

# Análise e validação de uma sequência de ensino com abordagem CTS: o descarte de pilhas e baterias

## Analysis and validation of teaching sequence with STS approach: cells and batteries in the ordinary garbage

**Ruth do Nascimento Firme**

UFRPE, [ruthquimica@yahoo.com.br](mailto:ruthquimica@yahoo.com.br)

**Edenia Maria Ribeiro do Amaral**

UFRPE/Departamento de Química, [edsamaral@uol.com](mailto:edsamaral@uol.com)

### Resumo

Este estudo tem como objetivo avaliar uma sequência didática (SD) com abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no ensino de química considerando aspectos positivos e/ou negativos quando comparada às abordagens de ensino mais tradicionais em aulas de ciências. Além disso, na validação da sequência didática foram considerados aspectos relacionados ao processo de internalização de significados para conceitos científicos. Para tanto, elaboramos e validamos externa e internamente a SD nos termos propostos por Méheut (2005) tomando por base contribuições da teoria sociocultural de Vygotski e colaboradores, da teoria da atividade de Leontiev e da teoria da assimilação de Galperin. Este estudo revelou aspectos positivos da SD em questão, dentre outros, tarefas que possibilitaram aos estudantes expressarem suas hipóteses e compreensões sobre conceitos científicos. Fato relevante, visto que o processo de internalização pode ser considerado a partir da articulação entre o que se discute nas interações sociais e a assimilação em termos de funções mentais.

**Palavras-chave:** sequência didática, abordagem CTS, validação, teorias socioculturais.

### Abstract

This study aims to evaluate a teaching learning sequence (TLS) with STS (Science-Technology-Society) approach in chemistry education considering positive and/or negative features when compared to more traditional approaches to science teaching in classroom. Besides this, to validate TLS we consider aspects of the process of internalization in meaning making to scientific concepts. For this purpose, we developed and validated externally and internally a TLS on the terms proposed by Méheut (2005) building on the contribution of sociocultural theory of Vygotski and collaborators, the theory of activity by Leontiev and the theory of assimilation by Galperin. This study revealed positive aspects of TLS in question, among others, considering tasks that allowed students to express their conceptions and understanding about scientific concepts. This fact is important since the internalization process seems to be related to what is discussed in the social interactions and what is assimilated in terms of mental functions.

**Keywords:** Teaching learning sequences, STS approach, external and internal validation, sociocultural perspective.

## Introdução

Investigar processos de ensino-aprendizagem mais significativos tem sido um dos desafios de pesquisadores da área do ensino de Ciências. Nesse sentido, têm sido propostas abordagens inovadoras para o ensino de Ciências, tais como: abordagem CTS, metodologia de projetos, métodos cooperativos, abordagem por situações-problema, etc. Embora muitos estudos tenham sido feitos sobre tais abordagens, discussões relativas à validação das mesmas para o processo de ensino-aprendizagem de ciências parecem ainda pouco exploradas, o que parece ser evidenciado nas constantes críticas sobre o baixo impacto de pesquisas acadêmicas no contexto escolar.

Sobre a validação e avaliação de abordagens inovadoras para o ensino de Ciências, Leach *et al.* (2005) consideram que propostas de sequências curtas podem articular questões de pesquisa com a prática de sala de aula. Nessa direção, professores e pesquisadores elaboraram sequências de ensino (fase de desenvolvimento) para serem aplicadas (fase de transferência) por professores participantes e não participantes de um grupo de pesquisa com o objetivo de avaliar possibilidades de bons resultados para a aprendizagem dos alunos. Segundo os autores, foram encontradas evidências de que as sequências de ensino propostas promoveram um melhor desempenho dos alunos quando comparadas às abordagens mais tradicionais de sala de aula.

Dessa forma, tomando por base os trabalhos de Leach *et al.* (2005), no âmbito de um grupo de pesquisa da UFRPE que reúne pesquisadores, professores, estudantes de pós-graduação e graduação, elaboramos, dentre outras, uma sequência didática (doravante SD) com abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) para ser aplicada em sala de aula de química objetivando avaliar seus aspectos positivos e/ou negativos quando comparada às abordagens mais tradicionais da sala de aula, visto que a perspectiva CTS propõe uma abordagem inovadora para o ensino de Ciências.

Na elaboração da SD com abordagem CTS, consideramos as proposições de Méheut (2005). Para o planejamento de uma SD, Méheut apresenta um modelo definido por quatro componentes básicos: professor, alunos, mundo material e conhecimento científico. Neste modelo, duas dimensões podem ser consideradas: a dimensão epistêmica – que contempla os processos de elaboração, métodos e validação do conhecimento científico, que podem significá-lo com relação ao mundo real; e a dimensão pedagógica – que contempla aspectos inerentes às interações professor-aluno e aluno-aluno. Por exemplo, para romper com abordagens tradicionais de ensino, a SD poderia considerar no seu design discussões sobre concepções informais dos alunos e relações entre o conhecimento científico a ser estudado e o mundo material (MÉHEUT, 2005). Sendo assim, elaboramos uma SD com abordagem CTS considerando as duas dimensões propostas por Meheut (2005). Para a dimensão epistêmica, consideramos atividades que possibilitassem a construção de significados para os conceitos científicos articulando-os a contextos tecnológicos e sociais. Nossa opção por essa abordagem justifica-se pela necessidade de uma aprendizagem científica que promova uma compreensão mais ampla de mundo considerando questões científicas, tecnológicas, sociais, políticas, éticas, etc. Para a dimensão pedagógica, consideramos atividades que possibilitassem interações discursivas mais significativas entre professor e alunos e entre estes últimos, visto que, segundo Machado (1999, p. 50), é “na interação com o outro que o sujeito se constitui e que se dá a elaboração conceitual”.

