

SEÇÃO: ARTIGOS

MÉTODO *TEAM BASED LEARNING* NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE QUÍMICA INORGÂNICA APLICADA: UMA VISÃO SÓCIO-INTERACIONISTA

Bárbara Sprocati¹, Gustavo Bizarria Gibin², Ana Maria Pires³

RESUMO

Neste trabalho utilizou-se o método *Team-Based Learning* (TBL) para a aplicação de um minicurso sobre luminóforos baseados em terras raras, ministrado a ingressantes do curso de Licenciatura em Química da FCT/UNESP. No TBL é promovido o desenvolvimento dos alunos por meio do trabalho em grupo e do aprimoramento de suas individualidades. Esse método alinha-se ao referencial teórico de Vygotsky, que estabelece um estreitamento entre linguagem e pensamento, e um limiar entre o que um indivíduo é capaz de fazer sozinho e com auxílio externo, chamado de Zona de Desenvolvimento Proximal, ZDP. Tais conceitos foram considerados durante o minicurso, gerando dados que foram coletados na forma de questionários e gravações de áudio. Os resultados indicaram que o trabalho coletivo se sobressai. Essas conclusões concordam com o proposto pelo método utilizado e com o referencial teórico, ou seja, o trabalho em grupo promove melhorias no aprendizado dos estudantes.

Palavras-chave: Aprendizagem colaborativa. Metodologia ativa. Zona de desenvolvimento proximal. Terras raras. Ensino de Química.

Como citar este documento – ABNT

SPROCATI, Bárbara; GIBIN, Gustavo Bizarria; PIRES, Ana Maria. Método *Team Based Learning* no ensino e aprendizagem de Química Inorgânica aplicada: uma visão sócio-interacionista. *Revista Docência do Ensino Superior*, Belo Horizonte, v. 10, e015216, p. 1-32, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2020.15216>.

Recebido em: 18/09/2019
Aprovado em: 10/02/2020
Publicado em: 24/06/2020

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Presidente Prudente, SP, Brasil. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-9907>. E-mail: barbarasprocati@gmail.com.

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Presidente Prudente, SP, Brasil. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9473-255X>. E-mail: gustavo.gibin@unesp.br.

³ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Presidente Prudente, SP, Brasil. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-0510>. E-mail: ana.maria@unesp.br.

MÉTODO TEAM BASED LEARNING EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA INORGÁNICA APLICADA: UNA VISIÓN SOCIO-INTERACTIVA

RESUMEN

En este trabajo se utilizó el método *Team-Based Learning* (TBL), para la aplicación de un mini curso sobre luminóforos basados en tierras-raras que fue ministrado a ingresantes de Licenciatura en Química de la FCT/UNESP. En el TBL se promueve el desarrollo de los alumnos a través del trabajo grupal y o perfeccionamiento de sus individualidades. Este método se alinea al referencial teórico de Vygotsky, estableciendo un estrechamiento entre lenguaje y pensamiento, y un umbral entre lo que un individuo es capaz de hacer solo y con ayuda externa, llamada de Zona de Desarrollo Proximal, ZDP. Tales conceptos fueron considerados durante la aplicación del minicurso, generando datos que fueron recolectados en forma de cuestionarios y grabaciones de audio. Los resultados indicaron que el trabajo colectivo realmente sobresale. Estas conclusiones concuerdan con lo propuesto por el método utilizado y con el referencial teórico, o sea, el trabajo en grupo promueve mejoras en el aprendizaje de los estudiantes.

Palabras clave: Aprendizaje colaborativo. Metodología activa. Zona de desarrollo proximal. Tierras raras. Enseñanza de Química.

TEAM BASED LEARNING METHOD IN THE TEACHING AND LEARNING OF APPLIED INORGANIC CHEMISTRY: A SOCIO-INTERACTIONAL VIEW

ABSTRACT

In this work, the *Team-Based Learning* (TBL) method was used for the application of a mini-course on luminophores based on rare earths, given to new students in the Chemistry Degree course at FCT/UNESP. At TBL, students' development is promoted through group work and the improvement of their own individualities. This method is lined up with Vygotsky's theoretical framework, which establishes a narrowing between language and thought, and a threshold between what an individual is capable of doing alone and what it is capable of doing with external assistance, called the Zone of Proximal Development, ZPD. Such concepts were considered during the mini-course, generating data that was collected in the form of questionnaires and audio recordings. The results indicated that the collective work stands out over the individual one. These conclusions agree with what was proposed by the adopted method and also with the theoretical framework, that is, group work promotes improvements in student learning.

Keywords: Collaborative learning. Active methodology. Zone of proximal development. Rare earths. Chemistry teaching.

INTRODUÇÃO

Segundo Zucco, Pessine e Andrade (1999), alunos de um curso superior de Química devem ser capazes de utilizar seu conhecimento para questionar situações e encontrar soluções inteligentes para problemas. Todavia, segundo Santos *et al.* (2013), os ingressantes dos cursos de graduação em Química, de licenciatura ou bacharelado, apresentam dificuldade em visualizar os conceitos dessa área aplicados, mantendo uma visão limitada da Química em si.

As aplicações da Química Inorgânica, por exemplo, são vastas, uma delas é a síntese e o estudo das propriedades de materiais luminescentes baseados nos elementos terras raras. Sua relevância é descrita por Bünzli (2010), ressaltando sua relação com o avanço tecnológico e médico. Entretanto, essa aplicação não tem destaque nos cursos de graduação, mas é recorrente na pós-graduação, como relatado por Sousa Filho e Serra (2014), visto que as palavras-chave relacionadas aparecem em 10,4% das publicações em Química Inorgânica. Ou seja, muitos alunos só se familiarizam com esse assunto chegando à pós-graduação, mas suas bases poderiam ter sido oferecidas na graduação.

Segundo a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), os elementos terras raras compreendem do lantânio (La, Z = 57) ao lutécio (Lu, Z = 71), lantanídeos, acrescidos do ítrio (Y, Z = 39) e do escândio (Sc, Z = 21) (CONNELLY *et al.*, 2005). Suas utilizações devem-se às suas propriedades únicas, principalmente as espectroscópicas, que derivam de sua configuração eletrônica $[Xe]4f^n$ onde $n = (0, \dots, 14)$. Essas configurações geram uma variedade de níveis eletrônicos distintos, que possibilitam transições eletrônicas específicas para cada elemento, permitindo que tenham características luminescentes (SOUSA FILHO; SERRA, 2014). Materiais luminescentes, ou luminóforos, são majoritariamente sólidos inorgânicos compostos por uma rede hospedeira contendo dopantes, espécies introduzidas intencionalmente sendo as principais responsáveis pela luminescência (RONDA, 2008). Íons terras raras são utilizados como dopantes de matrizes inorgânicas, como óxidos, podendo também constituir o centro metálico de complexos luminescentes. Dependendo da fonte de excitação ou da natureza do material, eles podem ser aplicados em iluminação, telas geradoras de imagens, cintiladores (detectores de radiação ionizante), imageamento celular, entre outras (BÜNZLI, 2010; SOUSA FILHO; LIMA; SERRA, 2015).

A proposta deste trabalho é utilizar o *Team Based Learning*, TBL, um método de ensino desenvolvido para cursos de administração nos anos 1970, por Larry Michaelsen, idealizado para classes numerosas, em que o método tradicional não era capaz de contemplar suas necessidades. Alguns pontos positivos relatados na literatura são: a satisfação e motivação dos alunos; o comprometimento do estudante para realizar o preparo prévio; a interação entre os alunos durante o processo; o aperfeiçoamento da comunicação interpessoal; a formação de grupos de estudo, como detalhado por Krug *et al.* (2016).

Observando a importância atribuída pelo TBL ao trabalho grupal, identificam-se nele princípios do referencial teórico de Vygotsky (1978). Para esse autor, o processo de crescimento humano está relacionado a atividades sociais, sem as quais o desenvolvimento cognitivo não se dá adequadamente (COELHO; PISONI, 2012). Os indivíduos envolvidos utilizam a linguagem para interagir, fazendo com que todos aprimorem suas habilidades. Para Vygotsky (1978), a realização de uma tarefa com auxílio, sem o qual o indivíduo não a realizaria, é um exemplo de que a participação externa pode favorecer o desempenho do aluno, uma vez que tal ação ocorre na chamada Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) (FINO, 2001).

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram: aplicação do método TBL para o ensino de um tema de Química Inorgânica e estímulo da habilidade para trabalho grupal de alunos voluntários do primeiro ano da graduação em Licenciatura em Química da FCT/UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, campus de Presidente Prudente/SP.

REFERENCIAL TEÓRICO

Vygotsky (1978) desenvolveu sua teoria para explicar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, demonstrando uma conexão estreita entre pensamento e linguagem e, conseqüentemente, reconhecendo como o âmbito social influencia no desenvolvimento (COELHO; PISONI, 2012).

