

Análise de práticas epistêmicas em uma Sequência Didática sobre o sistema respiratório

Edyth Priscilla Campos Silva¹

Luiz Gustavo Franco²

Santer Alvares de Matos³

Resumo: Há uma crescente busca na pesquisa e no ensino de Biologia sobre como conteúdos do corpo humano podem ser ensinados para além da memorização de nomenclaturas e funções. Trabalhos foram desenvolvidos com esse objetivo, no entanto, poucos têm relação com o desenvolvimento de práticas epistêmicas. O presente trabalho analisa uma sequência didática sobre sistema respiratório em uma turma do oitavo ano do Ensino Fundamental. As aulas foram baseadas no Ensino de Ciências por Investigação com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Os resultados indicam como a sequência proporcionou o desenvolvimento de práticas epistêmicas relacionadas à proposição, justificação, avaliação e legitimação do conhecimento, ampliando oportunidades para uma compreensão sobre ciência.

Palavras-chave: práticas epistêmicas, ENCI, CTS, sistema respiratório.

1 Mestranda do Curso de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, edythpriscilla@gmail.com;

2 Doutor pelo curso de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Professor da Universidade Federal de Minas Gerais, luizgfs658@gmail.com;

3 Doutor pelo curso de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Professor do Centro Pedagógico da UFMG, santer@ufmg.br;

Introdução

Um dos objetivos do ensino de Biologia é que os estudantes sejam capazes de descrever e explicar as estruturas e a função dos componentes dos sistemas do corpo humano e como esses sistemas interagem a fim de manter seu funcionamento (RULE; FURLETTI, 2004). No entanto, há a necessidade de inovar em aulas tradicionais, nas quais aspectos do processo científico e aspectos sociais do conhecimento sejam articulados ao ensino de conceitos para que a aprendizagem de ciências se torne efetiva.

Há uma crescente preocupação de professores e pesquisadores em Educação com respeito ao ensino inovador do sistema respiratório (ALMEIDA et al., 2013; DIAS-DA-SILVA; 2018; MENDONÇA et al., 2011). Poucos trabalhos, porém, relacionam o ensino desse conteúdo com o desenvolvimento de práticas epistêmicas em sala de aula.

Nesse sentido, analisamos neste trabalho uma sequência didática pautada em elementos da abordagem Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) e enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que possibilitaram o desenvolvimento de práticas epistêmicas. Este trabalho pode fomentar novas formas de abordar o conteúdo do sistema respiratório e contribuir para pesquisas sobre práticas epistêmicas.

Referencial teórico

A partir da visão da construção do conhecimento científico como prática social, a educação científica busca a enculturação dos estudantes na prática científica (DRIVER et al., 1999). Um dos meios é possibilitar esse processo é o desenvolvimento de práticas epistêmicas em sala de aula. Kelly (2008) define *práticas epistêmicas* como práticas sociais relacionadas aos processos de proposição, justificação, avaliação e legitimação do conhecimento. Isto é, são práticas de construção do conhecimento que, no caso das ciências naturais, possuem características específicas.

Kelly e Licon (2018), propõem alguns exemplos capazes de ilustrar como as práticas epistêmicas podem ocorrer no contexto da sala de aula de ciências:

Quadro 1: Exemplos de práticas epistêmicas para educação em ciências.

PRÁTICAS EPISTÊMICAS	EXEMPLOS
Proposição	<p>Propor questões científicas</p> <p>Projetar investigações científicas para responder as questões</p> <p>Fazer observações</p> <p>Prever evidências relevantes para a investigação</p> <p>Construir e melhorar modelos</p>
Justificação	<p>Desenvolver uma linha de raciocínio científico</p> <p>Fornecer justificativas disciplinares específicas para as afirmações propostas</p> <p>Escrever explicações científicas</p> <p>Comunicar verbalmente explicações científicas</p> <p>Construir explicações científicas baseadas em evidências e raciocínio</p>
Avaliação	<p>Avaliar os méritos de uma afirmação, evidência ou modelo científico</p> <p>Avaliar uma linha de raciocínio científico</p> <p>Avaliar a explicação científica</p> <p>Considerar explicações alternativas</p>
Legitimação	<p>Construir um consenso no grupo para as explicações cientificamente sólidas de acordo com o valor da explicação que mais se aproxima das teorias cientificamente aceitas</p> <p>Reconhecendo o conhecimento pela comunidade epistêmica relevante</p>

Adaptado de Kelly e Licona (2018).