A seguir, apresentamos um resumo da SD com abordagem CTS elaborada e aplicada (ver quadro 01), na qual as dimensões epistêmicas e pedagógicas foram consideradas conjuntamente com a preocupação de não privilegiar uma dimensão em detrimento da outra, como muitas vezes ocorre em abordagens mais tradicionais de ensino.

**Quadro 01: Resumo da SD com abordagem CTS**

<b>Momento 1</b>	Número de aulas/minutos: 02 aulas/100 minutos <b>Tarefas:</b> Orientações sobre pesquisa na internet; Entrevistas; construção de um terrário <b>Principais temas:</b> Descarte das pilhas e baterias; destino de tratamento do lixo; uso de pilhas no cotidiano das pessoas.
<b>Momento 2</b>	Número de aulas/minutos: 02 aulas/100 minutos <b>Tarefas:</b> Simpósio para a socialização dos dados coletados. Debate geral com toda turma a partir da seguinte questão: <i>Existe um problema social e ambiental, gente?</i> <b>Principais temas:</b> As concepções das pessoas sobre pilhas; O destino e tratamento do lixo; O descarte das pilhas e os problemas decorrentes.
<b>Momento 3</b>	Número de aulas/minutos: 02 aulas/100 minutos <b>Tarefas:</b> Levantamento das idéias prévias dos alunos. Apresentação em transparências da evolução histórica das pilhas e de diversos modelos de pilhas e suas especificidades. Levantamento de algumas questões. <b>Principais temas:</b> Histórico da pilhas. Pilhas e suas tecnologias.
<b>Momento 4</b>	Número de aulas/minutos: 02 aulas/100 minutos <b>Tarefas:</b> Apresentação em transparência da desmontagem de uma pilha. Atividade experimental. Explicação dos princípios científicos da pilha alternativa tomando por base a pilha de Daniel. Discussão das questões sobre a atividade experimental. Aplicação do exercício de fixação. Aplicação do questionário. <b>Principais temas:</b> Composição e funcionamento das pilhas.
<b>Momento 5</b>	Número de aulas/minutos 02 aulas/100 minutos <b>Tarefas:</b> Apresentação do vídeo: Não fique pilhado. Levantamento de questões pela professora para a análise do vídeo. Socialização do trabalho do grupo 4: explicando a experiência da construção do terrário. Apresentação do vídeo: Ilha das flores. <b>Principais temas:</b> O descarte das pilhas no meio ambiente. A problemática do lixo.
<b>Momento 6</b>	Número de aulas/minutos: 02 aulas/100 minutos <b>Tarefas:</b> Leitura em pequenos grupos do texto: <i>Descarte de pilhas e baterias</i> . Fórum: <i>Os produtos da ciência e da tecnologia sempre promovem o bem-estar da sociedade</i> . <b>Principais temas:</b> Descarte de pilhas e baterias. Metais pesados. Legislação. Problemas de saúde causados pelos metais pesados. Limites e possibilidades da ciência e da tecnologia no contexto social.

Após a elaboração e aplicação da SD com abordagem CTS, buscamos avaliá-la em seus aspectos positivos e/ou negativos comparando-a com abordagens mais tradicionais do ensino de química. Para tanto, tomamos por base ideias de Méheut (2005) quando coloca que experiências com SD têm contribuído para avaliação e validação das mesmas, considerando objetivos ou resultados obtidos (validação externa) e/ou informações sobre a trajetória de aprendizagem dos alunos (validação interna). Nessa direção, para validar externa e internamente a SD com abordagem CTS propomos uma estrutura de análise que articula pressupostos da teoria sociocultural como proposta por Vigotski e colaboradores, da teoria da atividade (LEONTIEV, 1985) e da teoria da assimilação (GALPERIN, 1986). Em uma perspectiva sociocultural, o homem se torna humano ao se apropriar da cultura e de tudo que a espécie humana desenvolveu (RIGON *et al.*, 2010). Nesse sentido, o processo de humanização ocorre por meio de atividades principais - brincar, estudar e trabalhar - marcadas a partir do lugar que o homem ocupa nos sistemas das relações sociais (LEONTIEV, 1985).

Entender a escola como um lugar social para a apropriação de cultura produzida historicamente, implica considerarmos que o desafio do professor é com a organização do ensino, de modo que o processo didático se constitua como *atividade de aprendizagem* para o aluno, uma vez que “não há sentido na atividade de ensino se ela não se concretiza na atividade de aprendizagem (...)” (MOURA *et al.*, 2010, p. 100) (grifos nossos).

