

WebQuest e Engajamento Disciplinar Produtivo: Potencializando o Ensino de Química

Gleison Paulino Gonçalves¹ (PG)*, Tatiana Kristini Agostinho Munayer² (PG), Wasley Wagner Gonçalves³ (PG)

[1gleison63@yahoo.com.br](mailto:gleison63@yahoo.com.br), [2tatimunayer@terra.com.br](mailto:tatimunayer@terra.com.br), [3wasley.w@hotmail.com](mailto:wasley.w@hotmail.com)

Palavras-Chave: Engajamento Disciplinar Produtivo, Tecnologias, WebQuests.

RESUMO:

O presente artigo explorou as maneiras com que os princípios da problematização dos conteúdos e reponsabilidade, do Engajamento Disciplinar Produtivo (Engle & Conant, 2002), podem ser utilizados como uma ferramenta para desenvolver e potencializar um ambiente virtual de aprendizagem, a WebQuest. O estudo examinou tanto as práticas de ensino empregadas pelo professor e a natureza do engajamento dos alunos de três salas de aula na disciplina Química, em um total de 96 estudantes, da segunda série do Ensino Médio, de uma escola pública municipal da cidade de Contagem, Minas Gerais, ao longo do desenvolvimento de uma Sequência de Ensino sobre Eletroquímica, composta por 5 WebQuests que versavam sobre questões sociocientíficas controversas. Os resultados obtidos evidenciaram que a natureza inter-relacionada dos quatro princípios do Engajamento Disciplinar Produtivo e o comportamento dos alunos que ocorreu durante as interações sociais, estiveram dispostos de modo que os estudantes assumiram algumas das funções tipicamente associadas com o professor.

INTRODUÇÃO

Os autores Engle e Conant (2002) definem o Engajamento Disciplinar Produtivo usando três critérios. Primeiro, o número de alunos participantes é um indicativo de envolvimento, ou seja, quanto mais alunos participantes, e apenas alguns alunos “de fora da execução da tarefa”, é considerado como um maior engajamento. Em segundo lugar, uma maior intensidade na maneira como os alunos participam no processo de ensino e aprendizagem da Química, é uma evidência de maior engajamento. Tal intensidade pode ser evidente no tom de voz dos alunos e na forma como eles participam das interações de um para o outro, ou pelo olhar e a posição do corpo. Em terceiro lugar, na medida em que a participação dos alunos é sensível aos outros, isto indica um maior envolvimento.

Nossos estudos apontaram para a evidência de movimentos de professores que incentivam os alunos a prestarem contas para o professor e para outros membros da comunidade de aprendizagem, através da implementação de normas na sala de aula (Yackel & Cobb, 1996). Este princípio, ser responsável para com os outros e para com as normas disciplinares, implica em que o professor e os outros membros da comunidade de aprendizagem adotem atitudes que objetivam incentivar os alunos a consultarem os outros durante a construção de conhecimentos; isso não requer a aceitação dos pontos de vista dos outros, mas sim, a capacidade de questionar e dar uma resposta a eles. “Este princípio é uma expressão da ideia de que cada membro de uma comunidade de aprendizagem não é uma autoridade em si mesmo, mas sim uma parte interessada intelectualmente entre muitos na sala de aula e fora dela” (Engle & Conant, 2002, p. 405).

Os estudantes que levam as ideias dos seus colegas em conta podem estar melhor preparados para persuadir os outros de suas próprias ideias, motivando, assim, uma maior participação. Além disso, sendo o processo realizado com normas disciplinares, ajuda a equilibrar a autoridade do estudante e reduzir a chance de os

estudantes construírem respostas aleatórias para os problemas, sem revisão por parte dos colegas (Cobb & Hodge, 2002).

Engle & Conant (2002) discutem a importância da “problematização dos conteúdos” como a terceira ideia central no seu quadro de referências. Engle (2011) descreve que problematizar inclui gerar uma incerteza genuína nos alunos, criar uma situação em que os problemas não são facilmente resolvidos, em que os problemas encarnam “os conceitos centrais da disciplina trabalhada” e que estes conceitos estão relacionados a um tema que é de algum interesse para o aluno. A fim de ter sucesso em problematizar, o professor deve criar um ambiente no qual os alunos devam perseverar juntos em direção a um objetivo em comum. O discurso entre os estudantes é realmente necessário em um ambiente que incorpora o princípio da problematização porque um caminho em direção a resolução do problema não é aparente.

Nosso estudo apontou para a importância da tarefa na criação de uma dúvida nos alunos. É a tarefa que fornece algo digno de debate ao promover ou desencorajar os estudantes a explorarem profundamente o objetivo químico pretendido. Embora a seleção da tarefa e a problematização não sejam sinônimos, a problematização depende em grande parte da seleção de tarefas adequadas e da propagação da tarefa pelo professor.

