

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DO TEMA ÁGUA UTILIZANDO O MICROSCÓPIO DE GOTA

INVESTIGATIVE TEACHING SEQUENCE FOR STUDY OF THE WATER THEME USING THE WATER-DROP PROJECTOR

Leandro da Silva, BARCELLOS¹
Suiany Vitorino, GERVÁSIO²
Geide Rosa, COELHO³
Mirian do Amaral, JONIS SILVA⁴

Resumo

Nosso objetivo é apresentar e discutir um produto educacional que consiste em uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) para o estudo do tema água. O produto inclui textos de suporte para professores aplicáveis às diferentes áreas do currículo escolar. O microscópio de gota foi o principal recurso de ensino utilizado. Discutimos o processo de construção e validação da SEI a partir de uma Intervenção pedagógica em aulas de Ciências em uma turma do sexto ano do Ensino Fundamental de uma pública de Vitória, ES. Os dados foram produzidos com base no diário de campo da licencianda que conduziu as atividades, registrando-se as interações discursivas entre os sujeitos de sala de aula, por meio de gravações em áudio. Analisamos qualitativamente os indícios de práticas científicas e epistêmicas durante a intervenção, tendo como referência autores que compreendem a atividade

¹Licenciado em Física e Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutorando em Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da UFES. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8912-3052>. E-mail: leandrobarcellos5@gmail.com

²Licenciada e Bacharela em Ciências Biológicas e Mestra em Biologia Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutoranda em Biologia Vegetal pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da UFES. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3594-2922>. E-mail: suianygervasio@gmail.com

³Licenciado em Física, Mestre e Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Docente dos programas de Pós-Graduação em Educação e em Ensino de Física da UFES. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5358-9742>. E-mail: geidecoelho@gmail.com

⁴Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mestra e Doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo e do Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática do Instituto Federal do Espírito Santo. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3838-8798>. E-mail: mirianjonis67@gmail.com

científica como uma prática social. Os resultados sinalizam o potencial investigativo da SEI. As práticas epistêmicas foram identificadas nas discussões dos aspectos físicos e biológicos da água. Destacamos a possibilidade de ressignificação do produto educacional para o uso em qualquer série da educação básica ou no ensino superior, e de articulação com disciplinas de outras áreas para ampliação da discussão do tema e contribuições para promoção da alfabetização científica.

Palavras-chave: Produto educacional; Sequência de ensino investigativa; Ensino de Ciências; Microscópio de gota.

Abstract

Our objective is to show and discuss an educational product that consists of Sequence of Investigative Teaching (SIT) for study of the water theme. The educational product includes support texts for teachers for different areas of the school curriculum. The water-drop projector was the principal learning resource of this didactical proposal. We discuss the construction and validation process of the SIT based on pedagogical intervention in science classes of the sixth year of primary education in a public school in Vitória, ES. Data were generated based on a field diary of the Graduate Student in Biological Sciences that led the SIT, recording the discursive interactions between teacher and pupils, collected as audio recordings. We analyzed qualitative indications of scientific and epistemic practices in the intervention, with references to authors that understand the scientific work as social practice. The results show the investigative potential of the SIT. The epistemic practices were identified in the discussions about the biological and physical aspects of the water. We highlight the possibility to ressignification this product for the use in any class of the basic education or graduation, articulation with courses from other areas for extension of the discussions and contributions to the promotion of Scientific Literacy.

Keywords: Educational product; Sequence of investigative teaching; Science teaching; Water-drop projector.

Introdução

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF)⁵, cerca de 2,2 bilhões de pessoas no mundo não dispõem de serviços de água potável gerenciados adequadamente. As mesmas entidades alertam que há no mundo 144 milhões de indivíduos que consomem água sem tratamento, sendo a população rural a mais vulnerável. Anualmente, 297 mil crianças com menos de cinco anos morrem em decorrência da diarreia associada à contaminação da água, em função do saneamento básico e higiene inadequados.

Dados de 2018 do Instituto Trata Brasil e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)⁶ revelam que 35 milhões de pessoas não são atendidas com abastecimento de água tratada. No que tange os impactos na saúde e na economia, associados ao consumo de água não potável, em 2013, o país teve mais de 14.982 milhões de casos de afastamento devido a distúrbios gastrointestinais. Em média, as pessoas afastadas por essas doenças ficaram longe de suas atividades por 3,32 dias. No mesmo ano foram registrados 2.193 óbitos em razão de infecções dessa natureza, sendo a maior incidência em pessoas com mais de 70 anos de idade (59%).

Tais dados ratificam a necessidade de promovermos ações educativas de enfrentamento desse problema. Partimos do princípio de que a compreensão dos aspectos científicos ligados a esse tema pode contribuir sensibilizando a população sobre a necessidade de um posicionamento crítico que estimule discussões mais amplas. Diante disso, nosso objetivo neste manuscrito é apresentar e discutir um produto educacional para o estudo do tema água, enfatizando o acesso à água potável como um direito fundamental de todo cidadão. Esse produto consiste em uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) (CARVALHO, 2013) acompanhada por textos de suporte, elaborados pelos autores, para professores com diferentes

⁵ Fonte:

<<https://nacoesunidas.org/onu-1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-a-agua-potavel/>>. Acesso em 27 fev. 2020.

⁶ Fonte: <<http://tratabrasil.com.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>>. Acesso em 27 fev. 2020.

formações, que atuam nas diversas áreas do currículo escolar. A partir de um olhar mais integrado das Ciências da Natureza, propomos o estudo dos aspectos físicos, químicos e biológicos da água por meio do aparato experimental conhecido como Microscópio de gota. Trata-se de um instrumento simples, mas com grande potencial para uso em sala de aula, como constatado em nossas próprias experiências e também em trabalhos como Dorta, Sousa e Muramatsu (2016) e Planinsic (2001).

Discutimos o processo de construção e validação da SEI a partir de uma intervenção em aulas de Ciências no Ensino Fundamental. Nessas aulas constatamos o potencial investigativo da SEI e o desenvolvimento de práticas científicas (PC) e práticas epistêmicas (PE), as quais contribuem para promoção da alfabetização científica (AC). Isso porque a exploração do tema água propicia discussões abrangentes e promove um olhar crítico para essa questão socialmente relevante.

Entendemos que este material tem grande potencial de aplicabilidade, podendo ter o seu uso ressignificado para o trabalho em qualquer etapa da educação básica e também no ensino superior.

O ensino por investigação como via para a promoção da alfabetização científica

A alfabetização científica (AC) é reconhecida por muitos pesquisadores como o principal objetivo a ser alcançado pela educação em Ciências (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001; SASSERON; CARVALHO, 2011; CHASSOT, 2018; MARQUES; MARANDINO, 2018; SASSERON; SILVA, 2021). Chassot (2018, p. 84) conceitua a AC como “o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem”. O mesmo autor destaca o importante papel do ensino formal de Ciências no desenvolvimento da AC, já que a sala de aula de Ciências pode se constituir um espaço propício para que os estudantes compreendam os problemas sociais e a necessidade de agir frente a eles.

Nesse sentido, a escola deve promover a democratização do acesso, bem como a apropriação dos conhecimentos científicos e tecnológicos aos estudantes, , buscando a inclusão social por meio da participação nos processos de tomada de

decisão sobre questões atreladas à Ciência, tecnologia e sociedade (MARQUES; MARANDINO, 2018). A AC se constituirá de fato quando o ensino de Ciências, em todos os níveis, contribuir para a aquisição de conhecimentos, procedimentos e valores que auxiliem os estudantes a tomarem decisões socialmente responsáveis (CHASSOT, 2018).

Concordamos com pesquisadores como Lorenzetti e Delizoicov (2001), Sasseron e Carvalho (2008), Briccia e Carvalho (2016) e Marques e Marandino (2018) ao reconhecermos a necessidade de preconizar a promoção da AC no ensino de Ciências. Uma via importante para atingir esse objetivo é realizar um ensino que aproxime o trabalho científico escolar do trabalho científico acadêmico. Para isso o professor pode expor os estudantes a situações nas quais eles precisem investigar problemas mais abertos, desempenhando um papel de pesquisadores, além de fomentar o interesse por questões socialmente relevantes, estimulando o processo de reflexão sobre as ações antrópicas e o posicionamento crítico (SASSERON; CARVALHO, 2008; MARQUES; MARANDINO, 2018).

Isso nos permite entender que o ensino por investigação pode contribuir para a promoção da AC quando os estudantes se engajam em situações-problema, nas quais o conhecimento científico é requerido e avaliado e que demandam uma mobilização intelectual, disparando o processo de investigação científica (SASSERON, 2018).

