

A atividade representacional de partículas em uma Sequência Didática de Química

Representation activity of particle in a Chemistry Didactic Sequence

Alexandre Aizawa

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas (LAPEQ)
Faculdade de Educação - USP
alexandre.aizawa@usp.br

Marcelo Giordan

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas (LAPEQ)
Faculdade de Educação - USP
giordan@usp.br

Resumo

O enfoque das múltiplas representações e representações multimodais na química aliado a Teoria da Atividade na organização do ensino para o planejamento de Sequências Didáticas (SD) possui implicações na construção de significados dos estudantes. Propomos discutir sobre as regras, os instrumentos e a divisão do trabalho como mediadores para a construção da representação de partículas em uma SD que foi aplicada para alunos de Ensino Médio. Os resultados preliminares indicam a possibilidade de convergência entre as teorias para o conceito de atividade representacional.

Palavras chave: Teoria da Atividade, múltiplas representações, aprendizagem expansiva, estados de agregação.

Abstract

The focus of multiple and multimodal representations in chemistry combined with Activity Theory in teaching organization for planning Didactic Sequences (DS) has implications for the construction of students' meanings. We propose to discuss rules, instruments, and division of labour as mediators for construction particle representations in a DS that was applied to high school students. Preliminary results indicate possibility of convergence between theories for the concept of representational activity.

Key words: Activity Theory, multiple representations, expansive learning, states of matter.

Introdução

Na área de Química, o uso de representações é uma prática recorrente dos profissionais, que constitui uma atividade ao se referir aos entes químicos. As motivações da atividade representacional envolvem a natureza submicroscópica dos entes, bem como uma necessidade comunicacional para se referir a entidades abstratas como átomos e moléculas. No processo de aprendizagem, Tang, Won e Treagust (2019) desenvolveram um instrumento de análise pela semiótica social das múltiplas representações dos alunos para que os professores tenham a possibilidade de desenvolver intervenções pedagógicas. Tang, Delgado e Moje (2014) defenderam que as múltiplas representações dos alunos contribuem para a compreensão científica. Quadros e Giordan (2019) propuseram as rotas de transição de modos semióticos e movimentos epistêmicos como modelo analítico das múltiplas representações.

A construção de representações pelos alunos possui fortes implicações para o desenvolvimento dos sujeitos, pois consideramos que os alunos precisam ter um papel ativo no desenvolvimento das funções psíquicas superiores.

As discussões das representações de estruturas químicas ao se considerar a Teoria da Atividade podem contribuir com novas formas de organização do ensino e da aprendizagem para estudantes, por considerar que sujeitos estão em um processo de Aprendizagem Expansiva (ENGESTRÖM, 2010).

Nossa proposta é responder a seguinte questão: como os referenciais teóricos-metodológicos das múltiplas representações e das representações multimodais atrelados a Teoria da Atividade podem embasar a elaboração e a aplicação de uma Sequência Didática sobre as mudanças de estados de agregação da matéria? Desta maneira, empregamos os conceitos da Teoria da Atividade e os conceitos de Aprendizagem Expansiva de Engeström (2016). Sobretudo, consideramos que uma análise do processo do desenvolvimento da construção das representações multimodais (PRAIN; WALDRIP, 2006) é um estudo sobre o papel da linguagem em sala de aula e de formas de desenvolvimento do raciocínio.

As contribuições de Leontiev para a Teoria da Atividade

A Teoria da Atividade de Leontiev possui o pressuposto de que a consciência humana é determinada pela atividade (LEONTIEV, 1980, p. 51). Os objetos determinam a consciência humana através deles e da imagem mental que é construída historicamente. Delimitar o objeto da atividade é uma condição fundamental para a compreensão dos processos psicológicos e de cada atividade. A ideia de necessidade está imbricada com a ideia de objetivo. Qualquer necessidade possui um objetivo ou um objeto material ou um resultado. Leontiev (1961) distingue a necessidade humana da necessidade dos animais com o conceito social de Marx, em que devido ao desenvolvimento histórico do homem surgem necessidades diferentes dos animais.