Um ambiente rico na promoção de práticas epistêmicas pode favorecer a compreensão de como o conhecimento é produzido pela comunidade científica, tornando os estudantes mais críticos e próximos da cultura científica. Desse modo, eles podem se apropriar não apenas dos conhecimentos do domínio conceitual das ciências, mas também de aspectos de seus domínios epistêmico e social (DUSCHL, 2008), ampliando a visão sobre ciência e mobilizando suas ferramentas cognitivas para ver e pensar o mundo (KELLY; LICONA, 2018).

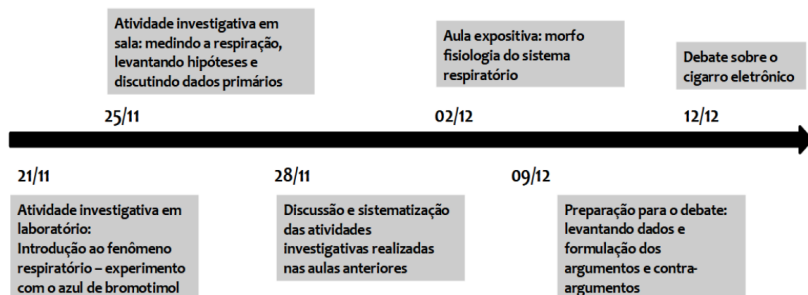
Metodologia

A sequência de aulas analisada neste trabalho foi desenvolvida em uma escola federal em Minas Gerais. A escola participa de uma pesquisa longitudinal desde o ano de 2012. As aulas descritas ocorreram no final do ano de 2019, quando os estudantes cursavam o 8º ano do Ensino Fundamental e a turma era composta por 25 alunos. O professor regente da turma é formado em Ciências da Natureza com habilitação em Biologia, possui ampla

experiência na docência, com aulas baseadas em diferentes estratégias de ensino.

A sequência de aulas analisada possui seis aulas sobre sistema respiratório, conteúdo curricular previsto para a turma no contexto mais amplo de aulas sobre o corpo humano, desenvolvidas ao longo de todo o ano letivo. A figura 1 mostra uma visão geral da sequência:

Figura 1: Sequência de aulas sobre o sistema respiratório



A sequência foi baseada em elementos do EnCI e no enfoque CTS. Tais elementos ampliaram as oportunidades para o desenvolvimento de práticas epistêmicas pelos estudantes, tendo em vista objetivos instrucionais dessas abordagens didáticas.

Atividades investigativas envolvem os estudantes na resolução de problemas do mundo natural relacionados aos conceitos científicos. Promovendo o engajamento em práticas como coleta de dados, desenvolvimento de hipóteses, uso de evidências e avaliação de alegações dos colegas (CARVALHO, 2018). O enfoque CTS, por sua vez, parte do princípio de que a Ciência e a Tecnologia não são neutras e nem podem ser distanciadas dos seus interesses de produção. Ao contrário, ambas estão permeadas por questões éticas, sociais e políticas (PINHEIRO et al., 2007).

Os dados foram construídos a partir da observação participante, registro em caderno de campo e gravações em áudio e vídeo. Após a caracterização das interações em cada uma das seis aulas, selecionamos quatro aulas em que práticas epistêmicas foram identificadas de modo mais visível nas interações dos estudantes e selecionamos alguns trechos de falas para transcrição. Para análise, indicamos as práticas epistêmicas que emergiram nas aulas utilizando o referencial de Kelly e Licon (2018).

Resultados e Discussão

Aula Experimental “Respiração: Uma Queima Muito Especial”

A primeira aula da sequência (21/11) ocorreu a partir de uma atividade experimental em grupos de 4 a 5 integrantes. Os alunos deveriam soprar, com auxílio de um canudo, uma solução contendo azul de bromotimol e observar a transformação: a alteração da cor da solução. A partir das observações realizadas, os alunos deveriam elaborar hipóteses para o fenômeno.