Temos defendido uma concepção de ensino por investigação assumida como uma postura pedagógica e não como um método de ensino a ser aplicado em sala de aula (BARCELLOS et al., 2019; BARCELLOS; COELHO, 2019; COELHO; AMBRÓZIO, 2019; COELHO, 2020). Por consequência, a caracterização do processo investigativo dar-se-á por meio da análise da mediação estabelecida pelo professor na interação com os estudantes. Tal mediação, balizada por uma situação-problema adequada ao nível de escolaridade, desafiadora e relevante para os alunos, possibilita a criação de um ambiente no qual os estudantes podem compartilhar experiências, informações e conhecimentos uns com os outros e com o professor. Um ambiente propício aos diálogos, debates e discussões,

potencializando o desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas, contribuindo para promoção da AC.

Uma atividade investigativa envolve etapas como: proposição da situação problema (preferencialmente contextualizada), levantamento de hipóteses, estratégia para a resolução do problema, análise de dados e sistematização. Tais etapas devem ter um caráter dialógico, com maior investimento intelectual do estudante nas atividades, caracterizadas pelo trabalho colaborativo entre professor-alunos para juntos formularem perguntas autênticas, explorarem ideias e diferentes pontos de vista (COELHO; AMBRÓZIO, 2019).

É importante demarcar esses elementos, pois foram eles que nortearam a construção do produto educacional apresentado e discutido neste texto. Tal escolha buscou potencializar o desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas, as quais integram o processo de promoção da AC.

As práticas científicas e epistêmicas e o ensino de ciências por investigação

Sasseron (2018) discute a atividade científica em uma perspectiva sociologizada, a partir da interlocução com autores que a compreendem como atividade social, pautada em normas e regras que influenciam em seu desenvolvimento. Kelly (2008, p. 99) apresenta o seguinte entendimento sobre tais elementos: “um conjunto padronizado de ações, normalmente realizadas pelos membros de um grupo baseadas em objetivos e expectativas comuns e de acordo com valores, ferramentas e significados culturais”.

As práticas científicas (PC) e as práticas epistêmicas (PE) têm sido as práticas mais exploradas nas pesquisas do campo da educação em Ciências (SASSERON, 2018). As PC podem ser entendidas como as ações atreladas à solução de problemas, como o levantamento e teste de hipóteses, elaboração de modelos explicativos e justificativas, e o trabalho com novas informações (SASSERON, 2018). Sasseron (2018), ancorada em Kelly e Duschl (2002), afirma que as PE associam-se às práticas envolvidas na produção, comunicação e avaliação do conhecimento. O quadro 1, a partir da proposição de Silva (2009),

apresenta uma síntese das relações entre atividades sociais e práticas epistêmicas de forma detalhada.

Quadro 1: Síntese das relações entre práticas sociais e epistêmicas.

Atividades sociais relacionadas ao conhecimento	Práticas epistêmicas
Produção do conhecimento	1. Monitorando o progresso 2. Planejando investigações 3. Usando estratégias direcionadas por planos objetivos 4. Usando conceitos para planejar e executar ações. 5. Articulado conhecimento técnico e conceitual 6. Esforçando-se para compreender 7. Considerando diferentes fontes de dados 8. Construindo dados
Comunicação do conhecimento	9. Usando diferentes registros semióticos e convertendo uns nos outros: linguagem natural, simbolismo químico e matemático, gráficos, diagramas e gestos. 10. Construindo inscrições 11. Transformando dados em diferentes formatos 12. Escrevendo diferentes tipos de texto da ciência escolar 13. Usando a linguagem social e diferentes gêneros da ciência escolar: definido, descrevendo, explicando, classificando, generalizando, exemplificando, construindo argumentos, utilizando analogias e metáforas, calculando e construindo narrativas. 14. Negociando explicações 15. Apresentando ideias próprias e pontos chave
Avaliação do conhecimento	16. Distinguindo afirmação de evidência 17. Usando dados para avaliar teorias 18. Usando conceitos para interpretação dos dados 19. Olhando dados de diferentes perspectivas 20. Recorrendo para consistência de outros conhecimentos 21. Justificando afirmações próprias 22. Criticando outras declarações 23. Usando conceitos para moldar anomalias

Fonte: Silva (2009, p. 9), traduzido e adaptado de Jimenez-Aleixandre et al. (2008, p. 7).

Nessa perspectiva, a sala de aula de Ciências deve se constituir como um espaço para o desenvolvimento do que é próprio da Ciência, ou seja, as PC e PE. A materialização de tais práticas está totalmente relacionada com a promoção da AC, uma vez que possibilita ao estudante reconhecer os modos como as Ciências entendem os fenômenos, estruturam ideias e pensamentos para analisar situações e embasar decisões (SASSERON, 2018).

Diferentes pesquisas têm defendido a aula fundamentada no ensino por investigação como ambiente propício para o desenvolvimento de PC e PE

(SASSERON; CARVALHO, 2008; SILVA, 2009; SILVA, 2015; MANZONI-DE-ALMEIDA, 2016; SASSERON; DUSCHL, 2016; SILVA; GEROLIN; TRIVELATO, 2018, BODEVAN, 2020). Em uma investigação autêntica o estudante transita por informações disponibilizadas no ambiente, o que possibilita a construção de entendimentos sobre elas de modo articulado aos conhecimentos prévios, por meio de análise crítica das ações realizadas. Deste modo os alunos desenvolverão PC e PE e o raciocínio científico de maneira imbricada (SASSERON, 2018).

O processo de construção e validação do Produto educacional

O produto educacional originou-se em uma das ações realizadas na disciplina de Pesquisa e Prática Pedagógica (PPP), que é obrigatória na grade curricular do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo. A disciplina está estruturada em um total de 60 horas e enfatiza a relação indissociável estabelecida entre a pesquisa e a prática pedagógica, destacando o papel do professor como um intelectual crítico, investigador da sua própria prática.

Esses elementos se materializaram no desenvolvimento de breves projetos de pesquisa e intervenção no contexto escolar, com vistas à proposição de práticas pedagógicas inovadoras, que possibilitem abordagens atuais no ensino de Ciências. Dentre eles, destacou-se uma SEI envolvendo conceitos físicos e biológicos para abordar o tema água em aulas de Ciências no sexto ano do ensino fundamental. A proposta deu origem a um projeto de pesquisa que envolveu, em princípio, uma licencianda em Ciências Biológicas, que desenvolveu a intervenção em uma escola da rede municipal, sob a supervisão da professora responsável pela disciplina de PPP. Logo se juntaram ao projeto um mestrando em Ensino de Física que desenvolvia um estudo com temática afim e o orientador dele. A composição desse grupo de pesquisadores foi muito interessante por ser representativa de algumas das aproximações que consideramos desejáveis e necessárias no espaço acadêmico e, sobretudo, na formação de professores: a aproximação entre a universidade e a escola, entre a formação inicial e continuada de professores nos níveis de graduação e pós-graduação e, por fim, a aproximação entre a pesquisa e a

prática pedagógica, tendo a reflexão crítica como elemento fundante desse processo.

Essa parceria permitiu explorar os conceitos científicos do tema de maneira articulada, extrapolando-os para o trabalho em diferentes etapas da educação básica. Isso porque temos defendido essa perspectiva de formação de professores também para o ensino de Ciências nos anos iniciais. O trabalho colaborativo possibilitou a validação por pares da SEI e a redação de textos de apoio para professores que, eventualmente, não têm familiaridade com o tema. Nós construímos os textos de suporte para contemplar os principais conceitos físicos e biológicos presentes nas atividades com o microscópio de gota, podendo auxiliar em momentos como a etapa de sistematização, por exemplo.

A validação por pares buscou analisar, *a priori*, o potencial investigativo da proposta, o grau de abertura das situações-problema e, principalmente, a qualidade dos textos de apoio que passaram por revisões que objetivavam tornar a linguagem clara, mas sem renunciar aos conceitos e termos científicos atrelados ao fenômeno.

Criamos os textos para potencializar o processo de utilização do produto por docentes que atuam nos anos iniciais e finais do ensino fundamental. Isso porque a dificuldade na abordagem de conceitos físicos é relatada recorrentemente pelos professores de Ciências e Pedagogos que atuam em tal etapa. O estudo de Paganotti e Dickman (2011) aponta para os desafios enfrentados por professores de Ciências, que geralmente são formados em Ciências Biológicas, ao trabalhar com temas como óptica e ondas. De acordo com Briccia e Carvalho (2016), os cursos de formação inicial em licenciatura em Pedagogia não dão conta da complexidade do ensino de Ciências. Para essas autoras o cenário é complexificado pelo baixo número de disciplinas destinadas ao ensino dos conteúdos específicos das ciências e suas metodologias. Diante disso, os textos foram pensados como materiais paradidáticos, nos quais abordamos os principais conceitos físicos e biológicos do microscópio de gota. Após as validações obtivemos a versão atual do produto.

