

PESQUISA SOBRE TOXICOLOGIA: UM ESTUDO DE CASO COMO MÉTODO DE ENSINO

Ricardo de Souza Machado¹ (PG)*, Tania Denise Miskinis Salgado² (PQ)

* ¹ Professor da Rede Pública Estadual do Rio Grande do Sul; Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS. ricardo_souzamach@hotmail.com

² Professora do Departamento de Físico-Química - Instituto de Química e do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

Palavras-chave: Estudo de Caso, toxicidade, ensino médio.

Área temática: Metodologias de Ensino

Resumo: Um Estudo de Caso, aplicado a três turmas do ensino médio em uma escola pública de Porto Alegre, teve o objetivo de inserir os alunos na pesquisa de forma gradativa e investigar as contribuições para o desenvolvimento de senso crítico e de algumas habilidades. O caso envolvia suposto emprego de substância tóxica por um curtume, o que teria levado uma menina a adoecer, devido à poluição do rio que atravessa uma pequena cidade do interior. Os alunos deveriam identificar esta substância através de pesquisa bibliográfica, sendo orientados a fazer argumentações e refutações a partir dos resultados encontrados e, após, apresentações orais para debates e discussões com o grande grupo. Podemos concluir que a estratégia aplicada permitiu o desenvolvimento de habilidades de pesquisa (busca por informações em fontes confiáveis), de senso crítico em relação ao tema, bem como contribuiu para estimular a expressão oral e o debate em sala de aula.

Introdução

Entre inúmeras estratégias de ensino existentes, uma é a do Ensino por Estudo de Caso (SÁ; QUEIROZ, 2009), (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007). Essa estratégia proporciona diferentes habilidades envolvendo: leitura, pesquisa, escrita, interpretação, argumentação, criatividade, tomada de decisão, raciocínio, comunicação oral e solução de problemas. As habilidades citadas convergem para aquelas que são reconhecidas pelos documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN), as Orientações Curriculares Nacionais (OCN) e pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e são essenciais para a formação humana dos alunos (FARIA; FREITAS-REIS, 2016).

Um Estudo de Caso sobre a geração de sacolas plásticas fez parte de uma proposta de alfabetização midiática e informacional envolvendo roteiros para a produção e edição de vídeos organizados pelos próprios alunos, o que demandou trabalhos com encenações e documentários (SILVA; SILVEIRA; QUEIROZ, 2017).

Alba, Salgado e Del Pino (2013) fizeram investigações sobre o uso do tema medicamentos para o ensino de funções da química orgânica pelo método de Estudo de Caso junto a turmas de Ensino Médio de uma escola pública. Durante as atividades foram trabalhados temas determinantes para as resoluções dos casos propostos, como os riscos da automedicação e a relação desses medicamentos com compostos orgânicos. As atividades tiveram grande aceitação pelos alunos, por ser uma proposta relacionada com a realidade deles.

Sá e Queiroz (2009) aplicaram um Estudo de Caso sobre uma misteriosa doença que ameaçava a citricultura na região sudeste do Brasil e estava matando os laranjais. Os alunos teriam que ser os amigos de uma das personagens para solucionar este problema e, com isso, tentar diminuir os prejuízos que estavam tendo com a plantação da fruta. Propuseram também que o interesse dos alunos, usando um bom Estudo de Caso, deva ser despertado por meio de narrativas atuais, relevância ao leitor, estímulos para uma tomada decisão, evocações de conflitos, utilidade pedagógica e empatia com as personagens centrais.

Como propor condições para que o aluno desenvolva sua argumentação a partir de um Estudo de Caso?

A importância da qualidade argumentativa dos alunos é outro ponto fundamental para o Estudo de Caso. Segundo Sá e Queiroz (2009), o modelo de Toulmin há bastante tempo já é explorado por outros autores para avaliar o nível de argumentação dos alunos. As avaliações conduzidas por este modelo precisam de critérios rígidos por parte do pesquisador, como: dados, conclusão, justificativas e qualificadores modais, por meio dos seguintes elementos:

O dado (D), a conclusão (C) e a justificativa (J). É possível apresentar um argumento contando apenas com esses elementos, cuja estrutura básica é: a partir de um dado D, já que J, então C. Porém, para que um argumento seja completo é preciso especificar em que condições a justificativa apresentada é válida ou não, e indicar um peso para tal justificativa. Assim podem ser acrescentados ao argumento qualificadores modais (Q), ou seja, especificações das condições necessárias para que uma dada justificativa seja válida. Da mesma forma, é possível especificar em que condições a justificativa não é válida ou não é suficiente para dar suporte à conclusão. Neste caso é apresentada uma refutação (R) da justificativa (SÁ; QUEIROZ, 2009).