A problematização também é importante em relação ao princípio de fornecer recursos adequados para os alunos. Com insuficiência de recursos, os alunos são incapazes de agir e podem ser sobrecarregados com o desafio proposto; com muitos recursos fornecidos, a natureza problemática da tarefa é diminuída. Engle & Conant (2002) descrevem a provisão de recursos como um quarto elemento necessário ao desenvolvimento do Engajamento Disciplinar Produtivo. Eles utilizam uma definição de recursos muito geral e incluem qualquer coisa ou qualquer um que possa ser visto como necessário para apoiar a incorporação dos outros princípios. Os recursos podem ser tão básicos como proporcionar aos alunos tempo para resolver problemas significativos ou podem ser mais específicos para a tarefa, como o fornecimento de modelos e normas em sala de aula. Grandezas manipuláveis, perguntas do professor e qualquer coisa que possa ampliar a capacidade do aluno para resolver os problemas propostos, poderia ser considerado como um recurso usando essa ampla definição.

METODOLOGIA

Esta pesquisa explorou a maneira com que os princípios da problematização dos conteúdos e responsabilidade, do Engajamento Disciplinar Produtivo (Engle & Conant, 2002), podem ser utilizados como uma ferramenta para desenvolver e potencializar um ambiente virtual de aprendizagem, a WebQuest. O estudo examinou tanto as práticas de ensino empregadas pelo professor e a natureza do engajamento dos alunos de três salas de aula, em um total de 96 estudantes, da segunda série do Ensino Médio, na disciplina Química, de uma escola pública municipal da cidade de Contagem, Minas Gerais, ao longo do desenvolvimento de uma Sequência de Ensino sobre Eletroquímica, composta por 5 WebQuests que versavam sobre questões sociocientíficas controversas, visando a implementação de práticas pedagógicas que promovessem o princípio da autoridade do Engajamento Disciplinar Produtivo. Os dados foram coletados utilizando várias fontes: as transcrições de gravações de vídeo e áudio das 5 unidades da Sequência de Ensino, que se desenrolaram ao longo de 4 meses, com atividades sendo realizadas pelos estudantes na sala de aula, no Laboratório de Informática, no Laboratório de Ciências e como atividades extraclasse; planos de aula e reflexões do professor, e da aplicação e análise de questionários e entrevistas realizadas com os estudantes. Durante todo o

corpo de transcrições de vídeo em sala de aula foi realizado um esforço para identificar indicações do princípio da autoridade do Engajamento Disciplinar Produtivo.

Considerando o objetivo de compreender os caminhos pelos quais os princípios da problematização dos conteúdos e responsabilidade, do Engajamento Disciplinar Produtivo, ficaram evidentes nas práticas pedagógicas implementadas pelo professor/pesquisador e disseminadas para os alunos, os dados foram recolhidos para informar o nosso entendimento das práticas de ensino e das interações na sala de aula, a visão dos alunos de suas aulas de Química, e o trabalho exigido do professor para implementar estes princípios na sala de aula. Reconhecendo que a pesquisa qualitativa não pode nunca capturar a “realidade” propriamente dita e que o que é capturado é realmente uma construção das pessoas para tentarem compreender o mundo, tentou-se aumentar a validade do estudo por meio do uso da triangulação de múltiplas fontes de dados (Patton, 2002).

Foi escolhida uma abordagem de estudo de caso, já que os propósitos do estudo exigiam uma profunda compreensão da situação e do seu significado para as pessoas envolvidas (Merriam, 1988). E como existia o interesse no processo de descrever os elementos de um ambiente de aprendizagem, tal abordagem foi necessária para relatar as interações entre os estudantes, assim como as suas interações com o professor. Além disso, as normas disciplinares compartilhadas, formas de interagir e os papéis assumidos pelos participantes da pesquisa, precisavam ser completamente descritos.

O princípio da problematização foi abordado através da seleção de tarefas propostas pelas WebQuests, que foram destinadas a desenvolver a compreensão conceitual dos alunos. Embora o município de Contagem utilize materiais curriculares tradicionais no ensino de Química, como o livro Química da autora Martha Reis, foi escolhido a estratégia de ensino WebQuest como base do processo de ensino e aprendizagem dos alunos, reconhecendo que este material foi concebido para apoiar os professores interessados no ensino de uma maneira que era consistente com os princípios promovidos pelo Engajamento Disciplinar Produtivo. Além disso, o princípio da problematização (Engle, 2011) chama a atenção para a importância da tarefa em engendrar incerteza no aluno e também incorporar “conceitos centrais” da disciplina. Através da utilização destes materiais, tentei aplicar o princípio da problematização.

O princípio da responsabilização foi propositadamente implementado usando várias atividades pedagógicas. As avaliações dos estudantes incluíram tanto provas objetivas, questionamentos durante as aulas e avaliações do grupo. Esta decisão decorreu da intenção de levar a sério o trabalho que os alunos fazem relacionado a sala de aula no desenvolvimento das tarefas, com responsabilidade com os colegas, a disciplina, e consigo mesmos (Forman & Ford, 2014). A percepção dos elementos necessários que se combinaram para produzir um trabalho de excelente qualidade por parte dos alunos foi definida em termos de rubricas para cada avaliação. A comunicação é uma parte essencial do ambiente de aprendizagem. Os alunos, em grupos de 4, 5 ou 6 integrantes, trabalharam juntos em direção a solução das tarefas e para a produção de uma representação (ou várias) da solução proposta pelo grupo. A expectativa para que os alunos fizessem perguntas uns aos outros, pensassem em voz alta, questionassem os pensamentos e raciocínios dos outros se tornou a norma, e forneceu uma condição social que convidou os alunos a reverem as suas ideias. A explicação de suas ideias em face das ideias dos outros, também foi promovida através da utilização, pelo professor, da “discussão responsável”. Fomentou-se o engajamento disciplinar através de deliberadamente incentivar os alunos a considerarem como as suas ideias fazem ou não fazem sentido, sendo esta uma atitude característica central da pedagogia que apoia o princípio da prestação de contas.