Apresentando o produto

A SEI foi composta por três aulas, cada uma delas planejada para ser desenvolvida em 55 minutos. Procuramos evidenciar os conceitos a serem ensinados e as práticas científicas e epistêmicas passíveis de serem desenvolvidas. Apresentamos a situação-problema e a contextualização separadamente. Entendemos a primeira como sendo a pergunta que irá disparar o processo investigativo, e a segunda como um contexto que mobiliza ações e conhecimentos por parte dos estudantes. Ou seja: “o princípio da contextualização do ensino se coloca na perspectiva de uma abordagem problematizadora, que desafia os estudantes a desenvolverem ideias científicas em contextos” (AGUIAR JR., 2018, p. 18).

Os quadros de “desenvolvimento da aula” devem ser compreendidos como nossas sugestões para a condução das atividades, as quais propusemos a partir do aporte teórico em que nos ancoramos. Compreendemos que cada professor deve ressignificar e adaptar a proposta de acordo com as particularidades do contexto educacional específico e dos seus objetivos de ensino. O mesmo raciocínio se aplica à avaliação do produto como um todo.

Aula 1 - Introdução ao Tema

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Conceituais: Compreender o funcionamento do microscópio de gota enquanto instrumento óptico de ampliação; entender a água como um ambiente de diversidade biológica.

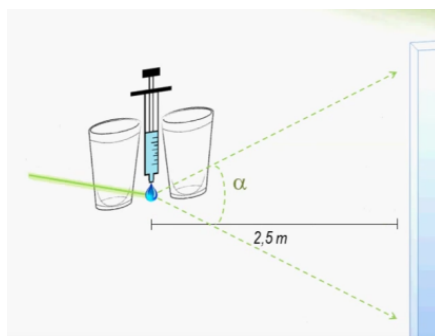
Científicos: Construir modelos explicativos; elaborar e testar hipóteses; contextualizar situações.

Epistêmicos: Articular conhecimento técnico e conceitual; negociar explicações; apresentar ideias próprias e pontos chave; usar conceitos para interpretação dos dados; recorrer para consistência de outros conhecimentos; justificar afirmações próprias; criticar outras declarações.

CONTEXTUALIZAÇÃO/ PROBLEMATIZAÇÃO

No Brasil e no mundo é grande o número de pessoas que não têm acesso à água tratada. É grande também a quantidade de doenças e casos letais associados ao consumo desse tipo de água. Mas o que pode ter na água para causar esses problemas e como saber se está apta para consumo?

Fonte: <<http://tratabrasil.com.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>>. Acesso em 27 fev. 2020.

MATERIAIS

Seringa; caneta Laser verde; suportes e amostra de água.

Representação esquemática do microscópio de gota. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=J3bJfJ-u9dQ>>. Acesso em 08 set 2019.

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Como podemos explicar a ampliação da gota de água? O que podemos encontrar em uma gota de água?

DESENVOLVIMENTO DA AULA

Iniciaremos a aula apresentando a reportagem sugerida na contextualização e discutindo com a turma sobre acesso a água tratada e não tratada. Esta discussão será o fio condutor para trazermos o experimento do microscópio de gota com a projeção da amostra de água pré-selecionada. Em seguida, será perguntado aos alunos como ocorre a ampliação observada. O segundo problema proposto será: o que podemos encontrar em uma gota de água? A sistematização será conduzida com o intuito de se entender o aparato como um instrumento óptico de ampliação e a gota de água como um ambiente de diversidade biológica.

Para a aula seguinte, o(a) professor(a) pode entrar em consenso com os estudantes sobre novas amostras a serem investigadas, em relação ao que podemos encontrar nelas e se estão aptas para consumo. Sugerimos amostras coletadas em locais como: bebedouro da escola, vaso sanitário, poça d'água e água da vasilha do animal de estimação. Dependendo do contexto, é possível solicitar que os estudantes escolham e realizem a coletadas amostras.

AVALIAÇÃO

Produção de relatos.

DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Um ambiente bem escurecido é fundamental para a observação. Pode ser difícil alinhar o laser e a gota manualmente. Portanto, recomendamos que o aparato seja previamente alinhado com auxílio de suportes. Na aplicação que realizamos o laser foi fixado em uma placa de madeira, juntamente com a seringa. Deste modo, o alinhamento é otimizado, sendo necessário apenas um 'ajuste fino', de acordo com a gota precipitada. É interessante filmar a projeção para depois observá-la em velocidade reduzida, pois os microrganismos vivos podem passar rapidamente pela parte projetada, além de auxiliar em um possível reconhecimento. A coleta deve ser realizada o mais próximo possível do horário da aula. O armazenamento da amostra deve ser feito em recipiente plástico destampado, para permitir as trocas gasosas e, assim, a sobrevivência dos organismos.

Aula 2 - Analisando as amostras

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Conceituais: Compreender os diferentes fatores que tornam a água imprópria para uso ou consumo; entender os conceitos de água potável e não potável.

Científicos: Construir modelos explicativos; elaborar e testar hipóteses; contextualizar situações.

Epistêmicos: Planejar investigações; usar conceitos para planejar e executar ações; articular conhecimento técnico e conceitual; negociar explicações; apresentar ideias próprias e pontos chave; usar conceitos para interpretação dos dados; recorrer para consistência de outros conhecimentos; justificar afirmações próprias; criticar outras declarações.

CONTEXTUALIZAÇÃO/ PROBLEMATIZAÇÃO

Esta aula pode ser entendida como uma extensão da primeira. Assim, a contextualização se mantém. Contudo, nesta atividade, o foco deixa de ser os microrganismos e torna-se a conceituação de água potável, não potável e água tratada.

<<https://nacoesunidas.org/onu-1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-a-agua-potavel/>>.

Acesso em 27 fev. 2020.

MATERIAIS

Seringa; caneta Laser verde; suportes; amostras de água selecionadas.

SITUAÇÃO-PROBLEMA

O que podemos encontrar nas amostras selecionadas? Podemos avaliar se elas estão aptas para consumo?

DESENVOLVIMENTO DA AULA

Antes de projetar as amostras, discutiremos o que os estudantes esperam ver em cada uma delas. Haverá um debate pós-observação com intuito de analisar se as hipóteses se confirmaram ou não e o por quê. Na sistematização buscaremos conceituar água potável, não potável e água tratada, além dos elementos correlacionados a eles, como algumas formas de tratamento (fervura, filtragem) e a relação entre aspectos visíveis, como a cor e alguns microrganismos, e não visíveis (microrganismos não visíveis no microscópio de gota) da água e sua potabilidade.

AVALIAÇÃO

Produção relatos.

DETALHES CRÍTICOS DA AULA

As amostras selecionadas pelos estudantes para observação, acompanhadas das justificativas das escolhas, podem fornecer evidências do conhecimento prévio que eles possuem, bem como a discussão pré-teste. Normalmente, os alunos se surpreendem com a ausência de microrganismos na amostra coletada no vaso sanitário (em virtude do desinfetante, quando o banheiro é higienizado com a frequência adequada). Isto pode gerar uma boa discussão, além de embasar um elemento importante: a limitação do instrumento no que tange o que podemos ver com ele.

Pode ser difícil a observação em amostras barrentas, como as coletadas em poças. Recomendamos fazer a diluição. Esta atividade, no geral, também depende de um pouco de “sorte”, pois, às vezes, é preciso observar várias gotas de uma mesma amostra para encontrar algo interessante. Se possível, colete as amostras perto do momento de utilização, não tampe os recipientes e agite a amostra antes de retirar com a seringa.

Aula 3 – O que tem na sua mão?

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Conceitual: Entender a importância da higienização das mãos.

Científicos: Construir modelos explicativos; elaborar e testar hipóteses; contextualizar situações.

Epistêmicos: Articular conhecimento técnico e conceitual; negociar explicações; apresentar ideias próprias e pontos chave; recorrer para consistência de outros conhecimentos; justificar afirmações próprias; criticar outras declarações.

CONTEXTUALIZAÇÃO/ PROBLEMATIZAÇÃO

A importância da higiene das mãos é um tópico essencial, ratificado pelas recentes campanhas de prevenção a doenças proliferadas por contato, como: H1N1, Tracoma, Conjuntivite e a Covid-19.