Portanto, é necessário que haja conhecimentos básicos para dar suporte à justificativa e, por isso, também devemos preconizar a importância do poder argumentativo dos alunos, pois um bom Estudo de Caso deve apresentar estratégias que enfatizem o poder da argumentação. Da mesma forma, é necessário que os alunos aprendam a produzir bons argumentos através de boas fontes de consulta. O modelo de Toulmin, abordado pelas autoras, mostra-se eficiente para isso, bem como para aumentar o nível de reflexão. Neste sentido, áreas do conhecimento afins podem ser decisivas para melhorar a escolha de um problema.

Da mesma forma que Sá e Queiroz, outros autores, como Viegas e Salgado (2017), também enfatizaram a importância de casos atuais, bem como a relevância, o incentivo à ocorrência de conflitos e várias questões, como a tomada de decisão, em um Estudo de Caso sobre tratamento de água. Adicionalmente, Viegas (2016) abordou, em sua dissertação, Estudos de Caso relacionados à disposição de resíduos sólidos de couros, bem como lodos, tratamento de esgoto e de água. Estiveram presentes nestes trabalhos, com o intuito de orientar os alunos de um curso técnico em química, alguns princípios da argumentação e da investigação – para eles se descolarem da cultura da transmissão passiva do conhecimento. Um trabalho envolvendo um curtume, como o abordado por Viegas, também vai ser objeto de investigação neste artigo.

Temos o propósito de investigar, neste trabalho, quais as contribuições de um Estudo de Caso abordando o tema toxicologia para desenvolver o senso crítico e habilidades para a resolução de problemas, bem como analisar as habilidades que serão desenvolvidas quanto à capacidade de expressão oral após as apresentações e debates em aula. O primeiro Estudo de Caso, que será mostrado a seguir, teve ainda o propósito de instigar os alunos inexperientes, que nunca tiveram a oportunidade de trabalhar com pesquisa, como é o caso do perfil da maioria dos alunos com os quais se realizou a atividade aqui descrita.

O viés estratégico com Estudo de Caso utilizado em uma escola pública

Iniciou-se este projeto de ensino de Química com um Estudo de Caso sobre curtumes e sua relação com a poluição em águas de um rio, bem como com a doença de uma menina, como mostra o Quadro 1. Este trabalho foi realizado em uma escola pública da periferia de Porto Alegre, tendo a participação de três turmas de segundo ano do ensino médio. Os alunos tiveram que se reunir em grupos de cinco para a realização de cada atividade proposta.

Quadro 1: Estudo de Caso partindo de uma resolução de problema

O DIAGNÓSTICO DE UMA GRAVE DOENÇA

Jocélia, mãe muito preocupada com a filha, Francielle, de 13 anos, descobre – depois de usar todas as economias de que dispunha – que ela tem uma doença que pode avançar gravemente. Fizera exames no setor de oncologia, os quais confirmaram as suspeitas. Como a fila no SUS (Sistema Único de Saúde) é grande e precisava de menos tempo, se viu obrigada a fazer em hospital particular. Ao conversar com o marido, Gilson, que está desempregado há 5 meses, o observa levantando as duas mãos sobre a cabeça no sentido de desamparo, fica com o rosto cabisbaixo olhando atônito em direção ao chão de madeira da casa, mas ainda com um pouco de esperança.

O diagnóstico da doença é mesmo câncer no fígado.

Em seguida Jocélia vai à cozinha para preparar café, ouve a voz da filha, acamada no quarto, chamando por ela.

– Mãe, sinto uma dor horrível.

Jocélia apanha o termômetro, coloca embaixo do braço da filha. Está novamente com febre.

Lembra-se da Assistente Social que lhes visitou, há cerca de uma semana antes, para informar que havia suspeitas de que a água do rio, usada pela família, não passara por nenhum tratamento e pode ter sido contaminada por uma empresa de curtume; mas que ainda estava sob investigação.

A única forma de conseguir tratamento para salvar a filha é uma indenização, quem sabe, como uma chance que parece remota.

Faz uma ligação interurbana para o sobrinho, que tem formação em Química.

– Marcelo, meu sobrinho querido. Há quanto tempo?

– É verdade tia. Que bom falar contigo. Mas o que manda de novo?

– Ainda não te falei nada, meu filho. A Fran anda muito adoentada.

– Ah! Que é que ela tem?