Segundo Fino (2001), os estudos de Vygotsky deram origem a uma vertente de pensamento chamada de Teoria Histórico-Cultural da Atividade, segundo a qual a atividade humana é mediada pelo uso de ferramentas e signos, que são criados e alterados pelos indivíduos como forma de se relacionarem. A função da ferramenta é atuar como mediadora entre o ser humano e o objeto da atividade, ela é externamente orientada e deve causar mudanças no objeto. Já o signo não provoca mudanças no objeto, é um meio de atividade interna, em que se apoia o desenvolvimento do próprio indivíduo, ou seja, é orientado internamente (FINO, 2001).

Vygotsky (1986) propõe a existência da Zona de Desenvolvimento Proximal, correspondente a uma área de iminente desenvolvimento cognitivo, que, entretanto, não pode ser acessada individualmente. Ela representa o intervalo entre o nível atual de desenvolvimento, que possibilita a capacidade de resolver problemas individualmente, e o nível de desenvolvimento potencial, caracterizado pelas funções superiores ainda em maturação, no qual ocorre a resolução de problemas sob a orientação e/ou colaboração de indivíduos mais capacitados. Para Vygotsky (1986), o desenvolvimento representa um processo de aprendizagem e aprimoramento do uso de ferramentas e signos, por meio da interação com indivíduos que já possuem tal conhecimento, destacando-se a linguagem. Com base nos

conceitos que permeiam a ZDP, ressalta-se que sua utilização intenta direcionar o ensino para as funções psicológicas ainda em construção. A ZDP não envolve apenas conhecimentos científicos, sua aplicação refere-se a tudo que um indivíduo pode aprender (CHAIKLIN, 2003).

Para Vygotsky (1986), o trabalho grupal pode promover resultados melhores que os obtidos individualmente, uma vez que, com a contribuição de mais de um indivíduo, o grupo cresce como um todo, já que todos atuam em suas ZDP (CHAIKLIN, 2003). Essa proposta de trabalho coletivo estabelece-se por meio da utilização do TBL, uma vez que esse método de ensino visa contemplar o desenvolvimento dos alunos de maneira conjunta por meio da realização de tarefas colaborativas, tornando-os participantes ativos de seu processo de aprendizagem (MICHAELSEN, 2004).

MÉTODO

Para apresentar o conteúdo proposto, elaborou-se um minicurso destinado a alunos do primeiro ano de Licenciatura em Química. Toda a turma foi convidada a participar, voluntariamente, desse minicurso e da pesquisa relacionada. Os que colaboraram foram devidamente instruídos acerca da forma de coleta de dados e da preservação da sua identidade associada à pesquisa, assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido referente ao trabalho desenvolvido. A montagem e aplicação do minicurso foram baseadas no TBL, e sua implementação implicou na divisão do tema em duas partes principais, com atividades de preparação e aplicação (MICHAELSEN, 2004), como apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Etapas de um módulo do TBL
Fonte: reproduzida de Oliveira, Araujo e Veit (2016).

Inicialmente, os alunos deveriam estar cientes do funcionamento do método, de forma que, ao serem convidados, a proposta lhes foi explicada utilizando a Figura 1. Para realizarem o proposto, era indispensável sua compreensão e comprometimento com o método. Sendo assim, iniciada a fase de preparação, os estudantes realizaram um estudo preparatório, extraclasse, referente ao que seria discutido. Os materiais para estudo foram: a) uma apresentação em formato PDF, com o conteúdo detalhado, de autoria da pesquisadora; b) vídeos exemplificando as aplicações e características dos materiais citados, disponíveis no YouTube⁴. O material foi fornecido com antecedência de dois dias, seguindo as recomendações do método, descritas por Oliveira, Araujo e Veit (2016).

No primeiro dia do minicurso, sequencialmente à fase de preparação, os alunos receberam um teste de preparação individual, disponível no Apêndice 1, referente ao conteúdo do estudo prévio. O teste tinha como objetivo auxiliá-los na identificação de dúvidas e conceitos que não ficaram claros durante o estudo prévio. Para responder esse teste, eles deveriam elencar de um a cinco as respostas de múltipla escolha, cinco correspondendo à alternativa que consideravam mais correta e um à menos correta. Se o aluno elencasse a alternativa correta com o número cinco, faria quatro pontos. Se elencasse a resposta correta com o número quatro, faria três pontos, e assim sucessivamente. Se a resposta correta estivesse com o número um, o aluno não pontuava naquela questão. As respostas foram recolhidas e a pontuação contabilizada para análise (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016).

Posteriormente, realizou-se o teste de preparação em equipe, que apresentou as mesmas questões do teste individual, Apêndice 1, mas com as alternativas ordenadas diferentemente, para evitar a reprodução de respostas. Os grupos foram definidos aleatoriamente, para evitar que as relações pessoais interferissem nas decisões. Nessa fase, os alunos dialogaram para determinar qual era a resposta correta, sendo este o objetivo da aplicação desse teste, uma vez que, segundo Vygotsky (1986), o trabalho colaborativo favorece a construção de conhecimento. O debate dentro dos grupos foi registrado em áudio por um de seus integrantes, visando verificar como o processo de definir a resposta acontecia e como o conceito correto era construído por meio do trabalho em equipe. Posteriormente, os registros em áudio foram transcritos para análise (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016).

Durante o teste coletivo, realizou-se um *feedback* utilizando-se Cartões de Correção Instantânea (CCI), disponíveis no Apêndice 2, semelhantes às “raspadinhas”. Nestes, a alternativa correta estava indicada pelo símbolo “joinha” e as alternativas erradas por um espaço em branco. Se os alunos revelassem a resposta no cartão e não encontrassem o

⁴ Links dos vídeos disponíveis no YouTube:

Bioluminescência: <https://www.youtube.com/watch?v=TGI6Tq-4-mk>.

Alguns materiais luminescentes: <https://www.youtube.com/watch?v=fuuBnIE5Jjw>.

“joinha”, deveriam discutir a questão novamente. Todas as questões possuíam cinco alternativas; então, se acertassem na primeira tentativa, a equipe recebia quatro pontos na questão, tal pontuação correspondia ao número de retângulos não revelados, e assim sucessivamente. Se todas as alternativas fossem reveladas, a equipe não pontuava (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016). Essa pontuação foi utilizada para avaliar o desempenho da equipe comparativamente aos dados coletados nos testes individuais.

Os dados obtidos nos áudios serviram para estudar a tomada de decisão e construção de conhecimento por meio do debate e da utilização da linguagem, que segundo Vygotsky (1986) favorecem a aprendizagem, porque ajudam a estruturar o pensamento. Os dados dos questionários foram analisados quanto à pontuação atingida, e construiu-se o Gráfico 1, para comparar os resultados observados. Essa comparação foi realizada para verificar se a pontuação era melhor de maneira individual ou grupal e esperava-se que os resultados do trabalho conjunto fossem superiores àqueles obtidos individualmente.

Finalizados os testes coletivos, os alunos tiveram direito a uma apelação, em que puderam recorrer à pesquisadora caso acreditassem que alguma questão estava com a resposta incorreta ou mal formulada. Para isso, eles deveriam arguir e mostrar por que estavam corretos, e apenas o grupo que realizasse a apelação, e se esta fosse aceita, teria direito aos pontos da questão. Por fim, a pesquisadora fez uma explanação dos conteúdos, para sanar quaisquer dúvidas restantes (KRUG *et al.*, 2016).

Iniciando a fase de aplicação, os alunos receberam sugestões de pesquisa, baseadas no que foi discutido no minicurso, e ficou a critério de cada um realizá-la ou não. Destacou-se a importância de sua realização, já que esses conhecimentos seriam utilizados na atividade, mas não houve caráter obrigatório, pois um dos princípios do TBL é o desenvolvimento da responsabilidade (MICHAELSEN, 2004).

No segundo dia do minicurso, os alunos realizaram uma atividade de aplicação mais complexa, um estudo de caso, disponível no Apêndice 3, que, segundo Sá, Francisco e Queiroz (2007), trata-se de um método que permite aos alunos gerenciar sua aprendizagem, lidando com fatos, personagens e conceitos visando solucionar um problema relativamente complexo baseado no assunto que está sendo discutido.

Para isso, os grupos foram aleatoriamente redistribuídos, estimulando o compartilhamento de informações entre os alunos. Cada grupo recebeu problemáticas semelhantes, todavia o questionamento de cada uma era diferente, para que ao fim eles pudessem compartilhar as conclusões a que chegaram e debater sobre elas (KRUG *et al.*, 2016). Os grupos escreveram suas conclusões e estas foram recolhidas para análise de como haviam chegado à resposta. Para a elaboração dos estudos de caso, consideraram-se algumas aproximações de conceitos

que eram complexos para a estrutura proposta pelo minicurso, sem que tais conceitos fossem comprometidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros dados coletados foram dos testes de preparação individuais, que, juntamente com os testes de preparação em equipe, tinham a finalidade de indicar para todos os envolvidos onde estavam as dúvidas dos alunos (KRUG *et al.*, 2016).

Treze alunos participaram voluntariamente do minicurso, e os resultados obtidos no teste de preparação individual estão dispostos no Gráfico 1. A pontuação máxima do teste era 20 pontos.