MATERIAIS

Para a projeção: seringa; caneta Laser verde; suportes.

Para a atividade da lavagem de mãos: lâmpada de luz negra, álcool em gel, recipiente (vasilha ou bacia) e caneta marca texto amarela ou rosa.

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Por que precisamos manter as mãos limpas? Você sabe lavar as mãos corretamente?

DESENVOLVIMENTO DA AULA

A aula será iniciada com as situações-problema sendo direcionadas aos alunos, articuladas as doenças arroladas na contextualização, possivelmente já conhecidas por eles (especialmente a COVID-19). Em seguida, pediremos a um estudante que lave as mãos na água da bacia, e uma amostra dessa água será projetada no microscópio de gota. Haverá uma discussão pré e pós a observação da projeção, com o intuito de contrastar o que os estudantes esperam ver ou não.

Logo após, faremos a atividade da lavagem de mãos, acompanhada de posterior discussão sobre a forma correta de higienização delas.

A prática consiste em diluir a carga de uma marca texto no recipiente com álcool em gel. O voluntário mergulha as mãos na mistura. Quando exposta a luz da lâmpada de luz negra será possível ver o brilho. Posteriormente, pede-se ao voluntário que lave as mãos em uma pia, como faria normalmente. Depois, expõem-se as mãos a novamente lâmpada para vermos em quais partes ainda há brilho.

AVALIAÇÃO

Em grupos, os alunos devem produzir panfletos (*folders*) contendo orientações para o público sobre o que aprenderam nas atividades realizadas.

DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Essas atividades possuem um viés lúdico, uma vez que os microrganismos causadores das principais doenças associadas a não higienização das mãos, como H1N1, Tracoma, Conjuntivite e Covid-19, não podem ser vistos no microscópio de gota. Possivelmente, o que será visto são pelos e grãos de poeira. Esse ponto deve ser explicitado, o que não diminui o valor da atividade.

Fenômeno similar ocorre na atividade de lavagem de mãos, que explicita apenas as partes das mãos que normalmente não são contempladas durante a lavagem (como as bases das unhas e entre os dedos).

O quadro “avaliação” refere-se ao movimento de registrar as ações realizadas e as aprendizagens dos estudantes. Existem diferentes formas de avaliar e elas devem ser adequadas ao nível de escolaridade. Sugerimos a produção de relatos

como redações, desenhos ou relatórios que possam evidenciar práticas científicas e epistêmicas desenvolvidas enquanto os alunos descrevem e explicam o procedimento de montagem e funcionamento do instrumento, discutem hipóteses e levantam questões durante os debates.

Por fim, incluímos comentários e sugestões na seção denominada “detalhes críticos”, que remetem às técnicas de coleta, montagem do aparato experimental e comentários sobre os demais elementos relacionados às atividades.

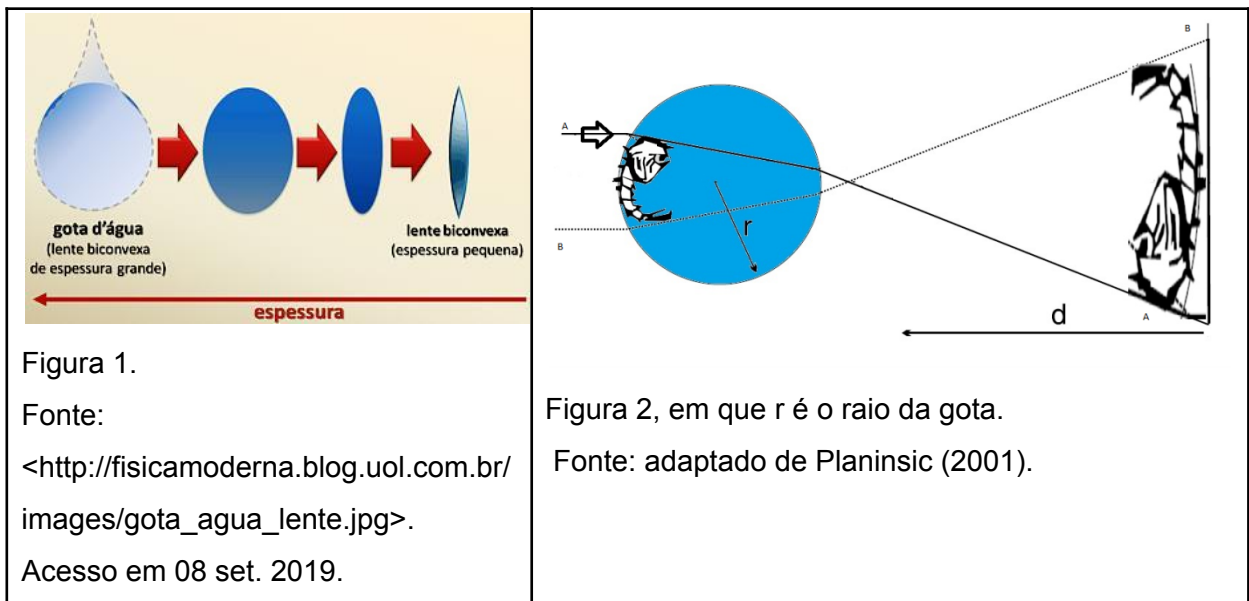
A seguir apresentamos os textos de apoio 1 e 2 que compõem o produto educacional, juntamente com a SEI. Eles foram elaborados, revisados e validados pelos autores visando a ampliação das possibilidades de utilização do produto. Os textos foram divididos em duas partes. A primeira enfoca nos aspectos físicos do experimento: a gota como uma lente esférica, a refração e as características da imagem observada. A segunda parte é centrada nos aspectos bioquímicos, como a identificação e características de alguns dos principais microrganismos que podem ser vistos no microscópio de gota, bem como a caracterização das doenças que eles podem causar.

Destacamos que os textos não substituem em hipótese alguma a investigação de fontes bibliográficas de consulta sobre o tema. Como dito anteriormente, eles foram elaborados com o objetivo de auxiliar professores que, eventualmente, não estão familiarizados com algum aspecto do fenômeno, com vistas a ampliar as possibilidades de utilização. Os textos possuem caráter introdutório e enfatizam alguns dos principais conceitos atrelados ao experimento e que podem ser trabalhados na educação básica. Cabe ao professor definir qual (ou quais) deles irá abordar e em que momento. Redigimos o material para oferecer suporte a professores, mas também é possível utilizá-los com os estudantes, pois enfatizamos os termos, incluímos analogias, exemplificamos com fenômenos cotidianos e adicionamos diversas imagens para tornar o material atrativo, rico em informações e útil para consulta.

Texto de apoio 1: Um pouco da Física do microscópio de gota

O microscópio de gota é um aparato experimental que permite observar a sombra ampliada e invertida de microrganismos. A ampliação acontece porque a

gota de água funciona como uma lente esférica. As lentes se baseiam em um fenômeno físico chamado refração, que corresponde ao desvio na trajetória da luz que ocorre devido à mudança de meio de propagação. No experimento, o laser se propaga pelo ar até que entra na gota e passa a se propagar por um novo meio, a água. Ao trocar de meio de propagação (do ar para a água) a trajetória do laser muda. O mesmo acontece quando o laser sai da gota. Ele se propagava pela água e muda para o ar. Nesta mudança de meio a trajetória é alterada. As imagens a seguir nos ajudam a entender esse processo.



A figura 1 mostra como uma gota de água pode ser entendida como uma lente esférica quando possui um pequeno raio (cerca de dois milímetros). A figura 2 esquematiza a trajetória dos raios de luz no experimento. Os raios chegam paralelos e, ao entrarem na água (mudança de meio de propagação), são desviados (refratados) e afastados, produzindo a ampliação da sombra do microrganismo, que atua como um obstáculo para a passagem da luz, similar a forma com que um objeto posicionado frente a lanterna produz uma sombra.

É interessante observar que a linha que estava na parte superior da imagem, antes de chegar à gota, foi desviada para a parte inferior da parede (após atravessar a gota). Com isso vemos o microrganismo de cabeça para baixo (invertido). Esse mesmo fenômeno pode ser visto em situações como as das imagens 3 e 4.

A figura 3 mostra outra lente esférica de água (feita a partir do perfil de uma jarra). Ela também produz uma imagem ampliada e invertida. A inversão da imagem ocorre na Câmara Escura (figura 4), que é um aparato que não utiliza lentes e produz uma imagem de tamanho igual ao do objeto. A figura 5 mostra uma forma simples de observar o desvio na trajetória da luz (refração da luz), na qual o lápis parece torto quando visto de perfil. A luz, ao mudar de meio de propagação (ar/água), sofre refração, ou seja, sua trajetória é desviada.