Segundo Vigotski “a aprendizagem é uma atividade social, uma atividade de construção e reconstrução da cultura”, pela qual “o indivíduo assimila os modos sociais de atividade, e,

quando na escola, os conhecimentos científicos, sob condições de orientação, mediação, interação social e cultural” (NUÑEZ e FARIA, 2004, p. 51). Por conhecimentos científicos, Vigotski (1989) os entende como aqueles elaborados na sala de aula por meio do ensino sistemático, cujo processo de formação é complexo, nunca alcançado por meio de aprendizagem passiva e memorística, mas por meio de uma atividade produtiva, mediada e social do aluno. De acordo com Nuñez e Pacheco (1997, p. 38), Leontiev considera que “todo conceito, como formação psicológica é fruto da atividade”. Nessa direção, ele aponta componentes básicos para a atividade de aprendizagem: sujeito – aquele que realiza ação; objeto – para onde o sujeito dirige a ação (conteúdos, habilidades, valores); motivo – fruto da necessidade do sujeito; objetivo – resultado a ser alcançado pelo sujeito (habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais); sistema de operações – procedimentos, métodos, técnicas e estratégias utilizadas; base orientadora da atividade (BOA) – imagem da ação que será realizada pelo sujeito; meios - recursos materiais e linguísticos utilizados; condições – ambiente em que ocorre a atividade; produto – resultado concretamente obtido (NUÑEZ e FARIA, 2004).

Adotando perspectiva semelhante a Vigotski, Leontiev (1985) considera que no processo de internalização (aprendizagem) a atividade interna se origina a partir da atividade prática externa. Contudo, estudos sobre como se realiza essa passagem foram feitos por Galperin. Para Galperin (1986), o processo de internalização como transição da atividade externa em interna é concebido segundo um ciclo cognoscitivo que pode ser estruturado em cinco etapas: motivacional – disposição à aprendizagem; estabelecimento de uma orientação estruturada para a realização da atividade; formação da ação no plano material ou materializado – realização da ação no plano externo; formação da ação no plano da linguagem externa – explanação de representações verbais do objeto; mental – ato do pensamento.

Considerando o pensamento teórico e modos de estruturação da atividade de aprendizagem discutidos acima, propomos uma estrutura de análise, validação externa e interna de SD, no caso específico deste trabalho com abordagem CTS, que valoriza a estruturação das atividades propostas em sala de aula e as ações realizadas no desenvolvimento dessas atividades como elementos essenciais no processo de significação dos conceitos científicos pelos alunos. Esta estrutura será utilizada para a análise da sequência didática em foco neste trabalho.

## **Metodologia**

Este trabalho ocorreu no âmbito de um grupo de pesquisa da UFRPE que reúne pesquisadores, professores, estudantes de pós-graduação e graduação cujo objetivo foi elaborar, aplicar e analisar sequências didáticas inovadoras para o ensino de Química.

A sequência didática analisada neste trabalho foi planejada e aplicada por uma professora do ensino médio e videogravada por outra professora, ambas integrantes da equipe técnica do referido grupo de pesquisa. A SD foi aplicada em uma turma da 2ª série do ensino médio de uma escola pública da cidade de Recife onde a primeira professora trabalha, foram envolvidos 42 alunos e as atividades propostas contemplaram seis momentos em horário escolar (ver quadro 01). Cada momento correspondeu a duas aulas geminadas constituindo um total de 12 aulas de cinquenta minutos cada. A turma envolvida foi selecionada considerando o período da aplicação da SD quando a professora estava trabalhando o conteúdo de Reações Químicas e Reações de Óxido-redução. Considerando que a abordagem CTS implica articulações com temas sociais, foram contemplados na SD problemas socioambientais envolvidos no descarte de pilhas e baterias. A escolha pela temática justifica-se tanto pela relevância do tema no contexto científico-tecnológico contemporâneo que exige cada vez mais a formação de um cidadão informado, crítico e participativo, quanto pela demanda do uso de pilhas e baterias no

cotidiano dos alunos. As atividades desenvolvidas durante a aplicação da SD foram filmadas para posterior transcrição e análise. A partir do material transcrito, inicialmente discutimos como a SD foi vivenciada e em seguida ilustramos como a estrutura de análise foi aplicada. Para isso, optamos por analisar as atividades realizadas no momento 4 da SD buscando validar externa e internamente as estratégias de adoção de uma abordagem CTS naquele momento em que foram abordados os conceitos científicos. Assumimos o interesse por este momento visto que a apropriação de significados para conceitos científicos é essencial neste tipo de abordagem (GARCÍA *et al.*, 2000).

Para validação externa, caracterizamos as tarefas do momento 4 da SD considerando alguns dos elementos constitutivos da atividade de aprendizagem, tal como propostos por Leontiev (1985) – sujeitos, objetos, motivos, objetivos, sistemas de operações, meios/condições – para, em seguida, analisarmos se tais elementos configuraram aspectos positivos e/ou negativos para o respectivo momento da SD quando comparado com abordagens mais tradicionais para o ensino da química. Para validação interna, analisamos trajetórias de aprendizagem percorridas pelos alunos ao longo do momento 4 da SD, tomando por base algumas das etapas propostas por Galperin (1986) para o processo de internalização - motivacional, orientação da ação, formação da ação no plano material e formação da ação no plano da linguagem externa, buscando identificar como os alunos construíram ou não significados para os conceitos implicados no funcionamento da pilha eletroquímica.