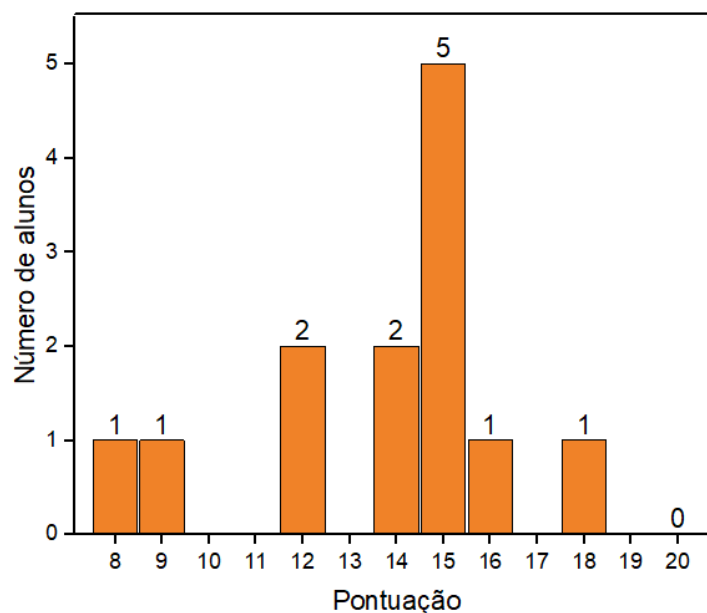


Gráfico 1 – Resultados do teste de preparação individual, cuja pontuação máxima era 20 pontos
Fonte: elaborado pelos autores, 2018.

Observa-se, no Gráfico 1, que a maior parte dos alunos, cinco deles, obteve uma pontuação de 15 pontos. Nenhum obteve a pontuação máxima, sendo que apenas um fez 18 pontos. Durante a correção dos testes individuais, observou-se que a maior quantidade de erros aconteceu nas últimas questões. Tais questões versavam sobre o conteúdo final do material fornecido, que era relativamente extenso, tentando contemplar o necessário. Não é possível precisar a origem dessas dúvidas, já que podem estar relacionadas às características individuais de cada um. Assim, nas etapas subsequentes do minicurso intentou-se saná-las, conforme proposto pelo TBL, que, de acordo com Oliveira, Araujo e Veit (2016), favorece o esclarecimento acerca dos conteúdos por meio do trabalho colaborativo.

Para o prosseguimento do minicurso e a aplicação do teste de preparação em equipe, os alunos foram divididos em três grupos, os grupos I e III, com quatro alunos, e o grupo II, com cinco alunos. O grupo I fez 14 pontos, o grupo II fez 18 pontos e o grupo III fez 16 pontos. Dois dos grupos obtiveram pontuações acima do valor predominante nos testes individuais, de 15 pontos (vide Gráfico 1), e um dos grupos obteve pontuação inferior. Todavia, este valor não pôde ser observado negativamente, pois pela observação notou-se que o trabalho grupal possibilitou crescimento e esclarecimento aos alunos em relação ao teste individual, como explicitado nos trechos de áudio.

Os registros de áudio obtidos foram transcritos e sua análise aconteceu quanto ao processo da construção do conceito e da determinação da resposta correta. Segundo Vygotsky (1986), o trabalho grupal favorece a atuação na ZDP, já que os integrantes estão compartilhando informações e aprimorando o uso de um signo: a linguagem, por meio da qual ocorre a internalização do conceito trabalhado e o favorecimento do desenvolvimento cognitivo.

O grupo I apresentou facilidade nas primeiras questões do teste, obtendo uma discussão rica em informações, favorecendo a tomada da decisão, como pode ser observado nos trechos do áudio. Os alunos foram aleatoriamente identificados pelas letras de A a D, e o trecho apresentado refere-se a duas questões, que pediam, respectivamente, para encontrarem a característica comum às ondas eletromagnéticas e para identificarem qual era a descrição correta para o processo de emissão segundo Bohr (APÊNDICE 1):

"[...] Assim, pelo que estudei dos slides tem uma formulinha ' $c=\lambda \cdot f$ ', aí o ' c ' é a velocidade, o ' λ ' é o comprimento de onda e o ' f ' é a frequência. No vácuo, o λ e a frequência eles podem ser diferentes, mas a velocidade tem que ser igual" (Aluno A).

"Sim..." (Aluno C).

"Certo?" (Aluno A).

"Eu tava (sic) em dúvida, mas aí eu lembrei [...]" (Aluno B).

"[...] Vamos lá, primeiro, antes de ler as questões, quando a gente fala do postulado de Bohr, vocês lembram o que era o postulado de Bohr?" (Aluno A).

"A da bolinha assim..." (Aluno B).

"A que fala que você tem que uma pacote (sic) de energia..." (Aluno C).

"Que chama quantum" (Aluno D).

"Isso o quantum. Aí a energia, ela..." (Aluno A).

"Quando ela é excitada ela pula de um nível para o outro..." (Aluno C).

“Do nível mais interno para o externo” (Aluno A).

“Isso” (Aluno D).

“Isso libera a energia em forma de luz [...]” (Aluno A).

(Registro de áudio coletado durante aplicação. Autoria da pesquisadora, 2018).

Observou-se que todos participaram ativamente, nenhum ficando responsável sozinho pelas respostas, favorecendo os debates. Inicialmente discutiam a característica comum das ondas eletromagnéticas, que é sua velocidade ser igual à da luz (c), e que os comprimentos de onda (λ) e frequências (f) variam de uma onda para outra. A questão seguinte tratava dos postulados de Bohr relacionados ao processo de emissão de luz, envolvendo os conceitos: a) elétrons se movem ao redor do núcleo em um número limitado de órbitas estacionárias e, ao se moverem em uma delas, não absorvem nem emitem energia; b) para mover-se de uma órbita estacionária para outra, o elétron absorve uma quantidade definida de energia, chamada *quantum*, e depois, retornando para sua órbita fundamental, emite energia na forma de luz (ATKINS; JONES, 2012). Por meio da combinação dos conhecimentos de todos, o grupo foi capaz de chegar às respostas adequadamente, mostrando que atuaram em suas ZDP, como descrito por Vygotsky (1986).

Nas duas últimas questões do teste, entretanto, o grupo teve dificuldade, o que ficou evidente em trechos do áudio como o seguinte, em que debatiam sobre os possíveis componentes de LEDs (*Light-Emitting Diode*) e OLEDs (*Organic Light-Emitting Diode*):

“[...] Quatro: é sobre LED e OLED” (Aluno A).

“Essa eu fiquei bem em dúvida hein (sic)” (Aluno C).

“Essa aí eu não lembro” (Aluno B).

“Eu achei difícil” (Aluno C).

“Eu também” (Aluno B).

“Pra mim foi a mais difícil [...]” (Aluno D).

(Registro de áudio coletado durante aplicação. Autoria da pesquisadora, 2018).

Nota-se aqui o valor do CCI (APÊNDICE 2), relatado por Oliveira, Araujo e Veit (2016), dada a possibilidade de visualizarem e discutirem seus equívocos. Isto permitiu que compreendessem o porquê de uma alternativa estar errada, o que os orientou à resposta correta, como observa-se no seguinte trecho, ainda sobre a questão a respeito das características dos LEDs e OLEDs:

"[...] Não, não é a 'b'" (Aluno A).

"Gente..." (Aluno C).

"Então eu acho que..." (Aluno D).

"Ó, transições dos elétrons de valência, ou as propriedades eletrônicas?" (Aluno A).

"Tinha alguma coisa falando sobre as propriedades eletrônicas, não tinha, que era única? Alguma coisa assim..." (Aluno B).

"Talvez seja" (Aluno C).

"Porque é a 'c' ou a 'd'" (Aluno D).

"Acho que talvez seja a 'c' mesmo porque ó, é, LEDs podem conter materiais óxidos dopados com terra rasa (sic), e OLEDs podem materiais complexos em que o centro metálico é um terra rara, então os dois falam sobre terra rara" (Aluno A).

"Vamo (sic) tentar a 'c'" (Aluno B).

~Abrindo a janelinha do CCl~ (Aluno B).

"É a 'c' mesmo [...]" (Aluno A).

(Registro de áudio coletado durante aplicação. Autoria da pesquisadora, 2018).

O grupo II também demonstrou domínio sobre os conceitos das primeiras questões (APÊNDICE 1), contudo, no início, observou-se certa irregularidade no debate, pois, mesmo que todos os alunos falassem, alguns pouco contribuíram para a discussão, isso pode ter ocorrido por diversos fatores que são inerentes aos indivíduos e não podem ser precisados. No trecho a seguir, observa-se essa tendência, enquanto debatem a questão referente às características das ondas eletromagnéticas:

"[...]. Então a velocidade no vácuo é uma constante, entendeu? Porque a velocidade no vácuo é a velocidade da luz, e a luz se propaga do mesmo jeito no vácuo, então, tipo, uma luz não vai ser mais rápida que a outra, por causa que é sempre o mesmo, radiação eletromagnética vai ter essa velocidade, que é a velocidade de onda em um vácuo entendeu? Então qual vocês acham que seja? Tipo, todo mundo tem que falar, o que vocês acham" (Aluno A).

