre eletricidade atmosférica com aspectos tecnológicos e sociais.



Quadro 1. Relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente representada em atividades educacionais propostas. Fonte: autores.

Estudante LF-1	<ul style="list-style-type: none">- É preciso explicar como ocorre a eletrização na atmosfera;- Explicar como a poluição pode influenciar no processo de eletrização (atmosférica);- Fazer esquema da formação das nuvens carregadas;- Apresentar vídeo sobre precipitador eletrostático, que filtra a emissão de partículas poluentes na atmosfera;
Estudante LF-3	<ul style="list-style-type: none">- Cabe explicar o processo de eletrização por indução, ressaltando o motivo de aterramento nas redes elétricas;- Também, precisa explicar a relação entre a umidade relativa do ar com o acúmulo de cargas eletrostáticas.
Professor	<ul style="list-style-type: none">- LF-3, você precisa detalhar melhor o trecho "Apontar os conceitos básicos de eletrostática, a fim de que os alunos comecem a examinar o fenômeno". Mas qual é o fenômeno?
Estudante LF-3	<ul style="list-style-type: none">- Professor, o fenômeno é o raio.
Estudante LF-2	<ul style="list-style-type: none">- Problematização inicial: iniciar a aula com a apresentação da imagem do Cemitério da Quarta Parada (na cidade de São Paulo) e questionar os alunos sobre quais elementos podem haver sobre a proteção contra descargas atmosféricas.- Discutir sobre duas personalidades históricas e suas relações com os raios.- Demonstrar os riscos presentes em cada uma das formas mais comuns no imaginário popular para se proteger dos raios.- Voltar às ideias iniciais e verificar se os problemas iniciais presentes no Cemitério favorecem ou não a queda de raios.



Esses relatos permitem afirmar que há um interesse dos estudantes em articular aspectos científicos e preocupações ambientais. Perpassa nos relatos a meta de evidenciar nas aulas, quando for o caso, abordagens que levem em conta a exposição a partir de artefatos tecnológicos, como é o caso do precipitador eletrostático.

Nos fragmentos de LF-1 e LF-3, sobre a eletrização atmosférica, esses estudantes de Licenciatura em Física situam suas expressões no âmbito objetivo. Por outro lado, nesse processo, LF1 e LF-3 reconhecem a necessidade de ampliação de âmbito explicativo na abordagem do tema com alunos da Educação Básica, com as propostas (ao ensinar eletrostática) de “explicar o processo de eletrização” e “explicar como ocorre a eletrização na atmosfera”. A ênfase, neste caso está relacionada à construção conjunta, quando, por exemplo, a preocupação do Professor sobre o proferimento de LF-4 reside na necessidade de dar clareza a que fenômeno gostaria de examinar com os alunos de Educação Básica.

Por sua vez, LF-2 reconhece a necessidade de trazer o documentário “Fragmentos de Paixão” para uma discussão com alunos da Educação Básica em perspectiva das histórias 1 e 4 referentes aos personagens que ele os configura como “históricos” – ou seja Henrique Charles Morize e Joaquim de Assis Brasil e sua filha Cecília. Assim, o interesse de LF-2 consiste em ponderar o âmbito subjetivo para exposição de sentimentos em relação às descargas atmosféricas. Entretanto, essa exposição é retratada nas seis histórias narradas em “Fragmentos de Paixão”.

Mas LF-2 reconhece também a necessidade de sua ideia inicial, acerca de um cemitério da cidade de São Paulo, região sudeste do Brasil, registrar vários casos de acidentes ocorridos ao longo da história envolvendo raios. Nesse sentido, em relação aos alunos da Educação Básica, LF-2 propõe abordar os âmbitos social e subjetivo.

Proposta educacional para eletrostática

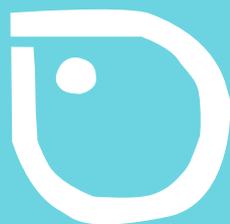
A proposta que segue tem por base prática os resultados dos elementos destacados anteriormente sobre o referido documentário e a vivência que os estudantes de Licenciatura em Física tiverem sobre ele. Associada a isso, há uma base teórica, que se fundamenta nos apartes que emergem da teoria do agir comunicativo de Jürgen Habermas e das possíveis relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

A abordagem dessas histórias, destacadas no documentário “Fragmentos de Paixão”, podem ser abordadas em sala de aula, para problematização e construções conjuntas nos âmbitos explicativo, objetivo, social e subjetivo. No quadro 2, a seguir, são destacados aspectos envolvendo tais âmbitos, considerando elementos apresentados no documentário.