Figura 3.

Fonte:<http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2011-04-24_2011-04-30.html>.
Acesso em 08 set. 2019.

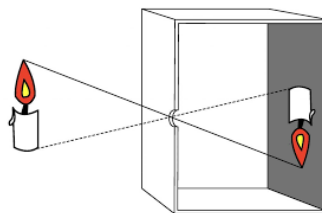


Figura 4.

Fonte:<<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQJGe7pTFtYKnyToDtjigYKhWktD-iCuNfma6KbhiiJw2fl85aZ>>.
Acesso em 24 mar. 2020.



Figura 5.

Fonte:<http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2011-04-24_2011-04-30.html>.
Acesso em 08 set. 2019.

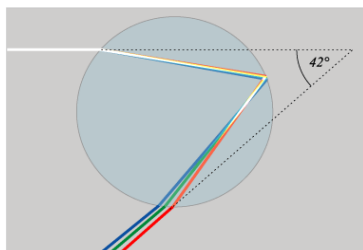


Figura 6.

Fonte:<<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Rainbow1.png>>.
Acesso em 08 set. 2019.

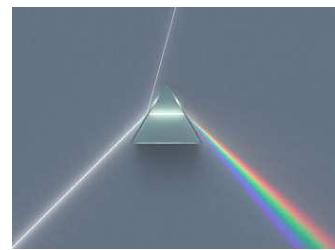


Figura 7.

Fonte:<<http://www.invivo.fiocruz.br/media/prisma.jpg>>.
Acesso em 08 set. 2019.

A refração é o fenômeno que explica a formação do arco-íris. Gotículas de água suspensas no ar são atravessadas pela luz do Sol, que é branca (formada pela junção de todas as outras cores). Ela sofre **refração** ao atravessar as gotículas e cada cor é desviada para uma direção diferente, pois cada uma delas possui

v. 5, n. 2, p. 04-35, 2021

propriedades físicas distintas. Esse fenômeno se chama **dispersão cromática** e a figura 6 ilustra esse processo. Podemos ver a luz branca chegando à gota e sendo desviada devido à mudança de meio. Ao trocar da água para o ar, cada cor é desviada em uma direção, produzindo a dispersão das cores. Podemos fazer a dispersão cromática utilizando uma fonte de luz branca e um prisma, como fez Isaac Newton (figura 7).

As lentes esféricas são objeto de estudo da óptica geométrica. Tal campo é de grande importância, pois as lentes são utilizadas em diferentes instrumentos, como os óculos, telescópio, microscópio, Datashow etc. Normalmente, as lentes são fabricadas em vidro ou resina e, além do material, o formato é um elemento que influencia na direção para onde os raios serão refratados.

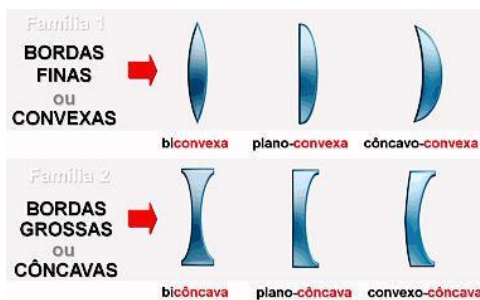


Figura 8.

Fonte: <http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/images/lentes_esfericas.jpg>

Acesso em 08 set. 2019.

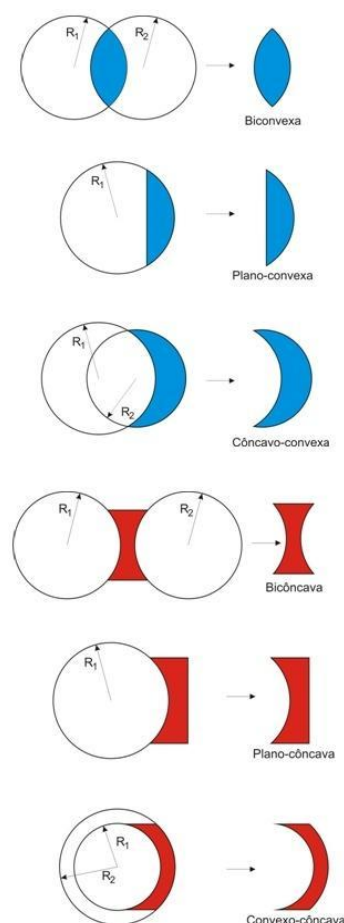


Figura 9.

Fonte: <<https://www.infoescola.com/optica/lentes-esfericas/>>. Acesso em 24 mar. 2020.

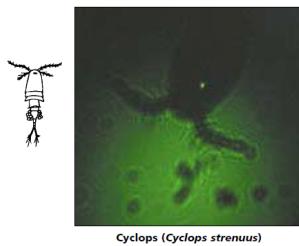


Figura 10.

Fonte: Planinsic (2001).

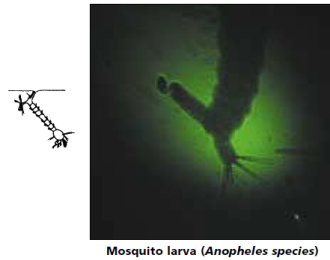


Figura 11.

Fonte: Planinsic (2001).

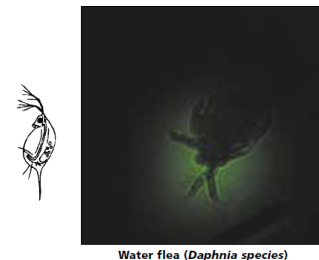


Figura 12.

Fonte: Planinsic (2001).

Na figura 8 podemos ver as diferentes geometrias que uma lente esférica pode ter, bem como as nomenclaturas e classificações que elas recebem de acordo com o formato que possuem. A figura 9 ilustra o recorte feito em lentes esféricas para que tenhamos as diferentes geometrias.

Nesse sentido, é recomendável direcionar o laser para a base da gota no microscópio, pois ela possui um formato que se aproxima mais de uma esfera do que a parte mais próxima do bico da seringa. Isso ajuda na obtenção de imagens com maior definição, bem como o uso do laser verde. O uso do laser vermelho também produz imagens, mas com menor qualidade, uma vez que ele é menos intenso do que o verde.

Com sombras bem definidas podemos tentar reconhecer alguns microrganismos pelo contorno de seus corpos. As amostras podem conter seres com tamanhos médios em torno de 0,1 e 0,3 milímetros. As figuras 10, 11 e 12 mostram alguns seres que podem ser visualizados com o microscópio de gota.

Texto de apoio 2: Um pouco da Biologia do microscópio de gota

Apesar de cobrir 71% da superfície do nosso planeta, a água é um recurso escasso devido à forma como está distribuída: 97% consistem em água salgada, 2% água doce congelada e apenas 1% água doce em estado líquido. A água é essencial para os organismos vivos e pode constituir até 98% da composição do corpo, como no caso das águas-vivas. A água atua na manutenção da hidratação do

corpo, auxilia no transporte de substâncias e na regulação da nossa temperatura e da pressão.

Em 22 de março de 1992 a Organização das Nações Unidas (ONU) criou o dia mundial da água. Essa data foi reservada com o intuito de conscientizar sobre a importância, economia e preservação dos recursos hídricos. A Agência Nacional das Águas (ANA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelecem critérios para a qualidade, distribuição, uso, coleta e tratamento da água no território brasileiro. As resoluções elaboradas pelo CONAMA apontam os limites máximos e mínimos para cada parâmetro de avaliação da água, e as agências reguladoras de cada Estado são responsáveis por deixá-la dentro do padrão. É importante ressaltar que somente as pessoas que estão conectadas as redes de saneamento recebem essa água.

Se não tratada de maneira adequada à água pode sofrer o processo de eutrofização, como mostrado na figura 13, que consiste na reprodução das algas e outros microrganismos em grande escala devido à concentração de nutrientes. Esse fenômeno aumenta a turbidez da água, diminui o oxigênio dissolvido e provoca a mortalidade de peixes e outros organismos. Estes, em seu processo de decomposição, podem liberar toxinas. Tal processo torna a água inapropriada para o consumo humano e para a agricultura ou pecuária.