A ação seria um processo que obedece a um fim consciente que envolve um resultado a ser alcançado. Ela é orientada para um fim/objetivo. Assim, a motivação da atividade nem sempre estará expressa na ação. Já o objetivo também não expressa a necessidade fundamental para a realização da atividade. Em uma atividade, podem existir diversas ações. E uma ação pode se tornar uma atividade. Tal constatação é fundamental para o desenvolvimento de novas atividades.

A operações se referem ao modo que é realizado um ato. Uma mesma ação pode ser realizada de formas diferentes. As operações são dependentes das condições do meio na qual a atividade se desenvolve. Leontiev (1988) exemplifica o objetivo de decorar versos. A ação será a memorização ativa e a operação poderá ser escrevê-los ou repetir diversas vezes. Um

ponto essencial envolve a premissa de que as operações conscientes se originam de ações. Neste processo, as operações conscientes se tornam em habilidades e hábito.

O processo de aprendizagem da criança é concebido como transformações na atividade da criança que estão atreladas aos novos sentidos que são adquiridos com a reconstrução das ações e das operações em seu meio. O processo de significação é dependente dos sentidos pessoais que são construídos pelos sujeitos. A criança segundo Leontiev assimila os significados pela atividade que exerce com outros, formando seus conceitos por meio da linguagem.

A atividade representacional na química

Na química, representações são usadas para se referir a substâncias. Se considerarmos como uma atividade dos químicos, é preciso delimitar a necessidade ou o motivo da atividade representacional. As representações possuem um desenvolvimento histórico atrelado as pesquisas científicas. As formas de representação ou as operações para que seja construída uma representação envolvem signos imagéticos, variando desde um papel e lápis até a elementos gráficos computacionais tridimensionais. Tais formas de representação são chamadas pela literatura de múltiplas representações e representações multimodais (TYTLER *et al.*, 2013). Os instrumentos que exercem a mediação entre o signo e o objeto sofreram mudanças com a ampliação das tecnologias digitais. De acordo com Jewitt (2006) a mediação das novas tecnologias se relacionam com o currículo, o aprendizado, o letramento e a pedagogia. Segundo Kozma *et al.* (2000) os químicos tem desenvolvido ferramentas e sistemas representacionais que medeiam entre algo que eles não podem ver e alguma coisa que eles podem. Este uso das representações explica, prediz e muda o fenômeno químico que é o foco do trabalho do químico.

A aprendizagem expansiva

Engeström (2010) defende que a aprendizagem é um processo expansivo. Ele se fundamenta na ideia de que quem aprende constrói um novo objeto ou conceito para uma atividade coletiva que é implementado no novo objeto ou conceito na prática.

Figura 1: Estrutura da atividade.



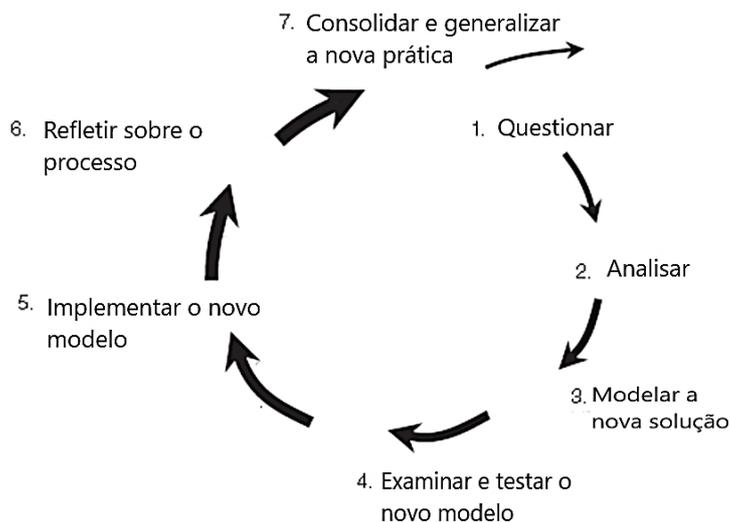
Fonte: ENGSTRÖM, 2016, p. 105.

A Figura 1 representa cada um dos elementos nos vértices de vários triângulos. A noção de contradição é o que impulsiona a aprendizagem. A dialética de Ilienkov (1982) foi

incorporada no processo de aprendizagem expansiva de Davydov (1982) na qual a essência do objeto é alcançada pela reprodução teórica da lógica do desenvolvimento na formação histórica através da emergência e resolução das contradições internas.