## Resultados e discussão

Considerando as orientações para o ensino com abordagens CTS, na sequência didática, a professora partiu dos resultados das pesquisas dos alunos para trazer para sala de aula discussões sobre problemas sociais relativos ao consumo e descarte aleatório de pilhas e baterias no lixo comum, aos diversos mecanismos de tratamento do lixo e à demanda do uso de pilhas pela sociedade, na tentativa de estabelecer o entendimento de que a questão da demanda e do descarte das pilhas no lixo comum se constitui como uma problemática social e ambiental (momentos 1 e 2 da SD). Em seguida, a professora introduziu uma discussão sobre a evolução histórica das pilhas e alguns modelos de pilhas com suas especificidades técnicas na tentativa de articular os conceitos a serem estudados com tecnologias de produção de pilhas e necessidades sociais para o seu uso. Por exemplo, a produção de pilhas alcalinas foi colocada como uma resposta à necessidade de pilhas com maior tempo de duração e com menor possibilidade de vazamentos em comparação com a pilha seca (momento 3 da SD). No momento 4, foco da nossa análise neste trabalho, a professora introduziu a abordagem dos conceitos científicos envolvidos no funcionamento das pilhas a partir de uma atividade experimental com o intuito de contribuir para que os alunos compreendessem as pilhas eletroquímicas como processo de geração de energia advinda de reações de óxido-redução de metais. Nesse sentido, foi proposta uma atividade com materiais simples e de fácil aquisição: a construção de uma pilha alternativa – a pilha-batata (momento 4 da SD). Seguindo na SD, a professora retoma a questão do descarte das pilhas e baterias como problema social e ambiental a partir da apresentação e discussão de dois vídeos – um primeiro que evidencia as implicações ambientais do descarte das pilhas e baterias e outro vídeo enfatizando que o descarte inadequado das pilhas aumenta os problemas gerados pelo lixo (momento 5 da SD). No momento seguinte, a professora apresenta os efeitos dos metais pesados, presentes nas pilhas, para o organismo humano, articulando essa discussão com a anterior sobre formas adequadas de descarte de pilhas e baterias. Para tanto, foi proposta a leitura em pequenos grupos do texto “Descarte das pilhas e baterias”. Finalmente, a professora propôs a simulação de um fórum que tinha como ponto de partida a afirmação: *Os produtos da ciência e da tecnologia sempre promovem o bem-estar da sociedade*. A professora buscava construir o

entendimento dos alunos sobre limites e possibilidades da ciência e da tecnologia na sociedade, bem como promover atitudes fundamentadas de co-responsabilidade social diante de problemas relacionados à ciência e à tecnologia (momento 6 da SD).

Como descrito na metodologia, buscamos ilustrar a validação externa e interna do momento 4 da SD. Para validação externa, caracterizamos este momento considerando os elementos constitutivos da atividade de aprendizagem propostos por Leontiev (1985) para, em seguida, analisarmos em que medida tais elementos se constituíram em aspectos positivos e/ou negativos quando comparado às abordagens tradicionais deste conteúdo no ensino de química.

**Quadro 02: Caracterização do momento 4 da SD**

<b>Atividades/ Sujeitos</b>	<b>Objetos</b>	<b>Motivos</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Sistema de operações (ações)</b>	<b>Meios/ Condições</b>
Discussão de componentes da pilha comum/ Professora Alunos	Pilha comum	O que tem no interior da pilha?	Conhecer componentes da pilha comum	Observar Registrar Questionar	Transparência Retroprojektor Laboratório
Experimentação Professora Alunos	Pilha	Como montar uma pilha?	Construir pilha alternativa Medir a voltagem	Organizar Montar Medir	Ficha-roteiro Materiais Laboratório
Discussão e sistematização dos conceitos científicos/ Professora Alunos	Oxidação Redução Reações de Óxido-redução DDP	Como a pilha gera energia?	Compreender conceitos científicos envolvidos no funcionamento da pilha Construir o conceito de pilha	Discutir Questionar Registrar	Anotações no quadro Laboratório
Discussão dos resultados do experimento/ Professora Alunos	Voltagem Reações de óxido-redução Reatividade de metais	Como a pilha alternativa gerou energia?	Discutir os resultados da experimentação Compreender conceitualmente a pilha	Discutir Questionar Registrar	Questões propostas na ficha-roteiro Laboratório
Resolução de exercícios/ Professora Alunos	Nomenclatura Oxidação Redução Representação Voltagem	Como aplicar os conceitos aprendidos?	Aplicar conceitos estudados na resolução de exercícios	Problematizar Resolver Questionar	Ficha de exercícios
Aplicação de questionários/ Estudantes Alunos	Pilha: como funciona Componentes Tipos	Apresentar bom desempenho na avaliação	Aplicar conceitos científicos e outros aspectos discutidos	Responder Questionar	Questionário

Na análise do quadro 2, verificamos que em todas as tarefas do momento 4 da SD – discussão de componentes da pilha comum, experimentação, discussão e sistematização dos conceitos científicos, discussão dos resultados do experimento, resolução de exercícios – a professora e os alunos se constituem em maior ou menor grau como sujeitos das tarefas propostas, configurando uma dinâmica interativa de discussão sobre o que está sendo apresentado na aula. Somente na atividade de resposta ao questionário é que os estudantes têm uma participação individual e não interativa.