"Agora tá entre a 'a' e a 'c', que é velocidades iguais" (Aluno D).

"Não sei" (Aluno C).

"Eu não posso falar (sic), lembro da resposta do vestibular" (Aluno E).

“Mas na ‘c’ é diferente as velocidades” (Aluno B).

“Na verdade a ‘c’ é...” (Aluno D).

“A única em que as velocidades são iguais é na ‘a’” (Aluno B).

“É verdade” (Aluno C).

“Aí o comprimento de onda é diferente porque, tipo, o comprimento de onda do vermelho é maior que da parte violeta, por causa que a frequência do violeta é maior, a frequência é inversamente proporcional ao comprimento da onda [...]” (Aluno A).

(Registro de áudio coletado durante aplicação. Autoria da pesquisadora, 2018).

Observa-se a discussão a respeito das ondas eletromagnéticas e suas propriedades, como supracitado (ATKINS; JONES, 2012), e percebe-se que o aluno A conduziu as explicações, corretamente, enquanto os demais debatiam sobre o que ele havia dito. Posteriormente, a conversa equilibrou-se.

O grupo II apresentou dificuldades ao responder uma das questões, de forma que a discussão superou o tempo de gravação do aparelho utilizado. Devido a isso, não existem registros de áudio da parte final do debate da penúltima questão e nenhum registro da última questão (APÊNDICE 1). As informações coletadas sobre esta parte da atividade foram anotações da pesquisadora.

A discussão permaneceu equilibrada até a penúltima questão, e, na última, o aluno A assumiu novamente o papel, como chama Vygotsky (1978), de participante mais apto, ao direcionar os rumos da resposta, explicando acertadamente o tema discutido.

No grupo III todos os integrantes participaram ativamente do debate e, analogamente aos demais, não tiveram problemas nas primeiras questões. Entretanto, notou-se uma diferença: o uso de uma ferramenta. Segundo Fino (2001), a função da ferramenta é orientar ou mediar mudanças em um objeto de ação, e no grupo III eles utilizaram a escrita para auxiliar o debate. Realizando uma ação concreta na folha do teste, a ferramenta atuava juntamente ao signo, a linguagem, para a internalização da informação discutida. Em um dos trechos observa-se a significância gerada pela ferramenta, quando um dos integrantes desenhou para exemplificar seu raciocínio na questão que tratava das ondas eletromagnéticas (APÊNDICE 1):

“[...] É que imagina assim, uma onda de 300, 400, alguma coisa, nanômetro aí seja verde (sic), nossa que onda feia, mas serve, aí outra seja amarela, é diferente o...” (Aluno A).

“O comprimento” (Aluno D).

“Sim” (Aluno C).

“Porque se vê lá no slide, ela mostrô (sic) lá o espectro, que vai diminuindo e outro vai aumentando” (Aluno A).

“A gente só consegue ver aquela parte pequenininha, que é só espectro visível, eu acho que tá outro nome” (Aluno B).

“Tem a parte da luz visível, aí tem as frequências e aí no ultravioleta...” (Aluno D).

“Isso no ultravioleta acho que é a maior, não, acho que a de rádio acho que é a maior, eu não me lembro certo” (Aluno A).

“É, é a primeira que era a de rádio, que comparava com o edifício” (Aluno C).

“Então a ultravioleta era a última [...]” (Aluno A).

(Registro de áudio coletado durante aplicação. Autoria da pesquisadora, 2018).

Nessa questão, a fim de determinar a característica comum às ondas eletromagnéticas, os alunos ilustraram parte de um espectro, em que era possível notar que o comprimento de onda e a frequência variam de acordo com a onda, mas a velocidade permanece constante, igual à da luz (ATKINS; JONES, 2012).

A complementação que faziam aos seus pensamentos mostrou espírito de equipe, um dos pontos positivos do método, destacado por Krug *et al.* (2016), pois assim todo o debate fluiu de maneira contínua, valorizando-se as ideias de todos.

Como nos demais grupos, as últimas questões foram difíceis para o grupo III, de forma que deixaram a penúltima questão para o fim. Na última, que tratava de cintiladores e radiações ionizantes, foram capazes de agregar conceitos que não estavam no material de apoio ao debate, demonstrando comprometimento, pois isso indicou estudos complementares, além de serem os únicos a citar os vídeos de apoio, como no seguinte trecho:

“[...]. Um rastreador de partículas composto por um cintilador, baseado metais de transição interna” (Aluno A).

“Eu acho que não é esse” (Aluno D).

“O que é transição interna?” (Aluno C).

“É tipo o ferro, níquel” (Aluno B).

“Os de transição mesmo. Um rastreador de partículas... Os metais de transição têm alguma coisa com radiação? Eles pode (sic) absorver?...” (Aluno A).

“Eu acho que o... a prata pode...” (Aluno B).

“A prata tá aonde (sic)?” (Aluno D).

“Acho que chumbo também né. Chumbo absorve radiação” (Aluno C).

“Mais aí ele não detecta, ele só absorve” (Aluno A).

“Então dexa (sic) metal de transição” (Aluno B).

“Eu tinha visto no vídeo que ela mandô (sic), acho que era desse cintilador, que é tipo um equipamento, aí ele apagava a luz e colocava esse equipamento aí começava a vir a luz...” (Aluno C).

“Era ultravioleta a luz? [...]” (Aluno A).

(Registro de áudio coletado durante aplicação. Autoria da pesquisadora, 2018).

Os alunos debatiam então a natureza de cintiladores, que são materiais em que ocorre a emissão de fótons após a excitação de átomos e/ou moléculas por radiação γ ou radiação de partículas, ou seja, são capazes de converter essas radiações em luz (visível ou UV), podendo ser utilizados como detectores de radiação, rastreadores de partículas, etc. (DIBIANCA *et al.*, 1985).

Chegando à conclusão para a questão supracitada, o grupo III retornou à anterior, discutindo-a até chegar à resposta plausível. Novamente, o uso da ferramenta aliada ao signo mostrou-se vantajoso, auxiliando-os a encontrar a resposta adequada. Neste ponto, o emprego do CCI (APÊNDICE 2) destacou-se, pois impeliu os alunos a debaterem o assunto até encontrarem a resposta correta, evitando chutes e/ou o abandono da questão, como eles próprios notaram:

“[...] Ah pode ser, uma hora a gente acerta” (Aluno D).

“Tenta, vai que o cintilador era a substância e não o equipamento...” (Aluno B).

“Então vai ser o ‘a’” (Aluno C).

“Sim... Tem 33 % de chance de acertá (sic)” (Aluno D).

“Eu normalmente deixaria, mas tem que ir até achá (sic)” (Aluno A).

~Abrindo a janelinha do CCI~

“Aê (*sic*)” (Aluno C).

“Ah, alá (*sic*)” (Aluno D).

“Nossa...” (Aluno A).

“Foi a primeira que a gente tirou” (Aluno B).

“Foi... (*risos*) [...]” (Aluno A).

(Registro de áudio coletado durante aplicação. Autoria da pesquisadora, 2018).

O grupo III aproximou-se mais do esperado tanto pelo método quanto pelo referencial teórico, mostrando que não necessariamente altas pontuações no TBL correspondem a uma aprendizagem superior, já que tiveram a possibilidade de debater os conteúdos e tornar-se parte ativa do processo (KRUG *et al.*, 2016).

O comparativo aqui estabelecido entre as notas dos testes individuais e em equipe visava ilustrar a tendência esperada durante a aplicação do TBL; todavia, as vantagens do trabalho grupal ficaram evidenciadas pelas discussões dentro dos grupos, como mostrado nos trechos dos áudios. Nota-se a discussão ocorrendo nas ZDP, como proposto por Vygotsky (1986), de acordo com o método, em que o debate é estimulado (KRUG *et al.*, 2016).

Finalizados os testes conceituais em equipe, seguiu-se a arguição. Nenhum grupo recorreu nas questões por considerar que alguma delas estivesse incorreta, mas buscaram sanar as dúvidas remanescentes orientados pelos testes conceituais. Todas as questões foram rediscutidas, com auxílio do material de apoio, pois, conforme conversavam, surgiram novos questionamentos, mas, de acordo com o observado, as últimas questões foram largamente explanadas sanando as dúvidas e capacitando-os a prosseguir para a etapa seguinte (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016).

Finalizado o primeiro dia do minicurso, os alunos receberam orientações para realizarem pesquisas adicionais, como proposto por Michaelsen (2004), para então, no segundo dia, realizarem uma atividade de complexidade superior às finalizadas. Tal atividade foi um estudo de caso, que é a instrução pelo uso de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas, de forma a imergir os alunos nos temas discutidos para que possam aprimorar suas habilidades (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007).

No dia da realização do estudo de caso, participaram apenas dez alunos dos treze iniciais, de forma que os grupos foram redistribuídos, devido à alteração no número de voluntários e para diversificar as interações, ampliando ao máximo a experiência dos participantes no trabalho grupal.