Aliado ao sistema de atividades, Engeström (2016) propõe um ciclo ou espiral de aprendizagem expansiva que consistem em sete ações epistêmicas (Figura 2), sendo um método dialético.

Figura 2: Ciclo ou espiral de aprendizagem expansiva.



Fonte: ENGESTRÖM, 2016, p. 385.

A primeira ação corresponde ao questionamento, a crítica ou rejeição da prática existente. A segunda ação é a análise em que se transforma a prática em relações de causa, emerge o porquê, busca-se explicar uma situação pelas relações internas sistêmicas. A terceira ação corresponde a construção de um modelo que explique e ofereça uma solução para a situação problemática. A quarta ação é o exame do modelo, para que se verifique as suas potencialidades e limitações. A quinta ação é a implementação do novo modelo. E a sexta e a sétima ações correspondem a reflexão do processo e a consolidação e a generalização da prática. De acordo com Engeström (2010), no pensamento teórico dialético, a abstração captura o que é mais simples, uma unidade primária originária. Tal movimento é contínuo, entre o abstrato e o concreto.

Metodologia

A Sequência Didática (SD) “As representações e os estados de agregação da matéria” foi construída a partir dos experimentos adaptados de Mortimer e Machado (2016). A SD foi elaborada e aplicada com a colaboração de uma professora que possuía mais de 18 anos de experiência em duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio no período matutino em uma escola estadual de Embu das Artes – SP em 2019. As aulas foram registradas audiovisualmente por meio de duas câmeras, uma lateral e outra ao fundo da sala e permanecem armazenadas em um banco de dados para posterior análise.

Cada turma possuía cerca de 35 alunos e foi dividida em 8 grupos. Em cinco destes existia um gravador de áudio em cima da mesa e um gravador de áudio permanecia com a professora. A SD levou cerca de 22 a 23 aulas para ser aplicada no primeiro semestre de 2019 com aulas de 50 min de duração. As gravações ocorreram na maior parte do tempo no laboratório da escola.

A partir do modelo de ciclo de Aprendizagem Expansiva proposto por Engeström (Figura 2), elaborou-se uma SD em um formato de vários ciclos de aprendizagem expansiva que incorporou uma sequência de experimentos sobre estados de agregação. As fases do ciclo foram chamadas de: *Observação, Análise, Elaboração, Discussão, Reelaboração, Síntese e Consolidação*.

A tabela 1 possui a sequência das atividades representacionais (AR) com os fenômenos representados e a última no formato *stop motion*. Nesta animação, os alunos utilizaram um celular para tirar fotos de miçangas que permaneceram em cima de uma folha de papel para a produção de vídeos.

Tabela 1: Sequência das atividades representacionais da Sequência Didática.

Atividade representacional	Fenômenos/ formato
1	A compressão da seringa
2	Aquecimento do frasco com o balão
3	O vácuo em um frasco
4	Resfriamento do frasco com o balão
5	Colapso da lata
6	Uso de um termômetro
7	Aquecimento da cânfora
8	Congelamento da água
9	Mistura de água e álcool
10	Animações em <i>stop motion</i>

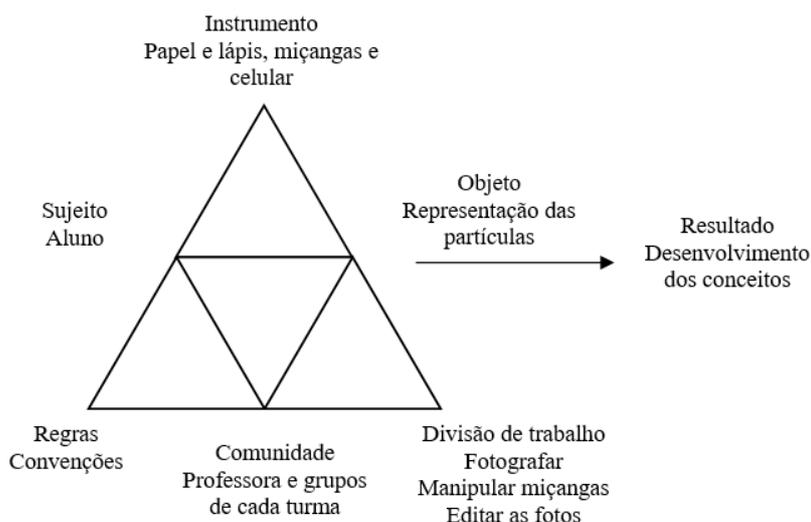
Fonte: os autores.