Outro aspecto observado refere-se aos motivos que levaram os alunos a execução das tarefas propostas nesse momento da SD. Por exemplo, quando a professora apresenta e discute sobre

as “partes” constitutivas de uma pilha comum (primeira tarefa), os alunos pareceram motivados a conhecer o que há “dentro” das pilhas e como esses constituintes podem estar articulados em seu funcionamento. Os objetos (conteúdos), em seu conjunto, contribuíram para a construção de significados para os conceitos químicos implicados nas pilhas. Por exemplo, trabalhar os conceitos de oxidação, redução, reações de óxido-redução, voltagem e reatividade metálica, foi condição para que os alunos compreendessem melhor o funcionamento de uma pilha comum, sendo este um artefato tecnológico que gera energia a partir de reações de óxido-redução. Os objetivos propostos para as tarefas a serem realizadas no momento 4 da SD pareceram relevantes para a construção de significados para os conceitos químicos mencionados anteriormente. Por exemplo, o objetivo de discutir os resultados da experimentação se configurou como um aspecto positivo deste momento da SD, pois os alunos foram solicitados a expressarem suas hipóteses para explicações causais sobre a pilha alternativa que foi montada por eles. De um modo geral, as tarefas propostas exigiram dos alunos um sistema de operações mais significativo para a atividade de aprendizagem, ou seja, para a construção de conceitos científicos. Por exemplo, na atividade experimental, os alunos não só executaram ações para organizar materiais, montar uma pilha e fazer medidas, como foram solicitados a discutir, elaborar hipóteses e questionar sobre os resultados encontrados. Consideramos ainda que os meios/condições para a realização das tarefas naquele momento foram adequados para os objetivos pretendidos, uma vez que contamos com um laboratório bem equipado.

Em síntese, os elementos descritos no quadro 02 parecem suficientes para uma validação externa do momento 4 da SD, revelando aspectos positivos e negativos da abordagem de ensino adotada quando comparada à abordagens tradicionais. Dentre os aspectos positivos, citamos: primeiro, os alunos participaram das atividades propostas como sujeitos ativos no processo ensino-aprendizagem, diferentemente da condição de sujeitos passivos que possuem no ensino tradicional. Nesse sentido, é importante ressaltar que os alunos devem realizar ações apropriadas para a compreensão do assunto estudado – saindo do plano material da ação para um plano mental (GALPERIN, 1986). Um segundo aspecto diz respeito à preocupação em lançar questões motivadoras para os alunos realizarem as tarefas propostas. A atividade de aprendizagem tem como característica os motivos pelo quais os sujeitos se dispõem a agir (RIGON *et al.*, 2010). A atividade experimental parece contribuir como recurso motivador para o engajamento dos alunos na problematização dos conteúdos a serem estudados. Finalmente, consideramos como positivo, o fato de que os objetivos propostos para cada atividade não privilegiaram apenas ações concretas, mas ações mentais, que instigaram os alunos a organizarem suas ideias na elaboração de hipóteses e explicações. Dentre os aspectos negativos, podemos apontar que a orientação das ações realizadas na SD, de uma forma unilateral – proposta pela professora e realizada pelos alunos - não se diferenciou de abordagens tradicionais para o ensino de química, o que não possibilitou aos alunos ações mais independentes e criativas.

Um dos componentes da atividade de aprendizagem é o produto (LEONTIEV, 1985), considerado como o resultado de aprendizagem dos alunos, o que neste trabalho investigamos na medida em que as tarefas eram vivenciadas no momento 4 da SD e como elas contribuíram ou não para o processo de internalização dos conceitos científicos. É nesse ponto que consideramos uma mudança na forma de validação que vinha sendo empregada até então. Trata-se agora de uma validação interna da SD quando tentamos analisar trajetórias de aprendizagem percorridas por alunos (MÉHEUT, 2005) buscando identificar evidências de que eles construíram ou não significados para os conceitos estudados em sala de aula. Para isso, como descrito na metodologia, tomamos por base algumas das etapas do ciclo cognoscitivo propostas por Galperin (1986) para o processo de internalização.

De um modo geral, consideramos que as tarefas propostas no momento 4 da SD garantiram a transição dos alunos por etapas da assimilação propostas por Galperin (1986) e nesse sentido, propiciaram processos de internalização dos conceitos científicos trabalhados. Sendo assim, os alunos foram expostos inicialmente a uma etapa motivacional, primeira etapa no processo de internalização (GALPERIN, 1986). Na SD analisada, esta etapa foi vivenciada nos vários momentos principalmente com atividades que incluíam o uso de imagens e informações sobre pilhas usadas no cotidiano. No momento 4, a professora apresentou transparências com fotos de uma pilha comum desmontada e discutiu sobre os componentes da mesma, o que pareceu ter propiciado uma disposição positiva nos alunos. Consideramos que essa atividade contribuiu para suscitar nos alunos uma disposição para participar das ações posteriores. A atividade experimental – a construção de uma pilha alternativa – também pode ser considerada como motivadora para os alunos, possibilitando a discussão sobre conteúdos e procedimentos técnicos e o gerenciamento de informações necessárias para a organização da ação no plano material. Esses aspectos podem se constituir como uma base orientadora da ação (BOA), considerada como segunda etapa no processo de internalização (GALPERIN, 1986). Esta é uma etapa particularmente importante uma vez que de acordo com Nuñez e Faria (2004, p. 59), “a escola geralmente presta pouca atenção a esse momento de orientação, (...), prestando maior atenção à própria execução da atividade (...)”. Nesse sentido, quando os alunos não compreendem os objetivos das ações realizadas eles apresentam dificuldades para ir além da execução mecânica de procedimentos, o que pode prejudicar o processo de internalização. A discussão realizada em torno da atividade experimental possibilita aos alunos transitarem da etapa motivacional para a etapa de formação da ação no plano material, terceira etapa no processo de internalização (GALPERIN, 1986). Na realização das atividades propostas para o momento 4 da SD, foram discutidas e explicadas as operações constitutivas da ação o que possibilitou aos alunos compreenderem as ações externas realizadas sobre o objeto de sua aprendizagem: o funcionamento da pilha eletroquímica.