No grupo de Tina e suas colegas, por exemplo, após soprarem no tubo de ensaio, as alunas discutiram entre si a causa da mudança de coloração. A ideia inicial da aluna Tina estava relacionada à presença de oxigênio. A monitora que acompanhava o grupo, a fim de auxiliar no desenvolvimento da hipótese, perguntou para o restante do grupo se concordavam com a colega. Nara, integrante do grupo de Tina, questionou a hipótese da colega, trazendo para a discussão conhecimentos sobre a respiração. Ela afirmou que o que expiramos não é oxigênio, mas gás carbônico. Então as alunas concordaram com a colocação da colega e mudaram a hipótese. Tina concluiu dizendo: *“quando a gente sopra, a gente joga gás carbônico ali fazendo-o mudar de cor”*.

O professor propôs as questões científicas para o fenômeno e a investigação a ser desenvolvida. No entanto, foram os alunos que observaram o fenômeno. Quando o professor pediu que eles elaborassem hipóteses para o fenômeno, ele engajou os alunos na prática de justificção. A aluna Tina construiu uma explicação baseada num raciocínio, em seguida comunicou a explicação para as outras colegas e elas redigiram a afirmação. Outra prática importante que emergiu foi quando a monitora questiona se o restante do grupo concorda com a explicação de Tina, ela está fomentando a prática epistêmica de avaliação. A colega Nara, avalia o mérito da explicação da colega e relaciona sua validade a luz da teoria cientificamente aceita dos gases envolvidos na respiração. Com base nessa nova explicação, o grupo legitima a afirmação pois, a julgam estar mais coerente com a teoria científica aceita.

Na segunda parte da aula, os alunos deveriam observar a queima de uma vela em um recipiente fechado contendo a solução de azul de bromotimol. As alunas relacionaram os dois fenômenos observados e concluíram que o gás carbônico liberado na queima da vela seria também o responsável pela mudança de cor da solução. Nessa parte da aula as alunas se engajaram novamente na prática de proposição quando elas observam o mesmo

fenômeno, mudança da cor da solução do azul de bromotimol, só que por meio de outro experimento. As alunas justificam a explicação quando relacionam as evidências observadas nos dois experimentos e concluem que o gás carbônico foi o responsável pela mudança da cor nos dois experimentos, já que a expiração e queima da vela liberam o mesmo gás. As alunas também desenvolvem a prática de legitimação quando baseiam a explicação para o fenômeno observado com a teoria dos gases envolvidos na queima de uma vela.

Aula de Discussão de Hipóteses

Na terceira aula da sequência (28/11), os alunos tiveram que discutir as hipóteses elaboradas nas aulas anteriores, o que gerou novas oportunidades de engajamento em práticas epistêmicas.

A aluna Tina, por exemplo, afirmou: *“quando sopramos, colocamos gás carbônico lá dentro [tubo de ensaio contendo azul de bromotimol] o que faz com que ele mude de cor”*. Sua hipótese foi confirmada pela aluna Bárbara e por outros colegas. Sandro questionou os alunos qual o papel do gás carbônico na mudança. Um dos alunos afirmou que o gás carbônico consome o gás oxigênio. Nesse momento, não houve muitas participações. Porém, o professor ainda não deu uma resposta. Sandro, então, explicou que azul de bromotimol é um indicador ácido-base e lembrou, com a ajuda dos alunos, os conceitos de ácidos e bases.

A partir dessa explicação, Sandro pediu que os alunos relacionassem o conceito de indicador com o fenômeno da mudança de coloração do azul de bromotimol ao ser soprado. Houve muitas participações e um dos alunos respondeu *“como o gás carbônico tem oxigênio, ele tira o O [indicando o oxigênio] do H₂O e coloca CO₂”,* outros afirmaram *“porque ele absorve o CO₂”, “o sopro de ar é ácido”, “o CO₂ muda o pH do azul de bromotimol”,* entre outras participações. Depois de ouvir as explicações dos alunos, Sandro explicou que, ao entrar em contato com a água, o gás carbônico forma um ácido, fazendo com que o azul de bromotimol mude de cor e indique a acidez da solução.

Quando o professor pediu que os alunos comunicassem aos colegas as explicações formuladas para o fenômeno da mudança de cor do azul de bromotimol ele os engajou na prática epistêmica de justificação, pois eles tiveram que comunicar verbalmente suas formulações. Nesse momento, os alunos também engajaram na prática de avaliação, pois validaram as afirmações feitas pelos colegas. Por exemplo, quando a aluna Bárbara concorda

com a explicação da colega Tina. No entanto, a explicação dos alunos ainda estava pouco robusta, pois eles ainda não tinham o conhecimento da teoria dos indicadores ácido-base para usá-lo na formulação da explicação. Depois do professor conceituar indicadores ácido-base, os alunos formularam novas explicações e consideraram explicações alternativas para o fenômeno, isto é, foi um momento em que eles engajaram na prática de avaliação.