A atividade representacional consistiu em uma série de ações. Cada experimento foi organizado para que as ações do ciclo fossem implementadas continuamente, ou seja, o percurso no ciclo de aprendizagem expansiva.

Discussão

A estrutura da atividade para a representação dos experimentos pode ser representada conforme a Figura 3.

Figura 3: Estrutura da atividade para a representação das partículas.



Fonte: os autores.

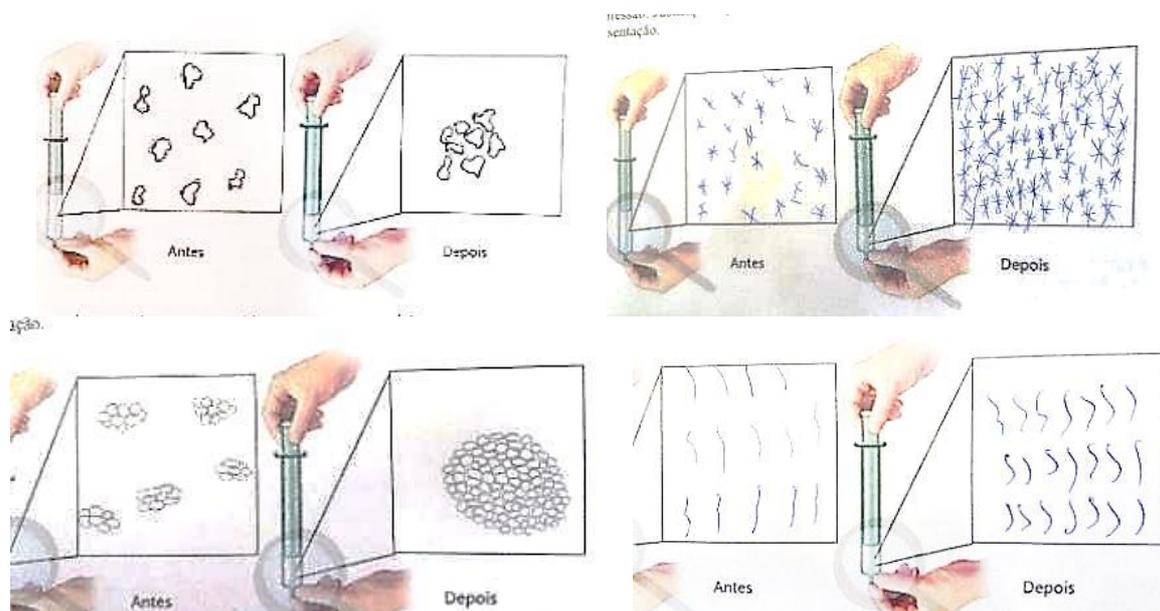
Os sujeitos, alunos, estão direcionados para o objeto, representação das partículas, cujo resultado é o desenvolvimento de conceitos. Na relação aluno-representação, os instrumentos, como papel e caneta, celular e miçangas, as regras, a comunidade e a divisão de trabalho medeiam as relações semióticas.

A influência das regras na mudança das múltiplas representações ao longo dos ciclos expansivos

A influência das regras e das convenções é um ponto que foi desenvolvido com os estudantes. Estas regras representacionais foram discutidas principalmente em plano coletivo durante a fase de *Discussão*. Antes da realização da *Elaboração*, a professora orientou que o quadrado seria uma ampliação de uma região do espaço.

Na AR1, as representações dos alunos foram projetadas em uma tela conforme a Figura 4 para a *Discussão*.

Figura 4: Elaboraões de quatro grupos da turma 1 que foram projetadas para o experimento da compressão da seringa.