Após a atividade experimental a professora discutiu e sistematizou conceitos científicos envolvidos no funcionamento das pilhas. Em seguida, ela propôs aos alunos uma discussão dos resultados da experimentação, a resolução de exercícios e a aplicação do questionário. Com estas atividades, foi possibilitado aos alunos um movimento para a etapa de formação da ação no plano da linguagem externa, como quarta etapa no processo de internalização (GALPERIN, 1986). Segundo Galperin (citado por NUÑEZ e PACHECO, 1997, p. 70), “a linguagem nesta etapa começa a cumprir uma nova função, visto que na primeira e segunda etapa (...); a tarefa do aluno consistia não em compreender as palavras, (...). Mas, agora a linguagem oral se converte em portador independente de todo processo: tanto da tarefa como da ação”.

Nesse sentido, a discussão e sistematização de conceitos científicos, a discussão dos resultados da experimentação, a resolução de exercícios e a aplicação do questionário, parecem tarefas relevantes para o processo de formação de conceitos químicos implicados no funcionamento da pilha eletroquímica, visto que, segundo Galperin, possibilitam a transição das ações no plano material para ações no plano da linguagem externa, ou seja, possibilitam aos alunos expressarem propriedades essenciais dos conceitos em palavras, convertendo-se em seus significados. Assim, as palavras são liberadas de suas limitações sensoriais e podem ser utilizadas de forma consciente pelos alunos (NUÑEZ e PACHECO, 1997).

Para analisar aspectos dessa transição, buscamos identificar, a partir das respostas dos alunos ao questionário, dificuldades dos mesmos em traduzir ações realizadas no plano material para o plano da linguagem externa, ou seja, dificuldades para se orientarem não só pelo conteúdo do objeto, mas também pela expressão verbal.

O questionário teve como título “mostre o que voce aprendeu” e foi composto por quatro questões: 1- o que é uma pilha?/ 2-como as pilhas geram energia?/ 3- Quais os componentes principais de uma pilha?/ 4- escreva exemplos de alguns tipos de pilhas indicando em que diferem. Dentre tais questões, selecionamos as duas primeiras, visto que traduziam alguns dos objetivos propostos para o momento 4 da SD, como, por exemplo, compreender conceitos científicos envolvidos no funcionamento das pilhas e construir significado para o conceito de pilha eletroquímica.

A análise das respostas à primeira questão revelou que 69,4% dos alunos compreendem pilhas como instrumento que produz/gera energia, 19,5% como instrumento que armazena energia e 11,1% como fonte de energia. Respostas como – *“é um instrumento de produção de energia”*; *“armazenamento de energia”*; *“uma fonte de energia”* – ilustram, respectivamente, esses resultados. Dessa forma, podemos observar que a maioria dos alunos compreende uma pilha eletroquímica como instrumento que produz energia e, em termos gerais, essa compreensão parece sinalizar indícios de que a construção de significado para o conceito de pilha eletroquímica pelos alunos teria o seu processo iniciado naquele momento.

Entretanto, se a análise anterior trouxe evidências de que a maioria dos alunos compreendeu a pilha como instrumento de produção de energia, a análise das respostas dos alunos à segunda questão trouxe evidências de que eles parecem ainda muito confusos sobre como essa energia é produzida. A análise revelou que 38,9% justificam a geração de energia da pilha devido às reações químicas, 19,4% à perda e ganho de elétrons, 16,7% aos seus componentes químicos constitutivos, 16,7% às reações químicas que envolvem oxidação e redução e 8,3% à perda e ganho de elétrons como processos de oxidação e redução. Respostas como – *“através das reações químicas”*; *“geram com a perda e ganho de elétrons”*; *“quando os componentes entram em contato uns com os outros, fazendo com que gere energia”*; *“através de uma reação química onde ocorre oxidação e redução”*; e *“através da perda e ganho de elétrons no caso oxidação e redução”* – ilustram, respectivamente, esses resultados. Embora a maioria dos alunos tenha justificado a produção de energia da pilha eletroquímica devido à ocorrência de reações químicas, não explicitou aspectos essenciais dessas reações químicas, como por exemplo, envolvimento de processos simultâneos de oxidação e redução, o que foi identificado em apenas 16,7% das respostas.