A distinção da problemática dos estudos de caso (APÊNDICE 3), como já mencionado no método, estabeleceu-se para promover a necessidade de uma breve explicação de um grupo para os demais, estimulando a capacidade de discorrer sobre o assunto e explicá-lo quando necessário (KRUG *et al.*, 2016).

Assim, os três novos grupos receberam, aleatoriamente, uma proposta de estudo de caso, ficando identificados de acordo com tal proposta, sendo eles: grupo do bário (Ba), grupo do complexo e grupo das cores. Todos os estudos de caso contavam sobre um laboratório de pesquisa que estava sendo espionado e sabotado e a função dos participantes era determinar quem era o culpado e propor uma forma de encontrar o ponto de sabotagem, de onde vazava radiação. Cada um deles possuía, a partir daí, informações e dicas diferentes, que os levariam até a conclusão.

O caso do grupo do Ba falava sobre um composto de bário que podia ser matriz para luminóforos, então os alunos deveriam encontrar o possível dopante e, conseqüentemente, o espião, de acordo com as informações apresentadas, e propor uma maneira de detectar radiações ionizantes. Após debaterem o problema apresentado, foi-lhes solicitado que elaborassem e redigissem uma resposta que indicasse como solucionaram o caso. Tal resposta está apresentada na Figura 2.

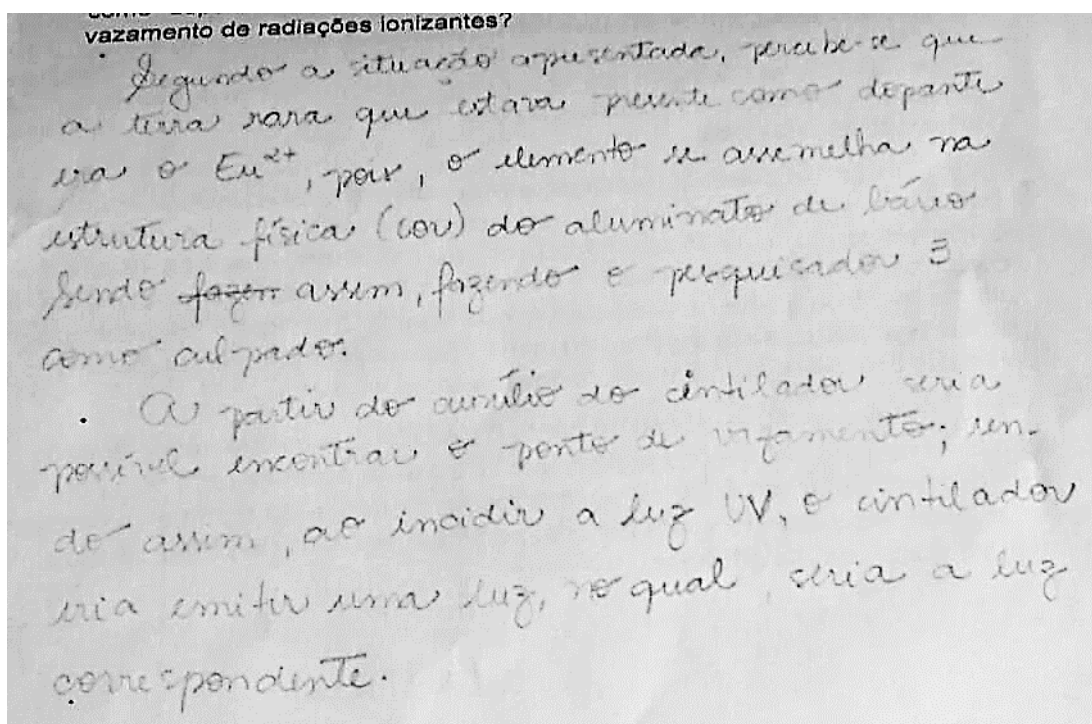


Figura 2 – Resposta apresentada pelo grupo do Ba

Fonte: autoria do grupo do Ba, 2018.

O grupo teve um pouco de dificuldade inicialmente, mas, após receberem um breve direcionamento da pesquisadora, concluíram que o íon európio divalente (Eu^{2+}) era o

dopante, embora partindo de uma premissa equivocada, pois assumiram que a matriz possuía a mesma cor que o íon, fato não verídico. Atribuíram o íon metálico correto, mas deveriam tê-lo feito de acordo com seu número de oxidação, que coincide com o do bário na matriz apresentada. Portanto, descobriram que o espião era o pesquisador 3. Eles corretamente indicaram que um cintilador poderia ser utilizado para encontrar a fonte de radiação, mas incluíram a incidência de luz ultravioleta (UV), que não era necessária, mesmo assim, o conceito referente ao cintilador estava presente.

Durante a apresentação de suas conclusões, explicaram sua resposta e foram auxiliados pela pesquisadora a encontrar e corrigir os equívocos cometidos. Foram bem-sucedidos e notou-se que os três integrantes participaram ativamente da tomada de decisão e da apresentação dos resultados, indicativo de um trabalho em equipe que foi desenvolvido durante a realização da atividade, consequência da aplicação do método TBL em concordância com o referencial teórico de Vygotsky (1986).

O grupo do complexo deveria solucionar o mesmo problema descobrindo o centro metálico para o complexo citado com base na região de emissão apresentada no caso, consultando as informações disponíveis, e então determinar quem era o espião, propondo uma maneira de detectar radiações ionizantes. A resposta elaborada está apresentada na Figura 3.

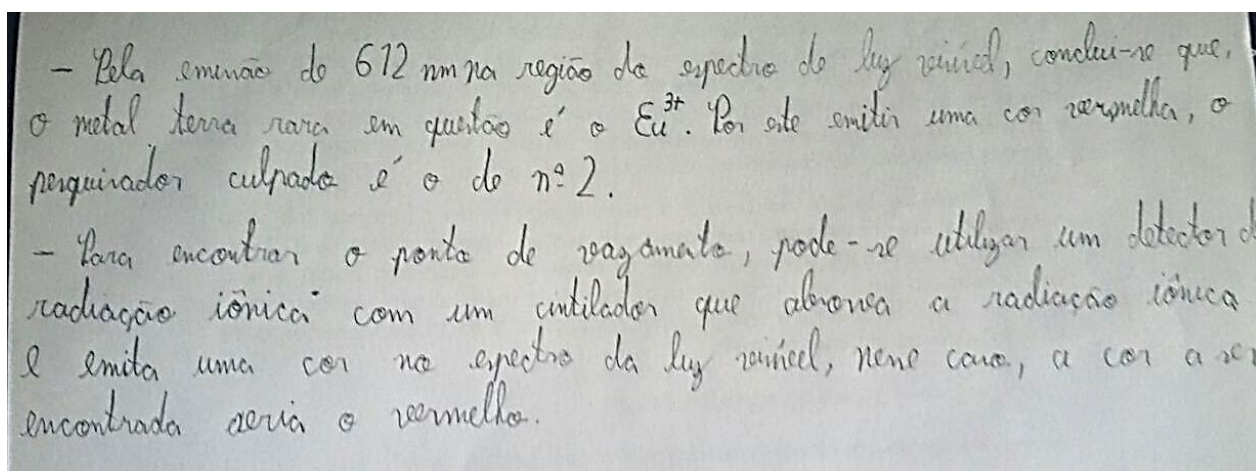


Figura 3 – Resposta apresentada pelo grupo do complexo

Fonte: autoria do grupo do complexo, 2018.

Foram bem-sucedidos e não necessitaram de auxílio da pesquisadora, rapidamente chegando à conclusão que a região de 612 nm seria compatível com a emissão do íon európio trivalente (Eu^{3+}), acusando assim o pesquisador 2, e em seguida propuseram a utilização do cintilador para a detecção da radiação. Neste ponto, disseram que, após absorver a radiação ionizante, o cintilador emitiria uma luminosidade vermelha, por atribuírem a ele as mesmas características de emissão do complexo, o que não está

precisamente errado, pois um cintilador pode emitir na região do vermelho, entretanto, não necessariamente é baseado em um complexo como o descrito no caso.

A pesquisadora esclareceu que o cintilador poderia ter uma natureza totalmente distinta, e que naquele momento não era necessário que soubessem tais detalhes, mas sim suas utilizações gerais. Houve uma interação entre todos os integrantes do grupo que permitiu a elaboração de uma conclusão à qual chegaram por meio do trabalho em equipe, como proposto pelo método (KRUG *et al.*, 2016).

Finalmente, o grupo das cores tinha que determinar qual cor apresentada não pertencia ao sistema RGB (*Red, Green and Blue*)⁵, descobrir os metais da co-dopagem para obter essa cor, determinar quem era o espião e então sugerir como detectar radiações de partículas. A resposta fornecida está na Figura 4.