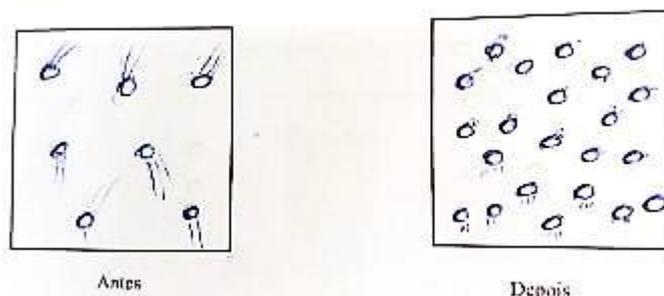


Fonte: os autores.

As representações construídas pelos alunos partiram de um fenômeno observado. Na AR1, o fenômeno observado era a compressão do ar em uma seringa. Observe na Figura 4 que até o momento os alunos representaram as partículas sem formato definido. Depois da *Discussão* foi convenicionado representar a partícula no formato de uma bolinha. Outras convenções foram adotadas como um consenso pela comunidade ao longo da demais atividades representacionais. Observe na Figura 5 que as partículas passaram a ser representadas com aspas na AR4, pois foram convencionadas para representar o movimento. Além das aspas, o tamanho das aspas representa a intensidade da movimentação das partículas.

Figura 5: Elaboração de um grupo da turma 2 que foi projetada para o experimento resfriamento do frasco com o balão.

Representem as partículas de água antes e depois de ser colocado na cuba com gelo. Indiquem escrevendo sobre o desenho.



Fonte: os autores.

As características representacionais foram negociadas no plano coletivo de forma semelhante com os trabalhos de Tytler *et al.* (2013). Isso contribuiu para um alinhamento de representações.

A diferença da divisão do trabalho e a alteração dos instrumentos mediacionais

Nas AR1 a AR9, os instrumentos empregados foram apenas papel e lápis. Os alunos desenhavam, cada um em sua apostila, as representações em um campo específico. Já na AR10, os alunos empregaram como instrumentos além do papel e lápis, miçangas e celular para produzir dois vídeos em formato *stop motion*. Os experimentos foram ora conduzidos pela professora ora realizados pelos próprios alunos. Nos experimentos conduzidos pela professora, os alunos observavam o que acontecia com todos os alunos da sala, depois em cada grupo, discutiam as representações e desenhavam individualmente em suas apostilas. A seguir, uma discussão com a sala das representações era feita e cada aluno podia reelaborar sua representação, caso fosse necessário. A divisão do trabalho consistiu em decidir como representar dentro dos grupos para construir cada um, a sua própria representação. Neste formato, as funções dos alunos foram semelhantes. Durante a elaboração do *stop motion*, a divisão de trabalho permitiu que as funções dos sujeitos fossem diferentes, pois era necessário o plano de execução, tirar fotos, manipular as miçangas, organizar a iluminação, editar as fotos tiradas em um aplicativo e organizá-las para compor o vídeo. O vídeo produzido foi apresentado para a sala, sem a possibilidade de reelaboração.

As ações de cada aluno durante a elaboração do *stop motion* contribuíram para a formação da atividade representacional. Estas ações não podem ser analisadas separadamente em relação ao todo da atividade. A consciência das ações pelos indivíduos requer um objetivo representacional para a atividade. O processo de aprendizagem foi compreendido também na sua relação com a comunidade.

A alteração dos instrumentos mediacionais evidenciam as mudanças de operações e os potenciais semióticos

O uso de um instrumento de papel e lápis para representar um desenho ofereceu um conjunto de operações distintos da animação em *stop motion* com possibilidades semióticas. Pode-se destacar que o conjunto de operações para representar o movimento em papel e lápis foi modificado na animação em *stop motion*. O modo de se realizar a representação foi orientada para o objetivo de representar o movimento das partículas. O movimento necessitou uma forma representacional em papel e lápis que foi as aspás e no *stop motion* a sequência de fotos produziu a sensação de movimento. No *stop motion*, ao se utilizar miçangas para representar as partículas delimitou-se a forma e o tamanho, enquanto no papel e lápis forma e tamanho poderiam variar. Neste caso, o movimento das partículas produzido pelo aplicativo adquiriu novos potenciais semióticos (JEWITT, 2006) em relação a representação pelo desenho. A alteração do modo imagético para a animação foi uma mudança da materialidade. De acordo com a multimodalidade, as operações no sentido da Teoria da Atividade corresponderam as diferentes formas de representar o fenômeno de forma não verbal. Os recursos semióticos na produção da imagem estática limitam a representação do movimento, enquanto o vídeo produzido potencializa a sensação de movimento.