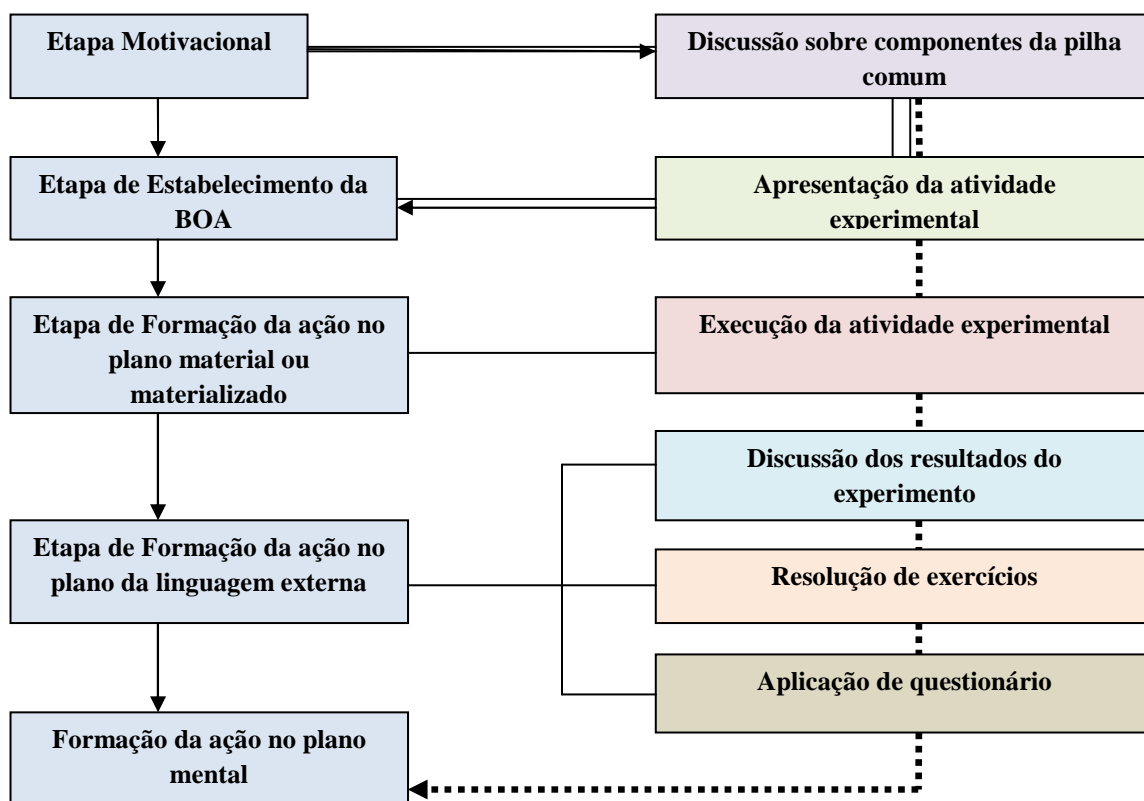
Nesse sentido, podem ser apontadas algumas dificuldades dos alunos em traduzir ações realizadas no plano material para o plano da linguagem externa, etapa em que eles expressariam as propriedades essenciais dos conceitos em palavras, convertendo-se em significados. Dentre outras razões para esse fato, está a questão da apropriação da linguagem científica. Segundo Mortimer (2010), “aprender é dialogar com a palavra do outro. É povoar esta palavra com suas próprias contrapalavras”, dessa forma, a construção de significados para conceitos científicos implica em uma articulação entre a linguagem cotidiana e a linguagem científica. Dessa forma, a aprendizagem de conceitos científicos depende da apropriação da linguagem científica (MORTIMER, 2010). Nesse sentido, o fato da maioria dos alunos estabelecer uma relação causal entre a produção de energia das pilhas e as reações químicas sem expressar o envolvimento de aspectos essenciais, como por exemplo, processos simultâneos de oxidação e redução, parece uma evidência de que as ações realizadas na atividade experimental não deram conta da apropriação da linguagem científica pelos mesmos, visto que eles não usaram em suas respostas tais aspectos. Por exemplo: alguns até relacionaram a produção de energia à perda e ganho de elétrons, mas não às reações químicas de oxidação e redução, respectivamente. Assim, concordamos com Mortimer (2010) quando coloca que a apropriação da linguagem científica pelos alunos constitui um dos principais problemas da aprendizagem de conceitos científicos.

Contudo, as respostas dos alunos ao questionário configuram uma tentativa de verbalizar o que visualizaram e executaram durante a atividade experimental e, isso mostra a relevância de se explorar a etapa de elaboração da linguagem verbal no processo ensino-aprendizagem, pois é ela que permite que a ação no plano material se traduza na lógica dos conceitos e se generalize (NUÑEZ e PACHECO, 1997). Segundo Vigotski (1989, p. 88), as funções psíquicas superiores, como o pensamento, por exemplo, são processos mediados e os signos constituem o meio básico para dominá-los e dirigi-los, dessa forma, “na formação do conceito esse signo é a palavra, que em princípio tem papel de meio na formação do conceito e posteriormente, torna-se seu símbolo”.

Sendo assim, quando os alunos externalizam ações através da linguagem verbal transitam para a formação da ação no plano mental, quinta etapa no processo de internalização (GALPERIN, 1986). Embora não tenhamos acesso aos processos internos que ocorrem nessa transição, acreditamos que a etapa de formação da ação no plano mental pode ser iniciada, por exemplo, na etapa motivacional, de estabelecimento da BOA ou na etapa da formação da ação no plano material ou materializado, visto que alunos com um maior grau de percepção podem elaborar gradualmente ideias durante as tarefas iniciais, ou seja, podem transitar na etapa de formação da ação no plano mental.

Enfim, apesar de os resultados da nossa análise apontar para dificuldades da maioria dos alunos na transição da formação da ação no plano material para a formação da ação no plano da linguagem externa, 16,7% das respostas dos alunos parecem apresentar indícios da construção de significados para as ações realizadas na atividade experimental. Se a construção de significados para conceitos científicos é inseparável da apropriação da linguagem científica (MORTIMER, 2010), então as respostas desses 16,7% podem ser consideradas como evidência da construção de significado para um dos conceitos de base no funcionamento da pilha eletroquímica, o de reação de óxido-redução. Isso, considerando que os alunos fizeram uso da linguagem científica quando expressaram a energia produzida nas pilhas como produto de reações químicas que envolvem processos de oxidação e redução. Em outras palavras, expressaram uma relação de causa e efeito entre produção de energia da pilha e reações químicas que envolvem processos simultâneos de oxidação e redução, caracterizando uma metáfora gramatical, que é própria da linguagem científica (MORTIMER, 2010). Por exemplo, respostas como – *“através de uma reação onde ocorre oxidação e redução”*; *“transmitindo elétrons através de reações químicas”*; e *“através de um processo de reação química que gera a oxidação e redução”* – ilustram estes indícios.