Outra forma com que o professor/pesquisador incentivou a responsabilidade dos estudantes foi através da prática de pedir a um aluno do grupo que respondesse a uma pergunta após o grupo haver terminado de desenvolver uma tarefa. Se o estudante não conseguisse responder à pergunta, o professor/pesquisador deixava o grupo refletir sobre a questão para incentivar ainda mais a discussão entre os alunos e voltava mais tarde para perguntar ao mesmo aluno a questão novamente. No intervalo de tempo decorrido, esperava-se que o grupo ajudasse ao estudante a chegar a compreensão da pergunta proposta. Dessa forma, o professor/pesquisador e os alunos colegas de grupo trabalharam juntos para o desenvolvimento de um de trabalho de alta qualidade e profunda compreensão conceitual.

A pesquisa explorou as formas com que os princípios da responsabilidade e problematização dos conteúdos, do Engajamento Disciplinar Produtivo (Engle & Conant, 2002), podem ser utilizados como uma ferramenta para estabelecer na sala de aula um ambiente de aprendizagem eficaz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MANEIRAS DO PROFESSOR E DOS ALUNOS DISSEMINAREM O PRINCÍPIO DA RESPONSABILIDADE

A pesquisa apontou para evidências de movimentos do professor que incentivaram os alunos a serem responsáveis perante o professor e perante os outros membros da comunidade de aprendizagem, através da implementação de normas disciplinares na sala de aula.

O princípio da responsabilidade - ser responsável perante os outros e às normas disciplinares na sala de aula - implica que o professor e os outros membros da comunidade de aprendizagem têm a responsabilidade de acolher as dúvidas e questionamentos dos alunos e consultar os outros na construção do conhecimento em um domínio do conhecimento, mas isto não requer a aceitação dos pontos de vista dos outros, mas sim a capacidade de ouvir, questionar e dar uma resposta a eles. “Este princípio é uma expressão do valor que cada membro de uma comunidade de aprendizagem tem no grupo, não sendo uma autoridade em si mesmo, mas uma das partes interessadas intelectualmente entre muitos, na sala de aula e fora dela” (Engle & Conant, 2002, p. 405).

A fim de compreender a maneira com que a responsabilidade foi disseminada na sala de aula, várias transcrições de vídeo foram analisadas. Conforme tais transcrições eram analisadas com o objetivo de encontrar casos de prestação de contas, os padrões começaram a surgir, ou seja, os casos tiveram características comuns que lhes permitiram ser agrupados. Entre os padrões que emergiram, o mais importante para a forma como o princípio da responsabilidade foi disseminado na sala de aula, foi como o professor colocava os estudantes em uma posição de reverem publicamente os seus pensamentos.

COLOCAR OS ALUNOS EM UMA POSIÇÃO DE REVER PUBLICAMENTE SEUS PENSAMENTOS

Entre as responsabilidades dos estudantes, que foram aparentes nas transcrições das aulas em sala de aula, estava incluído os alunos tornarem público os seus pensamentos. Por uma questão de rotina, os alunos apresentavam seus trabalhos e os seus pensamentos para a classe. Pensar era tanto um ato privado, quanto um evento público, uma responsabilidade individual e uma responsabilidade da comunidade de aprendizagem. O papel do professor incluía o incentivo aos estudantes, tanto para

tornarem público os seus pensamentos, bem como para reverem seus pensamentos e discutirem como as ideias mudaram. Em uma sala de aula onde a autoridade é compartilhada com os alunos, vários alunos podem tornar público os seus pensamentos.

Neste exemplo, um recorte do desenvolvimento do experimento da Eletrólise do Iodeto de Potássio pelos estudantes, atividade proposta como tarefa na WebQuest “Como o Alumínio é extraído da Bauxita”, durante o tempo em que os alunos estavam trabalhando em pequenos grupos, o professor pediu uma explicação a um estudante e a seus colegas de grupo. Em resposta, E₁₇ (a aluna) ofereceu uma explicação sucinta do pensamento dos seus colegas.

(P) Professor: “Muito bem, turma. E₁₇, você e o seu grupo podem nos ajudar a identificar qual a substância que se formou no anodo e qual se formou no catodo durante a eletrólise”?

Os alunos discutem a questão durante um minuto e E₁₇ responde:

E₁₇: “Eu e E₂₄ achamos que a substância que se forma no ânodo, professor, é o iodo, já que o iodeto é um ânion menos reativo que o hidróxido, o iodeto vai se descarregar no ânodo primeiro, levando a formação de iodo. Já E₉ e E₂₃ acham que a substância que se forma no cátodo, nesse caso foi o hidrônio, porque ele é um cátion menos reativo que o potássio. Portanto, o hidrônio vai se descarregar primeiro no cátodo”.