De acordo com Silva e Mortimer (2013) ações podem ser transformadas em operações epistêmicas, diante disso, quais seriam as operações epistêmicas que emergem na atividade representacional?

Considerações

Ao longo da aplicação da SD, observou-se a influência dos elementos regras, divisão de trabalho e instrumentos para a atividade representacional de partícula.

O alinhamento das representações ocorreu de forma similar a Tytler *et al.* (2013) principalmente pelas convenções que foram estabelecidas no plano coletivo durante a fase de *Discussão*.

A divisão do trabalho nos grupos durante o processo de aprendizagem ocorreu de forma distinta entre papel e lápis e com o *stop motion*. Em cada uma delas, a divisão teve um caráter horizontal de tarefas (ENGESTRÖM, 2016), o que implica em uma produção de significados coletivo.

A alteração dos instrumentos mediacionais contribuíram para mudanças nas operações em que a representação foi construída. Defendemos a necessidade de uma investigação das operações epistêmicas ou de rotas de transição modais durante cada um dos instrumentos utilizados.

Em síntese, a aplicação da SD em um conjunto de ciclos de aprendizagem expansiva ofereceu um potencial de negociação de conceitos sobre estados de agregação por meio de um contínuo elaborar e reelaborar das múltiplas representações dos estudantes.

Agradecimentos e apoios

Ao CNPq pelo apoio financeiro (Produtividade em Pesquisa 308240/2019-7, Projeto universal 426177/2018-5).

Referências

DAVYDOV, V.V. The psychological structure and contents of the learning activity in school children. In R. Glaser ; J. Lompscher (eds.) **Cognitive and motivational aspects of instruction**. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, p. 37-44, 1982.

ENGESTRÖM, Y. Activity Theory And Learning At Work. In: M. Malloch; L. Cairns; K. Evans; B. . O'Connor (Orgs.); The Sage handbook of workplace learning. Los Angeles. p.74–89, 2010.

_____. **Aprendizagem expansiva**. Campinas -SP: Pontes editores, 2016.

ILJENKOV, E.V. **The dialectics of the abstract and the concrete in Marx's Capital**. Moscow: Progresso, 1982.

JEWITT, C. **Technology , Literacy and Learning A multimodal approach**. Routledge, 2006.

KOZMA, R.; CHIN, E.; RUSSELL, J.; MARX, N. The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. **Journal of the Learning Sciences**, v. 9, p. 105–143, 2000.

LEONTIEV, A. L. Las necesidades y los motivos de la actividad. In: SMIRNOV, A.; LEONTIEV, A.; RUBINSTEIN, S.; TIEPLOV, B. (Orgs.); *Psicologia*. Imprensa Nacional de Cuba. p.341–354, 1961.

_____. Atividade e consciência. In: VILHENA, V. (Org.); *Práxis: a categoria materialista*

de prática social. Lisboa: Livros Horizonte. p.49–77, 1980.

_____. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. (Orgs.); Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química - Ensino Médio**. 3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-Modal Representations of Concepts in Primary Science. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1843–1866, 2006.

QUADROS, A. L., GIORDAN, M. Rotas de Transição Modal e o Ensino de Representações Envolvidas no Modelo Cinético Molecular. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 3, p. 74-100, 2019.

SILVA, F. A.; MORTIMER, E. F. A contribuição da teoria da atividade na compreensão dos processos de ensino e aprendizagem de uma atividade investigativa no ensino superior. IX CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. **Anais**. p.3075–3081, 2013. Girona.

TANG, K. S.; DELGADO, C.; MOJE, E. B. An integrative framework for the analysis of multiple and multimodal representations for meaning-making in science education. **Science Education**, v. 98, n. 2, 2014.

TANG, K. S.; WON, M.; TREAGUST, D. Analytical framework for student-generated drawings. **International Journal of Science Education**, Taylor & Francis., v. 41, n. 16, p. 2296–2322, 2019.

TYTLER, R.; HUBBER, P.; PRAIN, V.; WALDRIP, B. (ORGS.) **Constructing representations to learn in science**. The Netherlands: Sense Publishers, 2013.