– Vou te falar assim que a gente se ver pessoalmente. O que eu queria, para o momento, é o seguinte: tu tens como fazer análise da água de um rio?

Jocélia explica sobre as suspeitas de uma empresa que não fazia tratamento de efluentes adequadamente e, por isso, precisa dele para fazer análise da água. Seu sobrinho, único da família com curso superior – faz mestrado em Química e tem noções de técnicas de análise – aceita o desafio.

Vocês serão a partir de hoje, o Marcelo, e terão que pesquisar os processos químicos usados para saber se a água do rio, usada para o consumo diário daquela pequena cidade do interior, está mesmo contaminada ou não. E, seguindo as consequências da doença de Francielle, qual é ou quais são as substâncias, supostamente tóxicas, capazes de provocar o câncer.

Procuramos preconizar temas transversais nestes trabalhos, pois são fundamentais para desenvolver em nossos alunos uma visão crítica de mundo, da mesma maneira que a interdisciplinaridade pode ser agregada ao Estudo de Caso. Abordamos neste trabalho uma temática que abrange os campos da toxicologia, meio ambiente, saúde e ética.

Vale salientar que, do ponto de vista metodológico, esta pesquisa também se caracteriza como um Estudo de Caso, pois, segundo Yin (2001), o Estudo de Caso assume o olhar de realidades locais, nesse caso em torno de uma determinada comunidade escolar. A pesquisa qualitativa está associada aos Estudos de Caso em Ciências Humanas, e aparece com grande ênfase nesta primeira proposta de trabalho, em que os alunos, em grupos, tiveram que resolver um caso envolvendo poluição, contado como se fosse real e semelhante aos que eles já viram nos noticiários de tevê e jornal. O pesquisador é o professor regente de Química das três turmas com a qual este trabalho foi realizado e os dados foram colhidos por meio de anotações no diário de campo do pesquisador, além da avaliação das apresentações orais e escritas, elaboradas pelos alunos.

Depois de feitas a leitura e as discussões em aula sobre o caso que aparece no quadro 1, os alunos tiveram que propor as possíveis causas da poluição no rio e, conseqüentemente, da doença de Francielle. Após duas semanas, ocorreram apresentações orais de cada grupo. Os alunos também foram orientados a resolver o problema utilizando-se de argumentos e refutações a partir dos resultados encontrados. Neste sentido, foi necessário atender aos critérios propostos para que o caso elaborado fosse um bom Estudo de Caso, segundo Sá, Francisco e Queiroz (2007) e que aparecem no quadro 2.

Quadro 2: Critérios para um bom Estudo de Caso

Critérios para um bom Estudo de Caso, segundo Sá, Francisco e Queiroz (2007)	Exemplos de critérios encontrados no caso “O diagnóstico de uma grave doença” desenvolvido neste trabalho
O caso deve ser atual, narrar uma história e ser curto	Como a fila no SUS (Sistema Único de Saúde) é grande e precisava de menos tempo, se viu obrigada a fazer em hospital particular.
Um bom caso é relevante ao leitor e desperta interesse pela questão	...havia suspeitas de que a água do rio, usada pela família, não passara por nenhum tratamento e pode ter sido contaminada por uma empresa de curtume.
Um bom caso inclui citações	Jocélia explica sobre as suspeitas de uma empresa que não fazia tratamento de efluentes adequadamente.
Um bom caso força uma decisão	Seu sobrinho, único da família com curso superior – faz mestrado em Química e tem noções de técnicas de análise – aceita o desafio.
Um bom caso provoca um conflito	A única forma de conseguir tratamento para salvar a filha é uma indenização.
Um bom caso deve ter utilidade pedagógica	Jocélia explica sobre as suspeitas de uma empresa que não fazia tratamento de efluentes adequadamente e, por isso, precisa dele para fazer análise da água.
Um bom caso produz empatia com os personagens centrais	Vocês serão a partir de hoje, o Marcelo, e terão que pesquisar os processos químicos usados para saber se a água do rio, usada para o consumo diário daquela pequena cidade do interior, está mesmo contaminada ou não. E, seguindo as conseqüências da doença de Francielle, qual é ou quais são as substâncias, supostamente tóxicas, capazes de provocar o câncer.

A coleta de dados se deu por meio das apresentações orais dos grupos, bem como por anotações que os alunos tiveram que fazer em seus diários de campo após orientação do professor-pesquisador. Além disso, os alunos foram orientados a investigar em fontes bibliográficas oferecidas a eles.