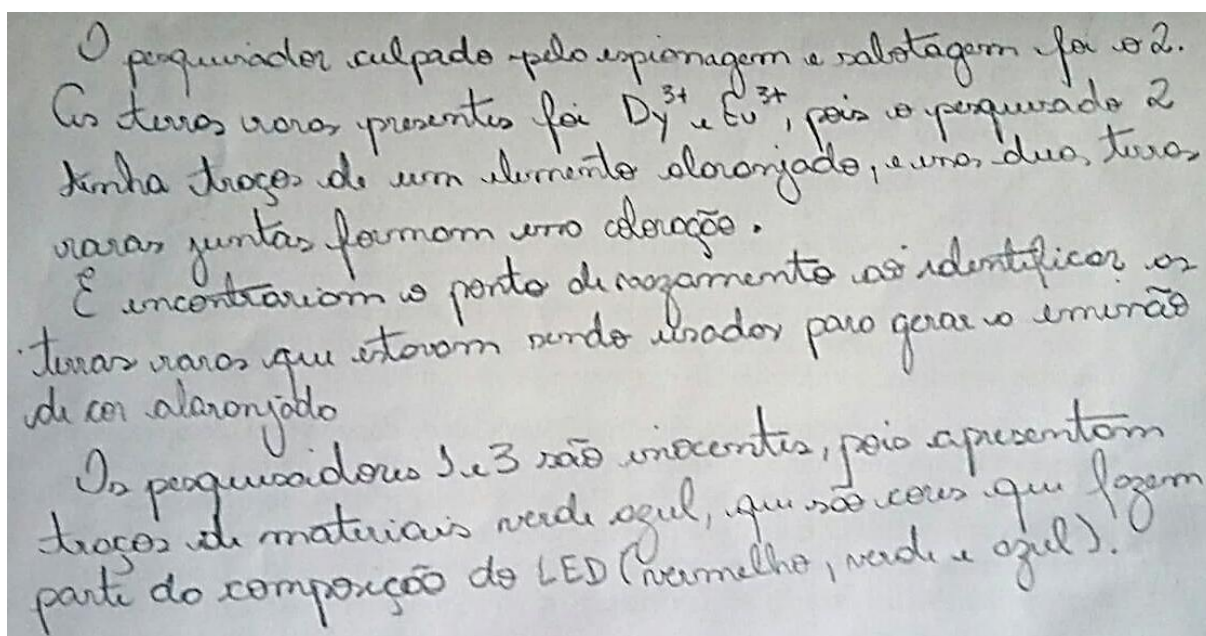


Figura 4 – Resposta apresentada pelo grupo das cores
Fonte: autoria do grupo das cores, 2018.

Identificaram o alaranjado como não pertencente ao sistema RGB e os íons metálicos európio trivalente (Eu^{3+}) e disprósio trivalente (Dy^{3+}) como dopantes, já que sua combinação gerava o alaranjado e acusava o pesquisador 2. Contudo, na segunda parte, não se lembraram dos rastreadores de partículas baseados em cintiladores, e apontaram que ao descobrir os dopantes do luminóforo poderiam encontrar a fonte de vazamento.

⁵ RGB é a abreviatura de um modelo de cor em que as três cores primárias aditivas, no caso o Vermelho (Red), o Verde (Green) e o Azul (Blue), são combinadas de várias formas para reproduzir um espectro cromático (TILLEY, 2011).

Para identificar a forma de encontrar o vazamento receberam ajuda dos colegas, construindo assim a resposta final, fato esse que enfatizou os benefícios do TBL, pois o auxílio ocorreu sem que a pesquisadora solicitasse, ou seja, eles compreenderam o valor do trabalho grupal (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016).

Os alunos do grupo das cores também discutiram o problema e esforçaram-se para lembrar-se do que aprenderam. Posteriormente, com todos os alunos, conseguiram estabelecer uma discussão de qualidade, mostrando que, trabalhando em suas ZDPs, aprimoravam os conhecimentos adquiridos (CHAIKLIN, 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram concordância entre a teoria de Vygotsky e o proposto pelo TBL, pois ambos valorizam o trabalho grupal, considerando o aprendizado coletivo mais efetivo, já que os alunos puderam compreender os conceitos de luminescência apresentados. Na realização do trabalho grupal, o debate possibilitou o esclarecimento de dúvidas e o aprimoramento de aptidões sociais, fato relacionado à combinação de método, referencial teórico e forma de realização do trabalho, além do comprometimento dos alunos em realizar o proposto. Este trabalho mostra que o TBL é adequado para o ensino de Química, gerando resultados promissores. O *feedback* dos alunos foi positivo, ficaram satisfeitos com a experiência de possuírem papel ativo em sua formação, destaque deste método (KRUG *et al.*, 2016).

Contudo, o TBL requer comprometimento por parte dos alunos e do docente, que deve estar capacitado para aplicá-lo, evidenciando-se aqui a necessidade de aprimoramento das competências dos profissionais de ensino, já que assim serão capazes de proporcionar aos alunos, e também futuros professores, um ensino mais construtivista e participativo, como proposto por Vygotsky (1978).

Ademais, o TBL é um método que estimula a leitura e a pesquisa (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016), hábitos que devem ser cultivados não somente para fins acadêmicos e que os alunos podem às vezes negligenciar. Teixeira Júnior e Silva (2007), em seu estudo, apontaram que os calouros possuem baixa frequência de leitura e que o contato com a literatura, acadêmica ou não, é parte primordial de sua formação.

Além disso, o tempo de preparo e aplicação do TBL é maior do que aquele empregado em métodos tradicionais, demandando aos professores adaptações em sua prática, com planejamento antecipado das atividades e disponibilização de todos os materiais necessários. Ainda assim, as informações coletadas sugerem que as características positivas superam os desafios do TBL, pois o crescimento acadêmico e social dos estudantes é favorecido, principalmente quando aplicado com base em referenciais teóricos, como o de Vygotsky (1978).

REFERÊNCIAS

ATKINS, Peter William; JONES, Loretta. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BÜNZLI, Jean-Claude Georges. Lanthanide Luminescence for Biomedical Analyses and Imaging. *Chemical Review*, Washington, v. 110, n. 5, p. 2729-2755, nov./dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1021/cr900362e>.

CHAIKLIN, Seth. The zone of proximal development in Vygotsky's analysis of learning and instruction. In: KOZULIN, A. et al. (org.). *Vygotsky's educational theory in cultural context*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

COELHO, Luana; PISONI, Silene. Vygotsky: sua teoria e a influência na educação. *Revista e-Ped – FACOS/CNEC Osório*, Osório/RS, v. 2, n. 1, p. 144-152, ago. 2012.

CONNELLY, Neil G. et al. *IUPAC Nomenclature of Inorganic Chemistry, Recommendations 2005*. Cambridge: RSC Publishing, 2005.

DIBIANCA, Frank A. et al. *General Electric Company: rare earth ceramic scintillator*. United States, patent US 4525628. Jun. 25, 1985.

FINO, Carlos Nogueira. Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. *Revista Portuguesa de Educação*, Braga, v. 14, n. 2, p. 273-291, 2001.

KRUG, Rodrigo de Rosso et al. O “Bê-Á-Bá” da Aprendizagem Baseada em Equipe. *Revista Brasileira de Educação Médica*, Porto Alegre, v. 40, n. 4, p. 602-610, fev. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-52712015v40n4e00452015>.

MICHAELSEN, Larry K. Getting Started with Team-Based Learning. In: MICHAELSEN, Larry K.; KNIGHT, Arletta Bauman; FINK, L. Dee. *Team-Based Learning: a transformative use of small groups in college teaching*. Sterling, VA: Stylus Publishing, LLC, 2004. p. 2750.

OLIVEIRA, Tobias Espinosa de; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Porto Alegre, v. 33, n. 3, p. 962-986, dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n3p962>.

RONDA, Cees. *Luminescence: From Theory to Applications*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

SÁ, Luciana Passos; FRANCISCO, Cristiane Andretta; QUEIROZ, Salete Linhares. Estudos de caso em Química. *Química Nova*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 731-739, mar. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000300039>.

SANTOS, Anderson Oliveira *et al.* Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). *Scientia Plena*, São Paulo, v. 9, n. 7, p. 1-7, mar. 2013.

SOUSA FILHO, Paulo César de; LIMA, Juliana Ferreira; SERRA, Osvaldo Antônio. From Lighting to Photoprotection: fundamentals and applications of rare earth materials. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, v. 26, n. 12, p. 2471-2495, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20150328>.

SOUSA FILHO, Paulo César de; SERRA, Osvaldo Antônio. Terras raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas. *Química Nova*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 753-760, jan. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140121>.

TEIXEIRA JÚNIOR, José Gonçalves; SILVA, Rejane Maria Ghisolfi da. Perfil de leitores em um curso de Licenciatura em Química. *Química Nova*, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1365-1368, abr. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000500052>.

TILLEY, Richard J. D. *Colour and the Optical Properties of Materials*. 2. ed. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd., 2011.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. *Mind in Society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. *Thought and Language*. The MIT Press, 1986.

ZUCCO, Cesar; PESSINE, Francisco Benedito Teixeira; ANDRADE, Jailson Bittencourt de. Diretrizes Curriculares para os Cursos de Química. *Química Nova*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 454-461, abr. 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40421999000300027>.