Aulas de Levantamento de Dados e Debate sobre o Cigarro Eletrônico

Na quinta aula da sequência (09/12), Sandro iniciou a aula com a seguinte pergunta: “*o que é o cigarro eletrônico?*”. Houve muitas participações. Dentre as repostas, uma aluna afirmou: “[...] *Porque ele [o cigarro] faz menos mal e não tem a nicotina. Como ele não queima pra fazer a fumaça, previne as doenças pulmonares*”. Diante da resposta da aluna, o professor perguntou: “*Ele não produz nenhuma doença?*”. Os alunos avaliaram a informação da colega e afirmaram que existem doenças relacionadas ao uso do cigarro e que podem até levar a óbito. Diante da discussão inicial, Sandro propôs que os alunos se organizassem contra, a favor ou em dúvida e a partir do posicionamento tomado, deveriam se reunir em grupos a fim de levantar argumentos e contra-argumentos para convencer o grupo em dúvida.

Na coleta de dados por meio da busca por informações divulgadas na mídia, os alunos desenvolveram a prática epistêmica de proposição. Ao pedir que os alunos compartilhassem as ideias com a turma, o professor promoveu um momento em que os alunos puderam começar a desenvolver uma linha de raciocínio para chegar a um acordo no júri simulado. Quando uma das alunas afirma que o cigarro eletrônico previne doenças pulmonares, pois diferentemente do cigarro comum não possui nicotina, indica que ela construiu, a princípio, uma explicação baseada em dados científicos, isto é ela se engajou na prática de justificação. No entanto, o professor fomenta a prática de avaliação quando questiona os alunos a veracidade da explicação da colega. Os alunos trazem para a discussão outro dado que contesta a afirmação.

Na última aula da sequência (12/12), no debate sobre o cigarro eletrônico, houve uma diversidade de argumentos utilizados pelos dois grupos. Transcrevemos alguns do grupo contrário:

“Estudos já demonstraram que o cigarro eletrônico aumenta o risco de infarto agudo miocárdio, doenças respiratórias e pulmonares, como asma. Não é um produto

inócuo. Ele possui substâncias cancerígenas. Possui aditivos com efeitos tóxicos desconhecidos. Não é recomendado por conter substâncias como tabaco. Ele contém nicotina, que causa dependência. Ele possui risco individual, com as doenças pulmonares. Também existe o risco coletivo, com o impacto social, que é o impacto das medidas de controle do tabaco."

Outra aluna do mesmo grupo afirmou que:

"Uma pesquisa com 886 pessoas, 63 continuam usando cigarros eletrônicos depois de vários meses. As pessoas usam o cigarro eletrônico achando que ele é melhor que o comum, mas ele traz malefícios. Ele tem alta quantidade de nicotina, que até pode conter o mesmo tanto que um maço completo".

O grupo contra mostrou evidências capazes de sustentar o posicionamento do grupo, tendo em vista estudos utilizados como fonte de dados. O grupo a favor do cigarro eletrônico, por sua vez, teve dificuldades para contra-argumentar. Eles passaram muito tempo pensando e depois afirmaram: *"Sobre as mortes, ainda não tem estudos que mostrem"*.

Dentro dessa discussão, o grupo a favor afirmou que se fosse encontrada nicotina nos cigarros eletrônicos, o vício gerado pela substância seria problema da própria pessoa que escolhesse usar o cigarro. Eles afirmaram que as pessoas tinham que tomar as suas próprias decisões e arcar com suas consequências. O professor perguntou a eles *"O governo não tem o dever de zelar pelas pessoas?"* O grupo respondeu, *"Mas, eles têm liberdade de escolher"*. Então o professor rebateu a resposta: *"Mas se é um direito dela, porque o governo tem que bancar os seus gastos?"*. O grupo contra também perguntou *"Se é liberdade, porque o governo tem que ajudar pessoas que estão usando algo ilegal?"* O grupo a favor pensou por um tempo e respondeu *"Porque eu acho que não faz mal"*. Então, o professor perguntou: *"Mas, onde vocês tiraram essa evidência?"*. Um dos integrantes do grupo respondeu: *"da Internet"*. Então, a aluna Nara, do grupo contra, afirmou *"Não é só porque está na Internet que é verdade"* e ele perguntou, *"mas de onde você tirou as suas?"*, Nara respondeu: *"de sites confiáveis"*.