Resultados e discussões

Nem todos os alunos conseguiram realizar a apresentação oral sem a leitura dos seus diários, provavelmente por não estarem familiarizados com apresentações orais. Apesar disso, observou-se que um grande número de alunos tinha seus próprios argumentos. Neste sentido, as anotações serviram-lhes de suporte para defenderem suas ideias. Observou-se também que as anotações e os discursos eram coerentes com o que estava sendo proposto, e em nenhum momento de suas falas foram observadas incompatibilidades em relação ao que haviam registrado nos diários, denotando-se que as fontes de pesquisa eram confiáveis. E, embora tenham sido oferecidas fontes bibliográficas aos alunos, muitos fizeram investigações por intermédio de outras fontes, as quais consideramos igualmente adequadas.

As apresentações feitas em aula pelos grupos de alunos também não tiveram grandes diferenças entre si, no que se refere aos resultados apresentados, uma vez que o cromo é carcinogênico e, além disso, utilizado por empresas de curtimento. Portanto, foi relativamente fácil para eles chegarem à conclusão de que a causa do problema de Francielle tenha sido mesmo o cromo, o que pode ser observado nas respostas dadas nas apresentações orais:

Entre inúmeras pesquisas feitas, chegamos à conclusão que o elemento usado pela empresa de curtume e causador de câncer em parte da população é o cromo (VI) [...] Os compostos de cromo são frequentemente usados como pigmento para fotografia, tintas, plásticos, aço inoxidável, preservação de madeira, curtimento de couro, entre outros [...] O cromo hexavalente é carcinogênico via inalação [...] Portanto, se esta substância tiver contato com a água e alguém, como foi o caso da Francielle, beber, corre o risco de desenvolver o câncer (Grupo 1).

Os resíduos da indústria de curtume, no processamento de couro cru, constituem uma fonte importante de poluentes de metais pesados, especialmente o cromo. No mundo, cerca de 90% destes resíduos são descartados sem tratamento [...] devido ao elevado custo de eliminação. O cromo trivalente é muito menos tóxico que o hexavalente, sendo este último mutagênico. A contaminação ocorre quando esgotos de indústrias não recebem tratamento adequado [...] (Grupo 2).

O curtimento tem a função de mumificar a pele e estabilizar o material para não endurecer e nem apodrecer [...] A forma mais popular de produzir couro hoje em dia é uma das mais nocivas [...] Em humanos, o cromo causa diversas doenças [...] (Grupo 3).

Concluimos que a substância tóxica que desenvolveu câncer na menina Francielle foi o cromo (Grupo 4).

Todos os grupos, além dos relatos acima, encontraram o mesmo composto químico em seus resultados, mas cada grupo com abordagens e informações diferenciadas trazidas de suas fontes de pesquisa, o que mostrou que a atividade

38° EDEQ

Encontro de Debates sobre o Ensino de Química

permitiu desenvolver a habilidade de resolução de problemas. As apresentações orais suscitaram debates bastante profícuos no grande grupo, mostrando que os estudantes conseguiram se expressar muito bem oralmente, conforme registrado no diário de campo do pesquisador.

Um dos relatos incluiu informações obtidas de casos reais envolvendo multas e ações judiciais, o que mostra que os alunos conseguiram realizar pesquisa em fontes de informações diversificadas e exercitaram seu senso crítico. Acredita-se que, com isso, o objetivo de iniciar os alunos na pesquisa para a resolução de casos foi atingido.

A próxima atividade que os alunos realizarão encontra-se já em andamento. Cada grupo terá que produzir e editar vídeos em que os próprios alunos serão atores, utilizando-se de elementos das artes cênicas. Dentro da proposta, eles podem produzir vídeos de ficção ou documentários sobre poluição de águas, sendo que este último pode ser a simulação de um telejornal, por exemplo, ou conforme a criatividade e os interesses que tiverem. Tudo isso envolve várias outras habilidades, não somente da disciplina de Química. Foi proposto também que eles escrevessem um roteiro das suas falas antes da produção de vídeo.

No quadro 3 podemos verificar a cronologia e as informações atuais deste projeto.

Quadro 3: Informações e ordem cronológica das atividades

Tipos de atividades	Informações até o momento (para este artigo)
Resolução do problema envolvendo o caso	Finalizado
Produção e edição de vídeos	Em andamento
Entrevistas que os alunos farão na comunidade onde moram: pesquisa de campo qualitativa e quantitativa com produção de gráficos	A ser realizado em breve
Resolução do segundo caso	A ser realizado em breve

Na opinião dos estudantes, o trabalho com Estudos de Caso vem sendo algo profícuo e interessante, como aparece em alguns dos relatos, em que eles mesmos escreveram em seus diários de campo sobre as experiências que tiveram neste trabalho.