Nessa perspectiva, consideramos a inserção da linguagem científica nas respostas desses alunos à 2ª questão como evidência de uma trajetória de aprendizagem, que por sua vez, é processual. Assim, para uma melhor visualização da construção dessa trajetória de aprendizagem, elaboramos e apresentamos a seguir um fluxograma relacionando as etapas propostas por Galperin com as diversas atividades vivenciadas pelos alunos durante o momento 4 da SD.



**Fluxograma: Representação da trajetória de aprendizagem dos alunos**

Legenda: —> etapas sequenciais  
 — etapas relacionais  
 -.-> relações possíveis entre as etapas

## Considerações finais

A análise e avaliação do momento 4 da SD mostrou contribuições reais de uma abordagem CTS para o processo de ensino-aprendizagem de química quando comparada com uma perspectiva mais tradicional da sala de aula. A validação externa apontou como aspectos positivos, a participação ativa dos alunos, proposição de atividades motivadoras e objetivos que privilegiaram ações concretas e mentais. Como aspectos negativos, a análise aponta para falhas nas orientações das ações realizadas pelos alunos, visto que estas foram propostas pela professora, não se diferenciando de abordagens mais tradicionais em aulas de ciências. A validação interna trouxe evidências da trajetória de aprendizagem dos alunos, visto que, mostrou indícios da construção de significados para conceitos científicos a partir da apropriação da linguagem científica, como por exemplo, para o conceito de reação de óxido-redução. Nesse sentido, essa trajetória de aprendizagem teve relação direta com as atividades propostas, com a mediação da professora e com as ações realizadas pelos alunos, e pode evidenciar que uma organização apropriada da atividade de ensino pode contribuir com a transição dos alunos por todas as etapas de assimilação e resultar em processos de aprendizagem mais significativos.

Finalmente, algumas questões podem ser propostas para futuras investigações, dentre outras, poderíamos investigar em que medida a elaboração e aplicação de sequências didáticas inovadoras para o ensino de química se constitui como *atividade de ensino* do professor. Em outras palavras, em que medida discussões e ações realizadas no âmbito de grupos de

pesquisas que têm como objetivo elaborar, aplicar e analisar sequências didáticas para o ensino de química geram necessidades, motivos, objetivos, ações e operações que possam desencadear a atividade de ensino dos professores envolvidos, visto que quando esses se colocam em atividade de ensino continuam se apropriando de conhecimentos que lhe permitem organizar ações que promovam a atividade de aprendizagem dos alunos. Fato este relevante, pois, segundo as teorias socioculturais, o homem se constitui pelo trabalho, e assim, o professor se constitui como professor na *atividade de ensino*, ou seja, o professor se constitui como professor ao objetivar a sua necessidade de ensinar, sua necessidade de organizar o ensino para promover a atividade de aprendizagem dos alunos.

## Referências

GALPERIN, P. YA. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales. In: **Antología de la Psicología Pedagógica y de las edades**. La Habana. Editorial Pueblo y Educación, pp. 114-118, 1986.

GARCÍA, M. I. G.; CERESO, J. A.; LÓPEZ, J. L. L. **Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. 1. ed. Madrid: Editorial Tecnos, 2000.

LEACH, J.; HIND, A. J.; LEWIS, J.; SCOTT, P. **Desining and evaluating shortscience teaching sequences: improving student learning**. In: Research and Quality of Science Education (Eds. Kerst Boersma, Martin Goedhart, Onno de Jong e Harrie Eijelhof) Holanda: Spring.2005.

LEONTIEV, A. N. **Actividad, Conciencia y Personalidad**. La Habana Editorial Pueblo y Educación, 1985.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequence tools for learning and/or research. In: **Research and Quality of Science Education**. Holanda: Springer, 2005.

MORTIMER, E. F. As chamas e os cristais revisitados: estabelecendo diálogos entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana no ensino das Ciências da natureza. In: SANTOS, W. L. P. dos.; MALDANER, O. A. (organizadores). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2010.

MOURA, M. O. de; ARAÚJO, E. S.; RIBEIRO, F. D.; PANOSSIAN, V. D. M. A atividade orientadora de ensino como unidade entre ensino e aprendizagem. Em: MOURA, M. O de. (organizador). **A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural**. Brasília: Liber livro, 2010.

NUÑEZ, I. B; FARIA T. C. L. de. O enfoque sócio-histórico-cultural da aprendizagem: os aportes de L. S. Vygotsky, A. N. Leontiev e P. Ya Galperin. Em: NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciencias naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 300 p, 2004.

NUÑEZ, I. B., PACHECO, O. G. **La formación de conceptos científicos: una perspectiva desde la teoría de la actividad**. EDUFERN. VIII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS (ISSN 0212-4521), 1997.

RIGON, A. J.; BERNARDES, M. E. M.; MORETTI, V. D.; CEDRO, W. L. O desenvolvimento psíquico e o processo educativo. Em: MOURA, M. O de. (organizador). **A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural**. Brasília: Liber livro, 2010.

VIGOTSKY L. S. **Pensamiento y Lenguaje**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.