(P) Professor: “Excelente, pessoal. Vocês poderiam nos ajudar a identificar por que a solução fica um pouco esverdeada com o tempo”?

Os alunos deliberam por alguns minutos e E₁₇ fala:

E₁₇: “Bem, professor, E₁₃ e eu achamos que tinha alguma coisa a ver com o iodo, mas E₂₉ nos lembrou que o senhor tinha nos explicado que a solução de amido que nós acrescentamos no recipiente, ficaria azul, na presença do iodo, mas não pudemos observar isso, porque a solução de iodo que nós compramos estava muito diluída”.

(P) Professor: “Excelente, filha, continue”.

E₁₇: “Daí, professor, que E₉ nos lembrou de pesquisar as reações químicas para representar o que estava acontecendo, e quando conseguimos montar as equações E₂₄ percebeu que estava sendo formada uma base no meio, o hidróxido de potássio. Daí E₂₃ pensou que como nós tínhamos acrescentado o extrato de repolho roxo, que é um indicador de ácidos e bases que nós usamos, ele devia estar reagindo com o hidróxido de potássio e mudando de cor para verde, que como nós vimos ao construir a escala de pH indica um pH básico”.

(P) Professor: “Excelente, turma. Muito bom mesmo E₁₇. Alguém gostaria de comentar ou acrescentar algo as conclusões do grupo da E₁₇, turma”?

E₁₇, tanto explica o pensamento, quanto ao mesmo tempo dá crédito para E₉, E₂₃ e E₂₄ por ajudarem a encontrar o método de resolução das perguntas do professor. Nessa troca, E₁₇ está pensando juntamente com cada um dos seus colegas de grupo e rapidamente corrige a si mesma, quando ela percebe a sua própria confusão, construindo o sentido de suas próprias ideias à luz das explicações de seus colegas, ou seja, os alunos revisaram o seu próprio pensamento e consideraram cuidadosamente as suas palavras. No final deste segmento, é evidente que E₁₇ têm reconsiderado as suas conjecturas e alterado as suas conclusões como resultado de ouvir e perscrutar o raciocínio de seus colegas.

MANEIRAS COM QUE O PROFESSOR E OS ALUNOS DISSEMINARAM O PRINCÍPIO DA PROBLEMATIZAÇÃO

A tarefa proposta aos estudantes foi peça-chave na criação de um sentimento de incerteza nos alunos. A tarefa é definida como um conjunto de problemas, fenômenos ou um único problema complexo que concentra a atenção dos alunos em uma ideia científica particular (Stein, Grover, e Henningsen, 1996). Foi a tarefa que forneceu algo

digno de discussão ao encorajar os alunos a explorarem profundamente o objetivo pretendido. Embora a seleção de tarefas e a problematização não sejam sinônimos, problematizar depende em grande parte da seleção das tarefas e da disseminação da tarefa pelo professor.

INCERTEZA CRIADA NOS ESTUDANTES

Engle e Conant (2002) usam a palavra “incerteza” para se referir à um desequilíbrio cognitivo do aluno, uma inquietação. Uma vez que os alunos compreendam a tarefa, eles ainda podem não ser capazes de chegar a um caminho de resolução rapidamente, ou saber o que fazer para chegar em uma conclusão ou como justificar seu raciocínio. Esta luta exige perseverança por parte dos alunos e muitas vezes inclui a incerteza. Esta luta é produtiva e necessária no processo de construção de significados científicos dos alunos. Neste estudo, a incerteza foi muito comum e estava presente durante cada dia de aula.

Em relação aos resultados deste estudo, foram codificadas todas as transcrições de incerteza dos alunos. Especificamente casos em que os alunos expressaram oralmente incerteza tais como, “eu não entendo” ou “eu não consegui”. Cada transcrição do ocorrido na classe, nesta seção, teve expressões de incerteza do aluno. É provável que a incerteza dos estudantes resultasse em um envolvimento com as tarefas de alta demanda cognitiva utilizadas em cada WebQuest. No processo de codificação, não houve a distinção entre a incerteza e a conclusão, como justificar as tarefas a serem desenvolvidas ou uma combinação delas.

Esse incômodo causado nos alunos sobre a incerteza quanto ao que concluir pode ser evidenciado no recorte de diálogo a seguir, em que os estudantes estavam trabalhando com a tarefa de construir uma pilha a partir de frutas cítricas, proposta na WebQuest “Vamos montar uma pilha”. Essa tarefa tinha como objetivo desafiar os alunos a considerar múltiplas possibilidades para construção de pilhas, de várias formas e materiais, seguindo dois princípios:

Escolhermos dois materiais diferentes que reagem entre si trocando elétrons (reação de oxidação-redução) e que um deles será o polo negativo (material que perde elétrons) e o outro será o polo positivo (que recebe os elétrons), um conceito desconhecido para os alunos, e lhes pedia para considerarem os seus conhecimentos cotidianos que poderiam ser úteis.