Bárbara Sprocati

Licenciada em Química pela FCT-UNESP, Presidente Prudente, tem experiência na área de Química, especificamente em Química Inorgânica e Ensino de Química, atuando principalmente nos temas: materiais luminescentes, íons terras raras, aprendizagem colaborativa e ensino construtivista.

barbarasprocati@gmail.com

Gustavo Bizarria Gibin

É Professor Assistente Doutor da FCT-UNESP, Presidente Prudente, atuando no curso de Licenciatura em Química. É credenciado no Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos. Tem experiência na área de Educação Química e pesquisa os temas: experimentação e abordagem experimental investigativa e processos de ensino e aprendizagem.

gustavo.gibin@unesp.br

Ana Maria Pires

Professora Assistente Doutora da FCT-UNESP, Presidente Prudente, docente dos Programas de Pós-Graduação em Química do IBILCE-UNESP, S.J. Rio Preto e do IQ-UNESP Araraquara. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Inorgânica e Química de Materiais, atuando nos seguintes temas: materiais luminescentes, espectroscopia, nanomateriais, sondas luminescentes, íons terras raras, complexos luminescentes. É bolsista Produtividade CNPq, nível 2.

ana.maria@unesp.br

APÊNDICES

Apêndice 1 – Teste conceitual individual e em grupo.

Teste Conceitual Individual e em Grupo – 2 Fase de preparação do TBL.

1. (Unesp) A luz visível é uma onda eletromagnética, que na natureza pode ser produzida de diversas maneiras. Uma delas é a bioluminescência, um fenômeno químico que ocorre no organismo de alguns seres vivos, como algumas espécies de peixes e alguns insetos, onde um pigmento chamado luciferina, em contato com o oxigênio e com uma enzima chamada luciferase, produz luzes de várias cores, como verde, amarela e vermelha. Isso é o que permite ao vaga-lume macho avisar, para a fêmea, que está chegando, e à fêmea indicar onde está, além de servir de instrumento de defesa ou de atração para presas. As luzes verde, amarela e vermelha são consideradas ondas eletromagnéticas que, no vácuo, têm:

a) diferentes comprimentos de onda, diferentes frequências e iguais velocidades de propagação.

b) diferentes comprimentos de onda, diferentes frequências e diferentes velocidades de propagação.

c) os mesmos comprimentos de onda, diferentes frequências e diferentes velocidades de propagação.

d) os mesmos comprimentos de onda, as mesmas frequências e iguais velocidades de propagação.

e) diferentes comprimentos de onda, as mesmas frequências e diferentes velocidades de propagação.

2. (Cefet-PR) Um dos grandes mistérios que a natureza propiciava à espécie humana era a luz. Durante dezenas de milhares de anos a nossa espécie só pôde contar com este ente misterioso por meio de fogueiras, queima de óleo em lamparinas, gordura animal, algumas resinas vegetais etc. Somente a partir da revolução industrial é que se pôde contar com produtos como querosene, terebintina e outras substâncias. Mas, mesmo assim, a natureza da luz permanecia um grande mistério, ou seja, qual fenômeno físico ou químico gera luz. Somente a partir das primeiras décadas do século XX é que Niels Bohr propôs uma explicação razoável sobre a emissão luminosa. Com base no texto, qual alternativa expõe o postulado de Bohr que esclarece a emissão luminosa?

a) Os elétrons movem-se livremente em níveis bem definidos de energia, que são denominados níveis estacionários.

b) Quanto mais próximo do núcleo estiver um elétron, mais energia ele pode emitir na forma de luz; quanto mais distante do núcleo estiver um elétron, menos energia ele pode emitir

c) Ao receber uma quantidade bem definida de energia, um elétron “salta” de um nível mais externo para um nível mais interno.

d) Ao se mover constantemente em um nível de energia definida, um elétron libera energia na forma de luz visível.

e) Um elétron que ocupa um certo nível, ao receber energia, salta para outro mais externo, depois “pula” para um nível mais interno, liberando uma quantidade bem definida de energia.

3. As famosas Pulseiras de ‘Neon’ são muito utilizadas em baladas e festas pelo fato de emitirem uma luz bastante visível no escuro, e intensificada na presença de luz negra. Para que essa pulseira seja ‘acendida’ é necessário que se impulse um processo. O que deve ser feito para acionar esse processo, e que tipo de fenômeno é esse?

a) O processo é acionado pelo calor fornecido pelas mãos de quem manipula a pulseira, então é necessário esfregá-la entre as mãos e o fenômeno é chamado de incandescência.

b) Dobrando a pulseira rompe-se um recipiente interno, liberando uma substância e promovendo a mistura dos reagentes, agitação favorece o acionamento. O fenômeno é chamado de quimiluminescência.

c) Para ativar o processo é preciso dobrar a pulseira, rompendo um recipiente interno e fazendo com que dois reagentes se misturem. O fenômeno é chamado de fosforescência.

d) Para acionar o processo é necessário agitar a pulseira com força, para misturar o seu conteúdo interno, que estava separado em duas fases. O fenômeno é chamado de quimiluminescência.

e) Para acionar o processo é necessário agitar a pulseira vigorosamente, acionando um dispositivo que gera uma leve descarga elétrica, para ocorrer a emissão de luz. O fenômeno pode ser chamado de eletroluminescência.

4. O LED é um diodo semicondutor que quando é energizado emite luz visível – por isso LED (Diodo Emissor de Luz). A luz não é monocromática (como em um laser), mas consiste em uma banda espectral relativamente estreita e é produzida pelas interações energéticas do elétron. Um outro dispositivo semelhante é o OLED – Diodo Emissor de Luz Orgânico, em

que a camada de emissão é um filme orgânico que emite luz em resposta a uma corrente eléctrica, por conter também um componente semelhante ao LED. Similar também é sua emissão, que ocorre com uma banda estreita no espectro eletromagnético. LEDs são rígidos e desprovidos de maleabilidade, enquanto os OLEDs podem ser manipulados mais facilmente. De acordo com o apresentado assinale a alternativa em que estão os tipos de materiais que podem estar presentes em LEDs e OLEDs e a justificativa para o tipo de emissão que possuem.

a) LEDs podem conter óxidos de lantanóides e OLEDs podem conter materiais complexos cujo centro metálico também é um lantanóide. Nos dois casos a banda estreita de emissão deve-se ao fato de serem elementos de grande raio atômico.

b) LEDs podem conter materiais complexos dopados com terras raras, enquanto OLEDs podem conter óxidos de terras raras, além de outros tipos de materiais. Em ambos os casos, as emissões com bandas estreitas se devem à natureza do metal inserido.

c) LEDs podem conter materiais óxidos dopados com terras raras e OLEDs podem conter materiais complexos cujo centro metálico também é um terra rara. Nos dois casos a banda estreita de emissão deve-se às propriedades eletrônicas dos terras raras presentes.

d) LEDs e OLEDs podem conter materiais baseados em metais de transição externa, sendo que nos LEDs eles estão em sua forma óxida e nos OLEDs como centros metálicos em complexos organometálicos. As emissões observadas se devem às transições dos elétrons de valência desses metais.

e) Em LEDs e OLEDs, independente da forma, seja ela óxida ou complexa, os materiais utilizados são baseados em elementos terras raras, e a emissão em bandas estreitas no espectro eletromagnético se deve à forma em que esses materiais estão inseridos no sistema do diodo.

5. *“Em 13 de setembro de 1987, na cidade de Goiânia, Goiás, uma cápsula de céσιο-137, abandonada no antigo Instituto Goiano de Radiologia (IGR), foi removida, violada e vendida por dois trabalhadores. Atraídos pela intensa luminescência azul do sal de céσιο-137 contido na cápsula, adultos e crianças manipularam-no e distribuíram-no entre parentes e amigos. O saldo dessa experiência foi a morte de 4 pessoas, e a contaminação, em maior ou menor grau, de mais de 200 pessoas. Um complexo encadeamento desses fatos resultou na contaminação de três depósitos de ferro-velho, diversas residências e locais públicos”. O POPULAR, Goiânia, 31 ago. 2007, p. 3. [Adaptado].*

Supondo que você não conheça o tempo de meia vida do céσιο-137 e queira verificar se os locais afetados ainda estão contaminados, que tipo de dispositivo usaria para este fim?

a) Um detector de radiações ionizantes em que o receptor da radiação é um material conhecido como cintilador.


b) Um detector plano de radiações ionizantes contendo óxidos de terras raras.

c) Um rastreador de partículas cujo componente principal é um complexo em que o centro metálico é um lantanóide.

d) Um rastreador de partículas composto por um cintilador baseado em metais de transição interna.

e) Um cintilador acoplado a um detector, sendo que ele é composto por um óxido dopado com terras raras.

Apêndice 2 – Cartão de Correção Instantânea (CCI).

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Luminescência Em Química Inorgânica: A Luz Que Ilumina A Tecnologia
Cartão de correção instantânea (CCI)

Questão 1:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Questão 2:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Questão 3:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Questão 4:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Questão 5:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Questão 1:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Questão 2:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Questão 3:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Questão 4:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Questão 5:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Apêndice 3 – Estudos de caso.

a) Caso do grupo do bário (Ba).

Estudo de Caso – 2 Fase de aplicação do TBL.