Quadro 2: Possibilidades de abordagem de elementos do documentário “Fragmentos de Paixão” conforme âmbitos. Fonte: autores.

Partes do documentário	Ênfase	Âmbitos	Comentários
- História 3 e História 4	Aspectos subjetivos relacionados a descargas atmosféricas como ponto de partida dos processos de problematização e construção conjunta	- Subjetivo	Exposição de sentimentos em relação às descargas atmosféricas.
		- Objetivo/ social	Questionamento de concepções populares sobre descargas atmosféricas e de procedimentos de prevenção de acidentes envolvendo raios.
		- Explicativo	Desenvolvimento de atividades educacionais para aprendizagem de conceitos de eletrostática.
- História 1 e História 2	Aprendizagem de conceitos envolvendo eletrostática para ampliação de âmbito explicativo.	- Subjetivo	Problematização de perspectivas diferenciadas e de ações individuais e coletivas de proteção a descargas atmosféricas.
		- Objetivo/ social	
		- Explicativo	Abordagem de conceitos envolvendo eletrostática (apropriação de conceitos e linguagem científica): - Condutores e isolantes sob diferentes condições físicas e químicas; - Campo elétrico e força elétrica presentes em descargas atmosféricas; - Potencial elétrico para a descarga (atmosférica); - Capacitância: carga e descarga; - Rigidez dielétrica em diferentes meios; - Vencendo a rigidez dielétrica do meio: finalmente a descarga elétrica ocorre.



- História 5 e História 6	Aspectos de âmbito social envolvendo ações coletivas relacionadas a ações de proteção em relação a descargas atmosféricas.	- Subjetivo/ objetivo/ social/ explicativo	Problematização sobre tomada de decisão para proteção a descargas atmosféricas em diferentes condições.
---------------------------	--	---	---

Em relação à proposta educacional apresentada, podem ser destacadas possibilidades de formação para o entendimento e acordo (Habermas, 2012a), a considerar a interação entre os estudantes de graduação e suas proposições para a Educação Básica.

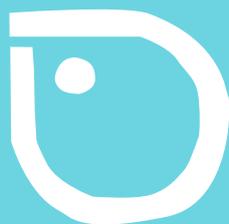
Conclusões

Na inserção de discussões voltadas às descargas atmosféricas como proposta de ensino, constituiram diferentes potencialidades formativas: amplo interesse das classes, associado à necessidade de prospecção de mais informações; desconhecimento sobre diferentes aspectos envolvendo raios; considerável gama de informações sobre o tema, o que contribui de um lado e desestabiliza de outro, respectivamente, ao se abrirem diferentes possibilidades didáticas e ao se colocar em prática a possibilidade mais viável dentro do tempo didático e das condições estruturais da escola para desenvolver proposta educacional. Tudo isso vai ao encontro de pressupostos formativos apresentados por Pérez e Carvalho (2010), Pérez (2012) e MacLeod (2012).

Para um professor em formação, o referido documentário permite viabilizar várias frentes de atuação nas discussões sobre eletrostática, inclusive porque cada uma das seis histórias narradas no referido vídeo apresenta informações diversas, tais como: o primeiro método de detecção utilizado no Brasil; o contexto de cultura popular e misticismo, pois os raios possuem um forte apelo nestas áreas; a possibilidade do ensino multidisciplinar, com Biologia, Geografia, História, Matemática e Arte; o modo de proteção (se é possível) em cada situação de descarga atmosférica, entre outros.

A inserção de proposta educacional com foco nas descargas atmosféricas, na formação inicial de professores de Física, mostra-se relevante, pois, mesmo que a sua natureza esteja ainda socialmente ligada a fatores como mística, beleza e grandiosidade, tais descargas apresentam enormes riscos, especialmente decorrentes da falta de conhecimento ou da negligência por parte da população em geral, o que coloca vidas em jogo. Ao ser bem aceita pelos estudantes de Licenciatura, tal proposição desperta a atenção para a importância do aprofundamento do tema quando se colocarem a atuar na Educação Básica, além de, como bem se destacou, reforça-se o argumento de que as descargas atmosféricas permitem discussões integradas com outras áreas de conhecimento, além da Física.