A aluna E₃₁, que começa a discussão, assume a autoridade e oferece uma conjectura. Sua resposta errada fornece um ponto a mais para uma discussão mais aprofundada na classe e a exibição de incerteza do aluno.

E₃₁: “Bem professor, eu disse que seria possível construir uma pilha com qualquer fruta. Eu acho que se a gente colocar uns pregos em uma fruta qualquer, a gente vai gerar energia”.

O Professor estava sentado com um grupo perto do quadro.

E₁₃: “Eu acho que só vamos conseguir gerar uma corrente elétrica se nós utilizarmos frutas cítricas, porque o ácido cítrico ajuda no transporte dos íons na solução”.

Professor ainda sentado.

E₅: “Eu tenho que concordar com E₁₃. Quer dizer, se você estiver usando qualquer fruta, pode ser que os íons não consigam se mover para fechar o circuito”.

E₁₃: “Além disso, não pode ser qualquer tipo de prego, E₃₁, senão não vamos ter diferença de potencial. Os pregos têm de serem feitos de materiais diferentes”.

E₁₃ e E₅ discordaram de E₃₁ e tentaram justificar as suas conjecturas usando o raciocínio científico. Eles necessariamente elaboraram os seus pressupostos e fizeram

de E₃₁ responsável pelo seu raciocínio científico. O professor escolheu compartilhar sua autoridade, permitindo que os alunos fizessem comentários para E₃₁ e sentando-se calmamente com outro grupo de estudantes. Na próxima troca, o professor gera uma discussão mais aprofundada, posicionando os alunos em dois lados do argumento: o lado de E₃₁ ou o lado de E₁₃ e E₅. Na sequência de um esclarecimento sobre o que constitui uma diferença de potencial, tanto E₂₆ e E₂₄ expressam alguma incerteza. Ambos estão assumindo autoridade por tentar avaliar as contribuições dos alunos. E₂₄ claramente mergulha no pensamento de ambos os grupos de estudantes e resume cada posição.

E₂₆: “Eu concordo. Mas você não pode gostar de ter uma moeda que tem tanto de um lado”?

Professor: “Estamos assumindo que eles não são tendenciosos”.

E₂₄: “Como E₁₃ disse, temos de ter materiais diferentes para gerar uma diferença de potencial. Além do mais os elétrons e os íons precisam de ter um meio de se locomoverem pela solução, como disse E₅”.

(P) Professor: “Quem concorda com E₃₁? Podemos formar uma pilha com qualquer fruta”?

E₁₁ levanta a mão.

E₁₁: “Eu concordo com ambos. Eu não sei como me decidir”.

E₂₆: “Eu não concordo com isso, mas eu posso entender de onde ela está tirando essas ideias, porque é apenas o senso comum pensar assim. Bem, se eu vou construir uma pilha, eu preciso de gerar uma diferença de potencial. Mas, ao mesmo tempo, como E₂₄ disse, os elétrons e os íons precisam de ter um meio para se moverem. Então eu consigo ver porque E₃₁ pensa assim, mas eu não concordo necessariamente com ela”.

E₁₁: “Eu concordo com ambos os lados, mas não tenho certeza de qual lado eu concordo mais”.

Depois de mais uma expressão de incerteza, o professor retorna à E₃₁ para sondar seu entendimento, agora que ela considerou uma posição alternativa. Embora confiante em sua resposta inicial para começar a discussão, E₃₁ agora exhibe incerteza. Ela publicamente reconsidera a sua posição.

Professor: “E₃₁, o que você acha, depois de ouvir o ponto de vista dos seus colegas”?

E₃₁: “Eu pensei sobre isso, professor, e eu acho que ambos os lados estão certos, como, eu não sei”.

O professor, então, assume a autoridade para ajudar os estudantes a esclarecerem suas dúvidas. Uma vez que os estudantes percebem que é necessário gerar uma diferença de potencial para que a pilha funcione, eles chegam a uma posição de consenso em relação a uma necessidade de termos dois materiais diferentes para gerarmos uma corrente elétrica.

O Professor se levanta e caminha para o quadro branco.

(P) Professor: “Então turma, como foi dito por E₂₄, E₁₃ e E₅, precisamos de materiais diferentes para gerarmos uma diferença de potencial. Vocês têm que se perguntar se esta é uma condição obrigatória ou não. O que vocês acham”?

O professor se senta novamente com um grupo.

E₂₄ e E₁₃ falam juntos.

E₂₄ e E₁₃: “É uma condição obrigatória, professor”.

(P) Professor: “A diferença de potencial depende então dos materiais que estamos utilizando como eletrodos”?

E₃₁: “Isso mesmo”.

(P) Professor: “Ora, muito bem turma. E o que vocês têm a dizer sobre o tipo de frutas que podemos utilizar. Será que pode ser qualquer uma”?

E₂₄: “Acho que não, professor. Tem de ser uma que possibilite que os íons se movam na solução, para fechar o circuito como E₁₃ falou e os eletrodos tem de ser de materiais diferentes, como os meninos falaram”.

(P) Professor: “Por que você acha isso”?