O projeto vem sendo algo bom e diferente no nosso aprendizado, pois tem sido legal, descontraí as aulas e dá uma quebra em nossa rotina. Também tem desenvolvido o lado crítico por possibilitar oportunidades (Aluno 1).

Achei que é um trabalho diferente dos demais, nunca tinha feito um projeto assim. Faz a gente pensar na situação de um pesquisador. Não acho que seja difícil, mas sim algo bem elaborado, que faz pensar bastante. Normalmente não é bom fazer trabalho em grupos, justamente porque só alguns fazem, mas este tem algo diferente dos demais: faz a gente pegar a qualidade de cada integrante do grupo para que tudo seja feito com excelência (Aluno 2).

Pelo cronograma de atividades deste projeto, os alunos já verificaram a existência de um segundo Estudo de Caso para ser trabalhado somente depois do

término das atividades precedentes (Quadro 3). O segundo caso será mais complexo que o primeiro, pois acreditamos que uma etapa de caso mais simples pode valer como uma espécie de pré-requisito para posteriormente se apropriarem de casos mais complexos.

Considerações finais

Após a finalização dos trabalhos com o primeiro caso, verificamos vários pontos positivos: os alunos desenvolveram a capacidade de interagir em grupo (dividiram tarefas como forma de cooperação com os colegas), começaram a despertar o interesse pela pesquisa por se sentirem desafiados, sentiram-se valorizados por poderem argumentar e por trocarem ideias durante as apresentações orais.

Além disso, foi possível observar que desenvolveram algumas habilidades como o senso crítico, principalmente com a orientação que receberam durante as duas semanas de pesquisa: tentar não só argumentar, mas também refutar quando possível. Por não ser um trabalho de aula expositiva, não se sentiram como sujeitos passivos, mas sim como autores a um novo despertar; um despertar que desacomoda e abre novos horizontes do conhecimento. Com isso, observamos que esta primeira parte dos trabalhos proporcionou uma espécie de iniciação à pesquisa, diferente do que estavam antes acostumados os alunos. Também observamos o quanto se interessaram em resolver o problema de Francielle, personagem do caso “O diagnóstico de uma grave doença”, o que se denotou pelos seus empenhos em buscar informações, assim como através de suas falas durante as apresentações orais.

Podemos concluir que a estratégia aplicada permitiu o desenvolvimento de habilidades de pesquisa (busca por informações em fontes confiáveis), de senso crítico em relação ao tema, bem como contribuiu para estimular a expressão oral e o debate em sala de aula.

A Estratégia de Ensino por Estudo de Caso não é tão simples no que se refere à sua aplicação, por isso consideramos importante que os alunos tivessem uma primeira experiência com um caso relativamente simples, para que nas próximas etapas de trabalho possamos aprofundar e tornar os casos mais complexos.

Referências bibliográficas

ALBA, J.; SALGADO, T. D. M.; DEL PINO, J. C. Estudo de Caso: uma proposta para abordagem de funções da Química Orgânica no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa-PR, v. 6, n. 2, p. 76-96, 2013.

FARIA, F. L.; FREITAS-REIS, I. A percepção de professores e alunos do ensino médio sobre a atividade estudo de caso. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 22, n. 2, p. 319-333, 2016.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de Casos no ensino de Química**. Campinas: Átomo, 2009. p. 19-30.

Os saberes docentes
na contemporaneidade:
perspectivas e desafios
na/pela profissão

18 e 19 de outubro de 2018, Canoas/RS

38° EDEQ

Encontro de Debates sobre o Ensino de Química

SILVA, E. M. S.; SILVEIRA, A. M.; QUEIROZ, S. L. Resolução de um Estudo de Caso no Formato de Vídeos: Possibilidades para a Alfabetização Midiática e Informacional. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2017.

VIEGAS, A. L. **A Aplicação da Metodologia de Estudos de Caso no Contexto do Componente Curricular – Processos Industriais em um Curso Técnico em Química**. 2016. 116f. Dissertação (Mestrado em Educação) – (Instituto de Ciências Básicas de Saúde). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

VIEGAS, A. L.; SALGADO, T. D. M. Estudos de Caso: possibilidades para uma abordagem de tecnologia de tratamento de água em um curso de Química. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo-RS, v. 18, n. 30, p. 133-258, 2017.

YIN, Robert K. **Estudo de caso** – planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.