Para ser considerada potável a água deve ter três características: ser insípida (sem gosto), inodora (sem cheiro) e incolor. O consumo de água não potável pode levar a doenças como: diarreia, Cólera (causada pela bactéria *Vibrio cholera*), Giardíase e Teníase, sendo essas últimas causadas por protozoários. A água abriga uma grande diversidade de animais, vegetais, bactérias, vírus, algas e protozoários. Os organismos presentes na água serão determinados por fatores como: sua origem, pH⁷, temperatura, salinidade, substâncias químicas, movimentação e disponibilidade de luz e oxigênio.

⁷ Escala que mede o grau de acidez, neutralidade e alcalinidade de uma solução.

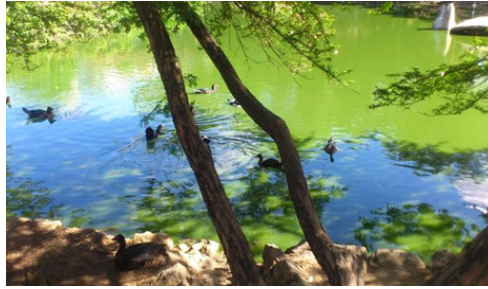


Figura 13: Lago eutrofizado – Parque Pedra da Cebola (Vitória – ES).

Fonte:

<https://3.kekantoimg.com/V4DtFcfKSAImoFd_0pU00oTEwPM=/fit-in/600x600/s3.amazonaws.com/kekanto_pics/pics/991/873991.jpg>.

Acesso em Acesso em 08 set. 2019.

O estudo da diversidade é fundamental para a Biologia. Com o passar dos anos os equipamentos disponíveis para observação foram aprimorados, e hoje contamos com microscópios eletrônicos capazes de aumentar uma amostra em até 500 mil vezes! Com um simples aparato, como o microscópio de gota, conseguimos visualizar uma gama variada de organismos. Entre eles, protozoários, larvas de alguns mosquitos e rotíferos.

Ao fazer a projeção de uma gota observamos um movimento ininterrupto de todos os elementos. Os microrganismos vivos têm seus movimentos associados aos seus mecanismos de locomoção. As partículas em suspensão, como poeira, pelos, as algas e os microrganismos mortos têm seus movimentos associados à agitação natural das moléculas de água. Ao vibrarem, elas movem todos esses elementos. Tal efeito é chamado de Movimento Browniano, e ocorre devido às colisões dessas partículas com os átomos e/ou moléculas vibrantes. Uma forma interessante de tentar identificar microrganismos vivos, durante a projeção no microscópio de gota, é observar sua trajetória: se não seguir o fluxo dos grãos de poeira e pêlos significa que possui movimento próprio!

Os protozoários são um grupo de organismos unicelulares cujo tamanho varia entre 0,01 e 0,05 milímetros. São encontrados em água doce, salgada e em locais úmidos, e não são capazes de produzir seu próprio alimento. Eles podem ter uma das seguintes estruturas de locomoção: flagelos, que são um pouco alongados e, normalmente, cada indivíduo não apresenta mais que dois deles; cílios, que são curtos e numerosos; ou forma amebóide, que são os microrganismos sem estrutura

v. 5, n. 2, p. 04-35, 2021

corpórea definida, e se deslocam por meio do movimento de seu conteúdo celular. As figuras 14, 15 e 16 apresentem alguns exemplos.

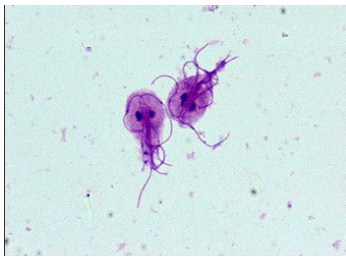


Figura 14. *Giardia lamblia*, protozoário flagelado.

Fonte:<<https://caminhosda.bio.files.wordpress.com/2010/10/protozoa4.jpg?w=604>>.

Acesso em 25 mar. 2020.



Figura 15. *Paramecium*, protozoário ciliado

Fonte:<<https://i.pinimg.com/originals/c6/e2/26/c6e226151c807a38fdc5decfc9ba14a8.jpg>>.

Acesso em 25 mar. 2020.



Figura 16. Entamoeba histolytica, protozoário amebóide.

Fonte:<<https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2007/02/entamoeba-histolytica.jpg>>.

Acesso em 25 mar. 2020.

Alguns parasitas bastante conhecidos podem ser observados no microscópio de gota, mas somente na forma de ovo. Eles serão vistos como “bolinhas” que, em alguns casos, serão levemente achatadas e com uma borda um pouco mais escura e espessa. Esses organismos não conseguem completar seu ciclo de vida sem passar pelo corpo humano. Eles são conhecidos como vermes e podem ser achatados (platelmintos) ou arredondados (nematelmintos). Vejamos alguns exemplos.

Taenia solium e Taenia saginata: causam a Teníase. O contágio da primeira pode ocorrer pela ingestão de carne de Porco contaminada com ovos de tênia, enquanto o da segunda pelo consumo de carne bovina. Os sintomas são: dores de cabeça e abdominais, perda de peso, alterações de apetite, enjoos, perturbações nervosas, irritação, fadiga e insônia. Ascaris lumbricoides: causa a Ascariíase. A contaminação ocorre pela ingestão de alimentos ou água contaminada com ovos da espécie. Os sintomas mais comuns são: dor abdominal, febre, diarreia e náuseas.



Figura 17. *Brachionus rotundiformis*, rotífero de água doce.

Fonte: <http://ecologia.ib.usp.br/portall/index.php?option=com_content&view=article&id=167&Itemid=469>.

Acesso em 26 mar. 2020.

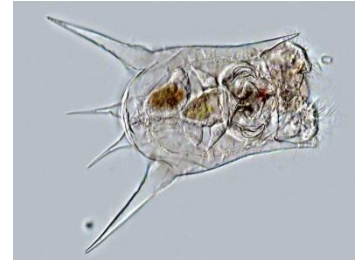


Figura 18. *Brachionus calyciflorus*, rotífero de água doce.

Fonte: <<https://alchetron.com/Brachionus-calyciflorus/>>.

Acesso em 26 mar. 2020.



Figura 19: Alga talófito ampliada.

Fonte: <<https://image.slidesharecdn.com/reinoplant-ae-150918203841-lva1-app6892/95/reino-plantae-7-638.jpg?cb=1442608824>>.

Acesso em 26 mar. 2020.

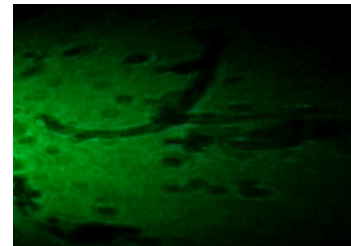


Figura 20: Alga talófito vista no microscópio de gota.

Fonte: os autores.



Figura 21: Algas filamentosas.

Fonte: <<http://1.bp.blogspot.com/-qK-4nuLBX2s/TZcNQTP2sFI/AAAAAAAAAB04/Nxoc-D1e1zY/s1600/hoje.jpg>>.

Acesso em 26 mar. 2020.



Figura 22: algas filamentosas ampliadas pelo microscópio de gota.

Fonte: os autores.

Os rotíferos poderão ser vistos em abundância durante o experimento, pois são adaptados a condições extremas e dificilmente são eliminados com o tratamento de água comum. Possuem o corpo dividido em três partes, a saber: cabeça, tronco e

pé. Normalmente, eles apresentam cornos, que são projeções do corpo que podem ter cílios para ajudar na locomoção. As figuras 17 e 18 mostram duas espécies de rotíferos.

A projeção com o microscópio de gota pode revelar uma grande diversidade de algas. Elas são organismos fotossintetizantes, ou seja, utilizam a luz como fonte de energia para a sobrevivência. Podem ser uni ou multicelulares e possuem formas e tamanhos bastante variados. Existem algas macroscópicas, as quais podem ter vários metros de comprimento e formar florestas no fundo do oceano. No microscópio de gota poderemos ver as algas microscópicas. Elas não apresentam movimento próprio e podem ser identificadas pelo formato e tamanho. As figuras 19, 20 e 21 mostram alguns tipos de águas visíveis no microscópio de gota, e a imagem 22 mostra algas filamentosas da maneira como é vista em uma projeção nesse aparato.

A validação em campo

Nesta seção analisamos uma aplicação do produto educacional que se consistiu como uma intervenção pedagógica (DAMIANI et al., 2013), realizada em 2017. A intervenção foi uma das atividades desenvolvidas na disciplina de Pesquisa e Prática Pedagógica do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, mesmo contexto no qual a SEI foi forjada. As ações foram planejadas com o intuito de intervir no ambiente de sala de aula, ou seja, gerar mudanças no processo de ensino e aprendizagem para, posteriormente, analisar os impactos da intervenção e as próprias ações realizadas (DAMIANI et al., 2013).