E₁₁: “Porque caso contrário a gente não vai ter diferença de potencial, professor”.

(P) Professor: “Será que todo mundo concorda com E₂₄ e E₁₁, turma”?

E₄, E₁₇, E₂₃, E₃₁, e outros agitam a cabeça que sim.

Este segmento enfatiza a importância da tarefa com o princípio da problematização. A tarefa apresentada gerou nos alunos uma incerteza. Para monitorar os seus próprios processos cognitivos, E₂₄ resume as ideias dos dois lados. Ele está refletindo em voz alta sobre a sua percepção da explicação de cada aluno e como ele considera ambos os lados com cuidado. A tarefa tem incentivado a incerteza, e foi, de fato abraçada pelos colegas. O aluno e o professor reagem à incerteza de modo respeitoso e formulam um raciocínio científico.

Como os alunos se comprometeram a conclusão desta tarefa em seus pequenos grupos, eles usaram uma variedade de métodos de resolução, conforme solicitado, demonstrando autoridade. Alguns determinaram os pares de materiais que produziram uma diferença de potencial maior, vários grupos utilizaram o simulador virtual da página <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/18002/pilha.swf> para verificarem os materiais que poderiam ser utilizados, enquanto outros haviam levado algumas frutas e testavam com o multímetro a diferença de potencial que poderia ser obtida com a montagem das respectivas pilhas.

Quando chegou a hora para compartilhar os métodos de resolução, E₂₆ foi escolhido entre os apresentadores. Ele ilustrou as razões que fundamentavam as suas conjecturas e representou na forma de um diagrama no quadro, a sua interpretação do que acontecia quando se montava uma pilha com eletrodos de cobre e zinco em um limão. E₂₇ estava incerta sobre as conclusões de E₂₄. A incerteza em si foi um elemento importante, mas talvez o mais importante, foi quando a incerteza se reuniu com o raciocínio científico. Os alunos e o professor trabalharam juntos, cada um fornecendo representações diferentes, para ajudar E₂₆ a fazer com que seus pensamentos e suas conclusões fizessem sentido.

E₂₇: “Eu não entendo como você conseguiu isso”.

(P) Professor: “E₂₇ não compreendeu as suas conclusões, E₂₆. Você poderia descrever melhor o seu raciocínio para a turma e em que você se baseou para chegar nessas conclusões”?

E₂₆: “Claro, professor. Eu fundamentei meu raciocínio na tabela de potenciais padrão de redução que nós estudamos. Baseado nela, E₂₇, eu percebi que para haver uma diferença de potencial entre o anodo e catodo da nossa pilha, eu precisava utilizar materiais diferentes em cada eletrodo. Quanto a utilização específica de frutas cítricas, eu cheguei a essa conclusão porque acredito que o ácido cítrico presente nessas frutas ajuda os íons a se locomoverem e fecharem o circuito para que a pilha funcione”.

Quando a troca de ideias começa, o professor utiliza uma discussão responsável (O'Connor & Michaels, 1993) para incentivar a E₂₆ para esclarecer a sua explicação. Ele reverberou a expressão de incerteza de E₂₇, e em seguida, pediu a E₂₆ que descrevesse melhor o seu raciocínio para que E₂₇ pudesse se envolver de forma mais produtiva com suas ideias.

(P) Professor: “Olhe aqui no quadro, E₂₇. Isso pode ajudá-la”.

O professor estava projetando no quadro branco com o auxílio do Datashow a tabela de potenciais padrão de redução e um diagrama esquemático da pilha de Daniell.

(P) Professor: “Era isto que você estava dizendo, certo”? (Falando com E₂₆)

E₂₆: “Exatamente”.

(P) Professor: “Então, como está descrito aqui no diagrama da pilha de Daniell, quais são as condições básicas que nós precisamos ter, para nossa pilha funcionar”?

E₂₆: “Um elemento que vai oxidar no anodo, um que vai sofrer redução no catodo e a ponte salina para fechar o circuito e ocorrer a passagem da corrente elétrica, professor”.

(P) Professor: “Nos mostre, E₂₆. Venha até o quadro e nos mostre qual elemento está oxidando, qual está reduzindo e onde está a ponte salina. Vai ser bem esclarecedor para todos nós”.

E₂₆ caminha até o quadro e aponta e descreve detalhadamente os elementos que o professor pediu.

(P) Professor: “Nós estamos todos de acordo com E₂₆, turma? Alguém gostaria de complementar o seu raciocínio ou sugerir uma hipótese diferente”?