O aceite pode ser destacado com mais saliência para o caso de um dos estudantes, o qual tomou o tema do ensino de eletrostática, com base nas descargas atmosféricas, como elemento que

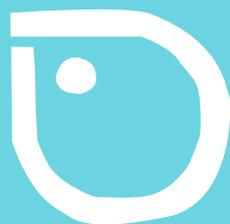


constitui o seu trabalho de conclusão de curso.

Enfim, o investimento em propostas educacionais com foco na educação CTSa permite dar legitimidade à construção científica e tecnológica (a exemplo do acervo de conhecimentos sobre eletrostática e sobre detecção de descargas atmosféricas), pois, além de levar em consideração aspectos sociais (como culturais e econômicos), propõe motivar interesses e certa dose de preocupação com nosso futuro e a convivência com a natureza.

Referências bibliográficas

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Beck, U. (1992). *Risk Society: towards a new modernity*. London: Sage Publications.
- De Meis, L. (2000). *Ciência, educação e o conflito humano-tecnológico*. São Paulo: Editora Senac.
- Cardoso, I. (Diretor), & Storm Comunicação (Produtor). (2013). *Documentário Fragmentos de Paixão* [Vídeo]. São José dos Campos: Storm Comunicação.
- Freire, P. (1980). *Conscientização* (3.ª Ed.). São Paulo: Editora Moraes.
- Freire, P. (1983). *Pedagogia do oprimido* (15.ª Ed.). Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Galvão, C., Reis, P., & Freire, S. (2011). A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. *Ciência & Educação*, 17(3), 505-522. Consultado em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000300001
- Giroux, H. (1997). *Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed.
- Giroux, H. (2003). *Atos impuros: a prática política dos estudos sociais*. Porto Alegre: Artmed.
- Habermas, J. (2012a). *Teoria do agir comunicativo I: racionalidade da ação e racionalização social*. São Paulo: WMF Martins Fontes.
- Habermas, J. (2012b). *Teoria do agir comunicativo II: sobre a crítica da razão funcionalista*. São Paulo: WMF Martins Fontes.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Grupo Eletricidade Atmosférica. (n. d.). Mortes por Raios no Brasil. Consultado em 20 jul. 2015, no website do INPE, <http://www.inpe.br/webelat/homepage/#>
- Latour, B. (2000). *Ciência em Ação: como seguir engenheiros e cientistas mundo afora*. São Paulo: Ed. Unesp.
- MacLeod, K. A. (2012). *Integrating science, technology, society and environment (stse) into physics teacher education: pre-service teachers' perceptions and challenges* Thesis degree Doctor of Philosophy. Toronto: University of Toronto, OISE.



- McLaren, P. (1997). *A vida nas escolas: uma introdução à pedagogia crítica nos fundamentos da educação*. Porto Alegre: Artmed.
- Pedretti, E. (2003). Teaching science, technology, society and environment (stse) education. In D. L. N. Zeidler (Org.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 219-239). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Pérez, L. F. M., & Carvalho, W. L. P. (2010). Tensões e possibilidades expressadas por professores de ciências em exercício sobre a abordagem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. In F. Bastos (Org.), *Ensino de ciências e matemática* (pp. 128-145). São Paulo: Editora Unesp.
- Pérez, L. F. M. (2012). *Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores*. São Paulo: Ed. Unesp.
- Pinto Jr., O. (2008). *Detecção de sinais de variabilidade relacionados a mudanças climáticas na incidência e características das descargas atmosféricas no Brasil. Projeto Temático – 2009-2016*. Consultado em 20 dez. 2015, no website da FAPESP, <http://www.bv.fapesp.br/pt/auxilios/6603/deteccao-de-sinais-de-variabilidade-relacionados-a-mudancas-climaticas-na-incidencia-de-descargas-at/>
- Richardson, G. H., & Blades, D. W. (2001). Social studies and science education: developing world citizenship through interdisciplinary partnerships. *Canadian Social Studies*, 35(3), s. p. Consultado em http://www.educ.ualberta.ca/css/Css_35_3/ARDeveloping_world_citizenship.htm