Ela ocorreu em uma turma do sexto ano do ensino fundamental de uma escola da rede municipal de Vitória, Espírito Santo, que contava com 38 estudantes. A intervenção foi devidamente autorizada pela professora regente da turma, que também recebia e concedia espaço para as intervenções dos licenciandos em Ciências Biológicas em ações de Estágio Supervisionado. Durante toda a intervenção resguardamos o sigilo dos registros e o anonimato dos sujeitos. Por conseguinte, empregamos códigos para designar os sujeitos envolvidos.

Os dados foram produzidos a partir das interações discursivas entre os sujeitos de sala de aula, coletadas por meio de registros em áudio, os quais foram posteriormente transcritos. Também nos apoiamos no diário de campo da licencianda que conduziu a SEI, que é uma das autoras deste manuscrito. Como mencionado anteriormente, a intervenção foi desenvolvida como um breve projeto de pesquisa, como uma das atividades da disciplina de PPP.

Em nossas análises buscamos indícios de práticas científicas e epistêmicas nas aulas da sequência, com base no arcabouço teórico discutido na seção “As práticas científicas e epistêmicas e o ensino de ciências por investigação”, identificando as práticas arroladas por Sasseron (2018) e por Silva (2009), conforme descritas no Quadro 1).

Para identificar as práticas epistêmicas (PE) nas interações discursivas, utilizamos a seguinte codificação: PE_n , sendo n um número de 1 a 23. Ou seja: PE1 corresponde à prática epistêmica ‘monitorando o progresso’, numerada como 1 no quadro 1; PE2 corresponde a Prática Epistêmica ‘planejando investigações’, numerada como 2 no quadro 1, e assim por diante, conforme o quadro 1 (página 6) adaptado de Silva (2009).

É importante destacar que os resultados da análise da natureza investigativa da primeira aula da SEI, bem como a mediação estabelecida pela licencianda no processo de construção dos conceitos físicos relacionados ao microscópio de gota, foram apresentados em outro trabalho (BARCELLOS et al., 2019) e, portanto, não serão reproduzidos neste texto.

Os trechos abaixo são do início da primeira aula da SEI, em que L representa as falas da licencianda e A as falas dos alunos. A turma foi encaminhada para o auditório do colégio, pois era o espaço que oferecia melhores condições para o escurecimento do ambiente. Com o aparato já posicionado a licencianda iniciou a aula realizando a projeção de uma amostra coletada na lagoa da UFES. Os alunos mostraram-se espantados e curiosos, e a licencianda utilizou isto como motivação para iniciar a investigação.

A: Tia, pra [sic] dar certo o laser tem que passar aonde?

L: Eu que te pergunto, onde você acha que o laser tem que passar? [alunos manipulam as ferramentas].

A: Se é a água que aparece lá, o laser tem que passar exatamente no meio da gota, Tia, mas é muito difícil.

Um estudante questionou o arranjo do aparato experimental, demonstrando esforço para compreendê-lo. A licencianda redirecionou a pergunta ao aluno e deu-lhe o laser para que propusesse um modo de posicioná-lo, com base na hipótese de que o laser deveria passar pelo centro da gota. Esta é uma prática científica apontada por Sasseron (2018). Neste momento, o estudante realizou a comunicação do conhecimento, constatando um ponto chave (PE15). Tal ação ocorreu devido à estratégia adotada pela licencianda de redirecionar a pergunta ao invés de apenas respondê-la, enfatizando o caráter problematizador da mediação. Esta postura é compatível com a postura pedagógica comprometida com o ensino por investigação. Em seguida, a licencianda enfocou o fenômeno da ampliação.

L: Quais são as coisas que vocês conhecem que ampliam as coisas?

A: Óculos.

A: Microscópio.

A: Lupa.

L: O que todas essas coisas têm em comum?

A: Uma lente

A: Tia, a gota é uma lente porque ela é redonda, igual o [sic] óculos dela.

O trecho acima foi extraído do momento de sistematização, em que a licencianda buscava chegar à ideia de lente juntamente com os estudantes. Para tanto, ela questionou a turma sobre os instrumentos de ampliação que eles conheciam. Por meio da comunicação oral eles apresentaram as próprias ideias (PE15) e, ao citarem diferentes instrumentos, articularam conhecimento conceitual e técnico (PE5) ao identificar e classificar tais instrumentos. Este foi o fio condutor utilizado pela licencianda para questionar a turma sobre o elemento comum a todos aqueles itens. Eles construíram uma generalização em relação às lentes. Neste momento, observamos que um aluno realizou uma inferência interessante ao relacionar a forma e função da lente, fazendo menção da sua esfericidade. Desse modo, sinaliza para o entendimento de um princípio de funcionamento, evidenciando

v. 5, n. 2, p. 04-35, 2021

a prática científica de construir generalizações aplicáveis a outros contextos (SASSERON, 2018).

A: Eu posso pegar a lanterna do meu celular e passar pela gota que eu vou conseguir ver?

L: Pessoal, o colega perguntou se pode fazer com a lanterna do celular.

A: Não.

L: Por que não?

A: Porque a luz é fraca.

A: Porque a luz é branca.

A: Porque a luz é espalhada.

A: Porque a luz é muito ampliada.

Na parte final da atividade uma estudante questionou se poderia substituir o laser por uma lanterna. Ela comunicou sua própria ideia (PE15), revelando indícios da articulação de conhecimento técnico e conceitual (PE5). A licencianda compartilhou a pergunta com a turma e isso gerou uma discussão sobre a adaptação proposta para o aparato. Os estudantes negociaram explicações (PE14) a partir de argumentos sobre as características da luz da lanterna, evidenciamos a ocorrência de críticas a outras declarações (PE22), justificativas para as afirmações (PE21) e a articulação de conhecimento técnico e conceitual (PE5).

Os trechos a seguir são da segunda aula da SEI. A licencianda e os estudantes investigavam amostras de água coletadas no bebedouro da escola e na torneira da pia do banheiro, fontes sugeridas pelos próprios estudantes na aula anterior, sinalizando para o planejamento de investigações (PE2).

L: Em qual amostra de água nós veremos mais coisas: na da torneira ou do bebedouro?

A: Torneira!

L: Por que?

A: Porque ela não passa no negócio pra [sic] limpar lá igual filtro.

L: Porque você acha que é no bebedouro que tem mais coisas?

A: Porque quando a gente bebe fica um monte de saliva ali, baba [sic], um monte de coisas.

A licencianda estimulou os estudantes a realizarem previsões sobre as observações das amostras, utilizando seus respectivos conhecimentos prévios, além do que foi trabalhado na primeira aula. Dentre as práticas científicas observadas nesse momento, observamos o levantamento de hipóteses, e apresentaram justificativas para as afirmações (PE21). O processo de filtragem foi citado para justificar a hipótese de que na água da torneira existiriam mais microrganismos,

enquanto a segunda hipótese se baseava na possível presença de saliva na água do bebedouro, o que criaria um ambiente mais propício à proliferação de microrganismos. A previsão de resultados sinaliza para a articulação de conhecimento técnico e conceitual (PE5), a recorrência para consistência de outros conhecimentos (PE20) e a crítica a afirmações divergentes (PE22).

L: E o que que[sic] tem na baba [sic] e na saliva que se ficar ali pode deixar a água suja?

A: Bactérias, vírus.

L: o que vocês acham que pode acontecer com a gente se beber essa água?

A: Pode pegar doenças.

A: Porque tem bactérias.

A: Microrganismos.

L: Voltando as doenças, alguém sabe o que podemos sentir se tomarmos uma água da torneira.

A: Febre.

A: Leptospirose.

A: Cólera.

L: Quando a água passa pelo filtro, o que acontece?

A: O filtro tira as coisas da água.

L: Além do filtro, qual a outra forma de limpar a água?

A: Cloro, igual na piscina.

A: Fervendo.

A: Tia, quando ferve a água ela fica limpa.

L: Por que?

A: Porque mata tudo que tá [sic] lá.

L: Isso! Mas a água da torneira, ela também foi limpa. Como ela foi limpa?

A: Pelo tratamento do esgoto.

L: E como é o tratamento do esgoto?

A: Tem a decantação.

A: Decomposição.

A: Filtração.

A: Eles colocam coisas.