O caso fictício aqui apresentado deverá ser discutido entre os membros do grupo, em busca de uma solução para o problema descrito. Depois do texto estão listados alguns dados que podem ou não ser úteis durante o processo.

O grupo faz parte de uma equipe de estudo de compostos luminescentes e sensores, a serviço do CERN, a Organização Europeia de Pesquisa Nuclear. No grande complexo de pesquisa são desenvolvidos materiais e processos confidenciais, por serem revolucionários e/ou extremamente perigosos. Nos últimos dois meses três novos funcionários passaram a fazer parte da equipe de pesquisa. E neste mesmo período acontecimentos estranhos começaram, incluindo duas mortes causadas por alta exposição a radiações ionizantes. A equipe de manutenção procurou avidamente por uma falha no sistema de contenção, entretanto nada concreto foi encontrado.

Toda a equipe está em alerta, tentando descobrir o que poderia ter causado as falhas e os terríveis acidentes. Pouco depois das mortes, na mídia internacional, foi noticiada a descoberta de um novo tipo de dispositivo luminescente, que por acaso era justamente uma das pesquisas desenvolvidas pelo grupo. A partir deste momento, vocês se dão conta de que há um espião no complexo de pesquisa, que está vendendo informações confidenciais e pode ou não ter sabotado o sistema de contenção de radiações.

Uma noite decidem investigar sorrateiramente a atividade dos funcionários novos, já que eram as únicas pessoas diferentes lá. Vocês veem os três conversando próximos ao laboratório em que trabalham, mas está escuro e não conseguem saber quem é quem. Eles se separam, entretanto um apresenta uma atitude muito suspeita, o que faz com que o sigam. Quando ele percebeu que foi seguido, começou a correr, passou por vocês e bateu bruscamente em uma das bancadas, o que derrubou um dos materiais ali contido.

Tratava-se de aluminato de bário, $Ba(AlO_2)_2$, que estava sendo dopado com um elemento terra rara. Percebem que podem aproveitar esse acidente para descobrir quem era o pesquisador em fuga, se encontrassem os traços do material luminescente nele. Uma vez sabendo quem ele era, poderiam encontrar o ponto de vazamento de radiação, além de entregar o espião.

Ao incidirem luz UV discretamente em cada pesquisador perceberam as seguintes cores:

- Pesquisador 1: Traços de um material vermelho.

- Pesquisador 2: Traços de um material azul.
- Pesquisador 3: Traços de um material verde.

Dados cabíveis:

Eu^{2+} : Emissão verde azulada.

Eu^{3+} : Emissão vermelha ou rosa.

Tb^{3+} : Emissão verde.

Tm^{3+} : Emissão azulada.

- ✓ Com base na situação ilustrada descubram qual pesquisador é o culpado pela espionagem e sabotagem. Descrevam qual terra rara estava presente como dopante no material e porque. Como encontrariam o ponto de vazamento de radiações ionizantes?

b) Caso do grupo dos complexos.

Estudo de Caso – 2 Fase de aplicação do TBL.

O caso fictício aqui apresentado deverá ser discutido entre os membros do grupo, em busca de uma solução para o problema descrito. Depois do texto estão listados alguns dados que podem ou não ser úteis durante o processo.

O grupo faz parte de uma equipe de estudo de compostos luminescentes e sensores, a serviço do CERN, a Organização Europeia de Pesquisa Nuclear. No grande complexo de pesquisa são desenvolvidos materiais e processos confidenciais, por serem revolucionários e/ou extremamente perigosos. Nos últimos dois meses três novos funcionários passaram a fazer parte da equipe de pesquisa. E neste mesmo período acontecimentos estranhos começaram, incluindo duas mortes causadas por alta exposição a radiações ionizantes. A equipe de manutenção procurou avidamente por uma falha no sistema de contenção, entretanto nada concreto foi encontrado.

Toda a equipe está em alerta, tentando descobrir o que poderia ter causado as falhas e os terríveis acidentes. Pouco depois das mortes, na mídia internacional, foi noticiada a descoberta de um novo tipo de dispositivo luminescente, que por acaso era justamente uma das pesquisas desenvolvidas pelo grupo. A partir deste momento vocês se dão conta de que há um espião no complexo de pesquisa, que está vendendo informações confidenciais e pode ou não ter sabotado o sistema de contenção de radiações.

Uma noite decidem investigar sorrateiramente a atividade dos funcionários novos, já que eram as únicas pessoas diferentes lá. Vocês veem os três conversando próximos ao laboratório em que trabalham, mas está escuro e não conseguem saber quem é quem. Eles se separam, entretanto um apresenta uma atitude muito suspeita, o que faz com que o sigam. Quando ele percebeu que foi seguido, começou a correr, passou por vocês e bateu bruscamente em uma das bancadas, o que derrubou um dos materiais ali contido.

Tratava-se de um complexo que possuía β -dicetonas como ligantes, cujo metal central era um terra rara que possui emissão em aproximadamente 612 nm. Percebem que podem aproveitar esse acidente para descobrir quem era o pesquisador em fuga, se encontrassem os traços do material luminescente nele. Uma vez sabendo quem ele era, poderiam encontrar o ponto de vazamento de radiação, além de entregar o espião.

Ao incidirem luz UV discretamente em cada pesquisador perceberam as seguintes cores:

- Pesquisador 1: Traços de um material azul esverdeado.
- Pesquisador 2: Traços de um material vermelho.
- Pesquisador 3: Não possuía sinais de material emitindo no visível.

Dados cabíveis:

Eu^{2+} : Emissão verde azulada.

Eu^{3+} : Emissão vermelha ou rosa.

Tb^{3+} : Emissão verde.

Sm^{3+} : Emissão vermelho carmim.

Espectro eletromagnético na região do visível vai do 450 nm (azul) até 700 nm (vermelho intenso).

- ✓ Com base na situação ilustrada descubram qual pesquisador é o culpado pela espionagem e expliquem qual terra rara era o centro metálico no material em questão. Além disso, discorram sobre como encontrariam o ponto de vazamento de radiações ionizantes.

c) Caso do grupo das cores.

Estudo de Caso – 2 Fase de aplicação do TBL.

O caso fictício aqui apresentado deverá ser discutido entre os membros do grupo, em busca de uma solução para o problema descrito. Depois do texto estão listados alguns dados que podem ou não ser úteis durante o processo.

O grupo faz parte de uma equipe de estudo de compostos luminescentes e sensores, a serviço do CERN, a Organização Europeia de Pesquisa Nuclear. No grande complexo de pesquisa são desenvolvidos materiais e processos confidenciais, por serem revolucionários e/ou extremamente perigosos. Nos últimos dois meses três novos funcionários passaram a fazer parte da equipe de pesquisa. E neste mesmo período acontecimentos estranhos começaram, incluindo duas mortes causadas por alta exposição a radiações de partículas. A equipe de manutenção procurou avidamente por uma falha no sistema de contenção, entretanto nada concreto foi encontrado.

Toda a equipe está em alerta, tentando descobrir o que poderia ter causado as falhas e os terríveis acidentes. Pouco depois das mortes, na mídia internacional, foi noticiada a descoberta de um novo tipo de dispositivo luminescente, que por acaso era justamente uma das pesquisas desenvolvidas pelo grupo. A partir deste momento vocês se dão conta de que há um espião no complexo de pesquisa, que está vendendo informações confidenciais e pode ou não estar sabotando o sistema de contenção de radiações.

Uma noite decidem investigar sorrateiramente a atividade dos funcionários novos, já que eram as únicas pessoas diferentes lá. Vocês veem os três conversando próximos ao laboratório em que trabalham, mas está escuro e não conseguem saber quem é quem. Eles se separam, entretanto um apresenta uma atitude muito suspeita, o que faz com que o sigam. Quando ele percebeu que foi seguido, começou a correr, passou por vocês e bateu bruscamente em uma das bancadas, o que derrubou um dos materiais ali contido.

Tratava-se de óxido de ítrio, Y_2O_3 , que estava sendo dopado com um ou mais terras raras para gerar uma emissão em uma cor que não faz parte do sistema convencional para lâmpadas de LED. Percebem que podem aproveitar esse acidente para descobrir quem era o pesquisador em fuga, se encontrassem os traços do material luminescente nele. Uma vez sabendo quem ele era, poderiam encontrar o ponto de vazamento de radiação, além de entregar o espião.

Ao incidirem luz UV discretamente em cada pesquisador perceberam as seguintes cores:

- Pesquisador 1: Traços de um material verde.
- Pesquisador 2: Traços de um material alaranjado.
- Pesquisador 3: Traços de um material azul.

Dados cabíveis:

Eu^{2+} : Emissão verde azulada.

Eu^{3+} : Emissão vermelha ou rosa.

Tb^{3+} : Emissão verde.

Dy^{3+} : Emissão amarela.

- ✓ Com base na situação ilustrada, descubram qual pesquisador é o culpado pela espionagem e sabotagem. Descrevam qual(ais) terra(s) rara(s) estava(m) presente(s) como dopante no material e porque. Como encontrariam o ponto de vazamento de radiações de partículas?