Nessa troca, o professor e E₂₆ demonstram autoridade e participaram no fornecimento de respostas a E₂₇ como uma resposta à sua expressão de incerteza. O professor se dirige a E₂₇, inicialmente com incerteza, oferecendo uma representação familiar, uma relação com E₂₆. Ele compartilha autoridade com E₂₆ quando ele diz: “Era isto que você estava dizendo, certo”? E₂₆ e o professor se tornam parceiros na ajuda a E₂₇ a perceber a conexão entre a explicação do diagrama da pilha de Daniell e a tabela dos potenciais padrão de redução, quando ele responde: “Exatamente”. O professor usa uma discussão responsável para incentivar E₂₆ a falar mais sobre a interpretação da tabela de potenciais padrão de redução. O professor abre uma conversa com E₂₆ para explicar a relação entre a pilha de Daniell e a pilha que deveria ser construída com frutas quando ele diz: “Então, como está descrito aqui no diagrama da pilha de Daniell, quais são as condições básicas que nós precisamos ter, para nossa pilha funcionar”? Embora ele reconheça que E₂₆ entende o conceito em questão, ele pergunta a E₂₆ a questão para o benefício de E₂₇. E₂₆ se torna a autoridade neste caso. E₂₆ descreve pormenorizadamente a sua linha de raciocínio em um esforço para ajudar E₂₇ a seguir com o seu raciocínio científico. Os pedidos do professor a E₂₆ proporcionam uma explicação pormenorizada usando o diagrama esquemático da pilha de Daniell quando ele diz: “Nos mostre, E₂₆. Venha até o quadro e nos mostre qual elemento está oxidando, qual está reduzindo e onde está a ponte salina”. Ele responsabiliza E₂₆ por uma explicação que é complementada por uma demonstração visual com o diagrama esquemático da pilha de Daniell que estava sendo projetado com o Datashow. Além disso, usando a palavra “nós”, ele assumiu a posição de professor como parceiro, o que implica que ele também precisa de uma explicação. Ao assumir essa postura, o professor envia uma mensagem para E₂₇ de que a sua pergunta é digna e haverá outros que se beneficiarão de uma discussão mais aprofundada.

Na linha seguinte, o professor começa a frase com “nós”, posicionando-se ainda como professor, como parceiro (Tabak & Baumgartner, 2004). Ao reverberar o comentário de E₂₆, ele não só reformula sua observação, mas ele faz isso de uma maneira que atribui autoridade a afirmação “reverberada” para E₂₆ e lhe confere o direito de negociar a sua interpretação das suas observações. Esta situação do professor como parceiro e com reverberação das ideias é o que Tabak & Baumgartner (2004) chamam de fomentar as estruturas de simetria dos participantes, ou seja, a criação de simetria entre os estudantes e o professor, em relação à autoridade sobre a construção do conhecimento.

Um ponto chave que merece a atenção, é a natureza entrelaçada da tarefa, a expressão de incerteza por E₂₇, e a maneira com que a autoridade e a responsabilidade foram utilizadas neste segmento. A tarefa em si proporcionou a oportunidade para vários métodos de resolução. Os grupos de estudantes abordaram esta tarefa usando diversas

representações. Quando E₂₆ compartilhou a sua representação gráfica e explicação, E₂₇ expressa incerteza, não foi possível acompanhar a sua linha de raciocínio. A forma como a incerteza foi tratada por E₂₆ e o professor, são recursos pedagógicos importantes que iluminam o vínculo entre os princípios de autoridade, responsabilidade e problematização. Sem atenção para compartilhar autoridade, o professor pode se tornar a autoridade do conhecimento. Sua postura poderia ter sido sob a forma de avaliação do pensamento científico de E₂₆ ou da falta de compreensão de E₂₇, o que nessa troca de ideias, felizmente não aconteceu. Ele sugeriu aos alunos, por meio da autoridade compartilhada, que a aprendizagem inclui tanto a análise dos fenômenos, quanto a reflexão sobre as ideias compartilhadas.

A natureza abrangente da tarefa para o princípio da problematização é aparente nos recortes de segmentos discutidos. Quando uma tarefa bem escolhida fornece algum grau de incerteza, os estudantes necessariamente são envolvidos em falar sobre seus pensamentos. A escolha estratégica de representações para a discussão na classe forneceu uma oportunidade tanto para a criação de incerteza na tarefa quanto para tornar pública a construção de sentido entre as representações. Os estudantes perseveraram na resolução dos problemas, a fim de chegar a soluções que fossem aceitas pelos seus colegas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se ao final do estudo, que a combinação de grupos heterogêneos de alunos, executando tarefas de alto nível cognitivo, e contando com a assistência do professor/pesquisador, incluiu questionamentos feitos pelo professor propositalmente e com um sentimento de responsabilidade, possibilitando um ambiente de aprendizagem que facilita e potencializa a aprendizagem dos estudantes.

O trabalho apresenta evidências em grande escala de melhorias na aprendizagem dos alunos resultantes das práticas de ensino utilizadas e do ambiente de aprendizagem na sala de aula. Procurou-se explicar como o ambiente da sala de aula que apoiou a aprendizagem dos alunos através da utilização de uma variedade de elementos na tentativa de compreender a interação de muitas variáveis que se combinou para formar esse ambiente de aprendizagem. Os princípios de Engajamento Disciplinar Produtivo estavam claramente presentes no ambiente de aprendizagem que auxiliou a aprendizagem dos alunos.