A licencianda direcionou a discussão para o que poderia haver na água, e os estudantes apresentaram suas próprias ideias (PE15) mencionando vírus e bactérias, além de chegarem ao ponto chave (PE15) de que a ingestão daquela água poderia causar doenças. Eles citaram sintomas e doenças ao recorrerem para consistência de outros conhecimentos (PE20). Posteriormente, eles debateram sobre as formas de tratamento da água a partir da conceituação de água potável. Os estudantes apresentaram as próprias ideias (PE15) sobre o processo de filtração e de tratamento de esgoto, bem como as respectivas etapas. Notamos o esforço da turma para compreender e acompanhar o debate (PE6), em que eles participaram ativamente das negociações das explicações (PE14) apresentando conhecimentos

v. 5, n. 2, p. 04-35, 2021

de outros campos (PE20), descrevendo e exemplificando processos, tudo isso empregando termos da Ciência escolar.

Na terceira aula da SEI os estudantes novamente mostraram-se surpresos ao verem a projeção da amostra na qual um deles havia lavado as mãos. Isto também ocorreu na atividade de lavagem de mãos após a aplicação prévia de tinta fluorescente. Como esperávamos, as regiões entre os dedos e a base das unhas foram as partes em que mais foram encontrados vestígios da tinta fluorescente.

O diário de campo com as impressões gerais da licencianda revela que ela considerou a experiência satisfatória e que os objetivos de ensino (conceituais, o desenvolvimento de práticas e a promoção da AC) foram alcançados. A análise feita em Barcellos et al. (2019) e as práticas científicas e epistêmicas identificadas neste manuscrito, com base em Sasseron (2018) e Silva (2009), evidenciam diversos momentos de investigações pautados no planejamento da SEI, e o aparato do microscópio de gota mostrou-se muito atrativo, de modo que alguns estudantes relataram que pretendiam reproduzir a experiência em casa. A administração do tempo de realização das atividades foi apontada como um aspecto que requer muita atenção. A demora em encontrar uma amostra adequada para análise e a agitação da turma durante a observação fez com que algumas etapas fossem realizadas de maneira aligeirada, considerando que a sequência de ensino foi planejada para ser desenvolvida em apenas três aulas.

Considerações finais

Neste texto apresentamos e discutimos um produto educacional que consiste em uma sequência de ensino investigativo para o ensino do tema água, na qual o principal recurso de ensino é o microscópio de gota.

Compartilhamos a experiência vivida em nossa aplicação em uma turma do sexto ano do Ensino Fundamental, a qual nos permitiu validar o potencial investigativo das atividades e de desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas, como o levantamento de hipóteses, a construção de modelos e generalizações, a realização de inferência, a articulação de conhecimento técnico e

conceitual, o esforço para compreender, a negociação de explicações e a apresentação de ideias próprias.

Isto embasou nosso entendimento de que a SEI pode ser estendida para um trabalho interdisciplinar. O tema água pode ser considerado aglutinador de outros temas correlatos abrangendo diversos conceitos e novos objetos de estudo. (LIMA; COSTA; PERNAMBUCO, 2012). Estamos falando de estabelecer diálogos com professoras e professores de outras disciplinas para contemplar discussões como políticas públicas de acesso à água tratada, custos do fornecimento de água tratada, falta de saneamento básico e desigualdade social, privatização do saneamento básico, dentre outros. Essa perspectiva de interdisciplinaridade dá riqueza e complexidade ao trabalho pedagógico, e possibilita, na formação dos sujeitos, “a construção de uma postura cognitiva omnilateral apta a melhor interpretar a realidade e atuar sobre ela” (LIMA; COSTA; PERNAMBUCO, 2012, p. 176).

Contemplar os aspectos científicos e sociais permite estabelecer, ainda, um diálogo com o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para discutir as tecnologias de tratamento e pesquisa da qualidade da água, visitas a estações de tratamento, discussões sobre engenharia ambiental e sanitária, dessalinização da água do mar para uso humano etc. Nessa perspectiva, a aquisição dos saberes da Ciência auxilia na compreensão do contexto social, com vistas a assumir um posicionamento frente ao problema. Desta forma, contribuímos para a promoção da alfabetização científica, uma vez que este é um dos objetivos formativos dela (MARQUES; MARANDINO, 2018).

Por fim, ao socializarmos este produto almejamos que ele possa ser incluído no repertório dos educadores, de modo a ser uma opção para o trabalho de um tema tão importante como é a água potável. Ressaltamos, mais uma vez, que não se trata de uma proposta a ser meramente reproduzida, mas ressignificada de acordo com as particularidades de cada contexto educacional.

Vale destacar que, inicialmente, o produto foi construído originalmente para utilização em aulas de Ciências do sexto ano. Contudo, realizamos intervenções aplicando esta mesma SEI em outras turmas incluindo o ensino superior, em cursos de licenciatura, e as experiências foram sempre bastante positivas. Por isso,

ratificamos nosso posicionamento sobre o potencial e a aplicabilidade do produto educacional, esperando que se constitua uma contribuição relevante na educação em Ciências.

Referências

AGUIAR JR, O. **Sequências de Ensino de Física orientadas pela pesquisa educacional**: princípios orientadores e ação docente comprometida com mudanças. In: AGUIAR JR, O. (Org). Sequências de ensino de Física orientadas pela pesquisa: experiências do PIBID e Pró-Mestre-UFMG. Belo Horizonte: Fapemig, p. 13-31, 2018.

BARCELLOS, L. da S.; COELHO, G. R. Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao sol. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 179-199, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p179>

BARCELLOS, L. da S.; GERVÁSIO, S. V.; JONIS SILVA, M. do A.; COELHO, G. R. A Mediação Pedagógica de uma Licencianda em Ciências Biológicas em uma Aula Investigativa de Ciências Envolvendo Conceitos Físicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 37–65, 2019. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2019u3765

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Competência e Formação Docente dos Anos Iniciais para Educação Científica. **Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 1–22, 2016.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In A. M. P. Carvalho (Org.) Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. (pp. 1–20). São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 8. ed. Ijuí: Unijuí, 2018.

COELHO, G. Residência pedagógica, ensino por investigação e a profissionalização de professores de física de uma universidade pública federal. **Formação Docente – Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores**, v. 12, n. 25, p. 173-186, 2020.

COELHO, G. R.; AMBRÓZIO, R. M. O ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: uma experiência da Residência Pedagógica de uma Universidade Pública Federal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 450-513, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n2p490>

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; DE CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, n. 45, p. 57-67, 2013.

DORTA, M. P.; SOUSA, E. C. P.; MURAMATSU, M. O projetor de gotas e suas diversas abordagens interdisciplinares no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 1-9, 2016.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M. P.; MORTIMER E. F.; SILVA A. C. T.; DÍAZ J. Epistemic Practices: an analytical framework for science classrooms. Paper presented to **AERA**, New York City, 2008.

KELLY, G. J. **Inquiry, activity and epistemic practice**. In: Duschl, R. A.; Grandy, R. E. (Eds.). *Teaching scientific inquiry: recommendations for research and implementation*. Rotterdam, Taipei, Sense Publishers, p. 99-117, 2008.

KELLY, G.; DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. In: **Annual meeting of the National association for research in Science Education**, Nova Orleans, Louisiana, EUA, Abril de 2002.

LIMA, J. G. S. A.; COSTA, J. S. G.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. Ensino médio e interdisciplinaridade: reflexões sobre o ensino de sociologia. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 2, p. 174-183, 2012.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica contexto das series iniciais. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, jun. 2001.

MARQUES, A. C. T. L.; MARANDINO, M. Alfabetização científica, criança e espaços de educação não formal: diálogos possíveis. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 44, e170831, 2018.

MANZONI-DE-ALMEIDA, D. As práticas epistêmicas na construção de uma atividade investigativa de Biologia para o ensino superior. **Compartilhe Docência**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 29-42, 2016.

PAGANOTTI, A.; DICKMAN, A. G. Caracterizando o professor de ciências: quem ensina tópicos de física no ensino fundamental? In XIX **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Manaus AM, 2011.

PLANINSIC, G. Water-Drop Projector. **Physics Teacher**, v. 39, n. 76, 2001.
<https://doi.org/10.1119/1.1355162>

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. esp., p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as Práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 21, p. 52-67, 2016.

SILVA, A. C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 69-96, 2015.

SILVA, F. A. R. O Ensino por investigação e as práticas epistêmicas: referenciais para a análise da dinâmica discursiva da disciplina "Projetos em Bioquímica". In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009, Florianópolis. Anais do ... Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2009.

SILVA, M. B. E.; GEROLIN, E. C.; TRIVELATO, S. L. F. A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 905-933, 2018.

Recebido em: 03/04/2020

Aprovado em: 04/08/2021