Ao levantar dados e elaborar argumentos e contra-argumentos, os alunos se engajaram na prática de justificação, pois eles tiveram que desenvolver uma linha de raciocínio científico que justificasse o posicionamento tomado. Quando os alunos se engajaram em comunicar verbalmente

explicações científicas que defendessem o posicionamento do grupo, eles se engajaram na prática epistêmica de justificação e de avaliação das ideias dos colegas. Quando a discussão se encaminhou para a liberdade de escolha individual, por exemplo, o grupo contra observou que o grupo a favor estava formulando sua explicação com base em posicionamentos pessoais. Os alunos dessa turma já estão habituados a atividades investigativas e compreendem que as explicações cientificamente aceitas devem partir de evidências. Logo, o grupo contra não aceitou a explicação dada pelo grupo a favor.

Após o debate, os participantes dos grupos contra e a favor saíram da sala para que o grupo neutro pudesse chegar a uma decisão. O grupo neutro engajou-se em práticas de avaliação, ao destacar a falta de preparação do grupo a favor e indicar a robustez da explicação elaborada pelo grupo contra. Eles escolheram duas evidências centrais para legitimar o novo posicionamento do grupo: a escolha individual afeta o coletivo e o cigarro eletrônico também contém substâncias nocivas do cigarro convencional.

Considerações Finais

O presente trabalho analisou aulas de uma sequência didática sobre o sistema respiratório na qual diferentes práticas epistêmicas puderam ser desenvolvidas. As análises indicaram que o maior engajamento em tais práticas ocorreu nas primeiras e últimas atividades da sequência. Quando contrastamos esses dois momentos, observamos o predomínio de práticas de proposição nas primeiras atividades e de práticas de avaliação e legitimação nas últimas atividades. Entendemos que tais diferenças têm relação com os objetivos de cada momento da sequência. As primeiras aulas buscavam abrir oportunidades para que os estudantes formulassem suas explicações para os fenômenos observados. Enquanto que as atividades de conclusão da sequência tinham como objetivo central levar os estudantes a analisarem uma questão socio científica e se posicionarem criticamente diante dela.

As abordagens usadas favoreceram não somente a compreensão dos conceitos do sistema respiratório, mas, também a compreensão de como o conhecimento é produzido pela comunidade científica e da relação desse conhecimento com a sociedade. A sequência, portanto, oferece características instrucionais que podem fomentar um espaço no qual as práticas epistêmicas são parte da construção do conhecimento *de* e *sobre* ciências, além de colocar o conhecimento científico em análise para tomada decisões pessoais e sociais.

Agradecimentos e Apoios

Agradecemos ao CNPq (Nº processo 440765/2019-6).

Referências

ALMEIDA, C. M. M.; LOPES, L. A.; LOPES, P. T. C. Sequências didáticas eletrônicas no ensino do corpo humano: comparando o rendimento do ensino tradicional com o ensino utilizando ferramentas tecnológicas. **Acta Scientiae**, v. 17, n. 2, p. 466–482, 2015.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 18, n. 3, 765-94, 2018.

DIAS-DA-SILVA, C. D. et al. Abordando o Sistema Respiratório em uma perspectiva dos três momentos pedagógicos. **CARPE DIEM: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX**, v. 16, n. 1, p. 29–43, 2018.

DRIVER, R. et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31–40, 1999.

KELLY, G. J. Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. In: DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (Eds.). **Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation**. [s.l.] Brill | Sense, 2008.

KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives**. Cham: Springer International Publishing, p. 139–165, 2018.

MENDONÇA, C. A. S.; SILVEIRA, F. P. R. A.; MOREIRA, M. A. **Mapa Conceitual: um recurso didático para o ensino dos conceitos sobre sistema respiratório**. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Anais... In: ABRAPEC. Campinas: 2011

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, n. 1, p. 71–84, 2007.

RULE, A. C.; FURLETTI, C. Using Form and Function Analogy Object Boxes to Teach Human Body Systems. **School Science and Mathematics**, v. 104, n. 4, p. 155–169, 2004.