O estudo demonstrou ainda, potencialidades no que diz respeito a aprendizagem dos estudantes, que se torna evidente quando o professor utilizou normas e formas específicas de discussão na sala de aula, que despertou um envolvimento ativo dos alunos no raciocínio sobre o conhecimento que eles estavam adquirindo. O termo “discussão responsável” refere-se a várias técnicas utilizadas pelos professores para incentivar a discussão racional e respeitosa em sala de aula. O uso de atividades de discussão responsável encoraja a participação dos estudantes nos debates através de três características da discussão responsável: consideração aos conhecimentos trabalhados, a prestação de contas à comunidade de aprendizagem e consideração ao pensamento científico rigoroso. Falar que é responsável perante a comunidade de aprendizagem, cria um ambiente de aprendizagem que proporciona aos alunos oportunidades para formular as suas próprias ideias e questionar as ideias dos outros.

Os estudantes escutaram cuidadosamente uns as ideias dos outros e forneciam razões para a concordância ou discordância com elas. A chegada em conclusões razoáveis e o desenvolvimento de conexões lógicas era o foco da conversa dos estudantes que se comportavam como responsáveis perante os padrões de raciocínio. “Dizer que é responsável perante o conhecimento, baseava-se explicitamente em fatos,

textos escritos ou outras informações acessíveis publicamente que todos os indivíduos pudessem acessar” (Michaels, O'Connor, e Resnick, 2008, p. 289). O objetivo do professor era orientar as discussões dos estudantes em direção aos conceitos e ideias quimicamente corretos.

O estudo representa um corpus substancial de pesquisa que reflete a ideia de que a aprendizagem é robusta quando os alunos são responsabilizados por se envolverem ativamente no raciocínio (Resnick & Hall, 1998). O princípio da problematização foi incorporado através da utilização cuidadosa de tarefas selecionadas, que forneceram algo de substancial, algo em que os alunos pudessem se envolver. O trabalho desenvolvido incentivou o uso de recursos através da promoção de debates entre os alunos; uns utilizaram os recursos dos outros como ideacionais e relacionais. Além disso, os alunos eram livres para criarem suas próprias ideias e construir seus conhecimentos sobre o pensamento dos seus colegas, levando à promulgação do princípio da autoridade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAR, C.A.A.P.; BARBOSA, L.M. **WebQuest, um desafio para o professor: uma solução inteligente para o uso da Internet.** São Paulo: Avercamp. 2008.
- BOALER, J., & STAPLES, M. (2008). **Creating mathematical futures through an equitable teaching approach: The case of Railside School.** Teachers College Record, 110, 608-645.
- COBB, P., & HODGE, L. L. (2002). **A relational perspective on issues of cultural diversity and equity as they play out in the mathematics classroom.** Mathematical thinking and learning, 4(2-3), 249-284.
- DODGE, Bernie. **Some Thoughts About WebQuests**, EUA, publicado em The Distance Educator, 1997. Disponível em: http://webquest.sdsu.edu/about_webquest.html. Acesso em 06/03/2016.
- ENGLE, R. A. (2011). **The productive disciplinary engagement framework: Origins, key concepts and developments.** In D. Y. Dai (Ed.), Design research on learning and thinking in educational settings: Enhancing intellectual growth and functioning (pp.161-200). London: Taylor & Francis.
- ENGLE, R. A., & CONANT, F. R. (2002). **Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom.** Cognition and Instruction, 20(4), 399-483
- ENGLE, R. A., CONANT, F. R., & GREENO, J. G. (2007). **Progressive refinement of hypotheses in video-supported research.** Video research in the learning sciences, 239-254.
- FORMAN, E.A., ENGLE, R.A., VENTURINI, P., & FORD, M.A. (2014). **Introduction to special issue: International examinations and extensions of the productive disciplinary engagement framework.** (2014). International Journal of Educational Research, (64), 149-155.
- HUFFERD-ACKLES, K., FUSON, K.C., & SHERIN, M.G. (2004). **Describing Levels and Components of a Math-Talk Learning Community.** Journal for Research in Mathematics Education, 35(2), 81-116.
- MERRIAN, S. B. **Case Study Research in Education.** San Francisco: Jossey Bass, 1988.
- MICHAELS, S., O'CONNOR, C., & RESNICK, L. B. (2008). **Deliberative discourse idealized and realized: Accountable talk in the classroom and in civic life.** Studies in Philosophy and Education, 27(4), 283-297.
- O'CONNOR, M. C., & MICHAELS, S. (1993). **Aligning academic task and participation status through revoicing: Analysis of a classroom discourse strategy.** Anthropology and Education Quarterly, 24, 318-318.

PATTON, M. G. **Qualitative Research and Evaluation Methods**. 3 ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

RESNICK, L. B., & HALL, M. W. (1998). **Learning organizations for sustainable education reform**. *Daedalus*, 127, 89-118.

STEIN, M. K., GROVER, B., & HENNINGSEN, M. (1996). **Building student capacity for mathematical thinking and reasoning: An analysis of mathematical tasks used in reform classrooms**. *American Educational Research Journal*, 33, 455-488.

TABAK, I., & BAUMGARTNER, E. (2004). **The teacher as partner: Exploring participant structures, symmetry, and identity work in scaffolding**. *Cognition and Instruction*, 22(4), 393-429.

YACKEL, E., & COBB, P. (1996). **Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics**. *Journal for research in mathematics education*, 458-477.