

Possibilidades e limitações da inserção de aspectos sociais em aula de química: uma análise sob a perspectiva da teoria histórico-cultural e da teoria da atividade.

*Beatriz V. Schneider-Felicio¹(PG), Mauricio dos Santos Matos²(PQ), Cristiano Mattos³ (PQ)

¹PPG Interunidades em Ensino de Ciências, USP, São Paulo. *biavss23@usp.br

²Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto.

³ Instituto de Física, USP, São Paulo.

Palavras-Chave: formação de conceitos, Teoria Histórico-Cultural, Teoria da Atividade.

RESUMO:

É cada vez mais crescente e urgente a necessidade de incluir aspectos sociais, pertencentes à realidade do aluno nas aulas de química, de modo que os conceitos abordados façam sentido para o mesmo. Não o sentido dicionarizado, mas o que complexifique a sua relação com o mundo de uma forma consciente e crítica. Este trabalho visa analisar características do processo de formação de conceitos por meio das interações discursivas entre alunos e professor durante um episódio de uma aula de química fundamentada em aspectos da Teoria Histórico-Cultural e da Teoria da Atividade. A análise mostra que a estrutura da atividade auxilia a mediação da professora e que motivos e ações provenientes da realidade social do aluno possibilitam processos de engajamento ativos deste. Aponta que as limitações dos alunos com mais dificuldades podem ser superadas com a ampliação da estrutura da atividade e a inclusão de novos instrumentos mediadores.

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa considera, assim como Santos e Mortimer (2009), em pesquisa realizada em aulas de química, que o estudo das interações discursivas na abordagem de aspectos sociocientíficos deve ser fundamentado na perspectiva de educação humanística, a qual busca incorporar ao currículo a discussão de valores e reflexões críticas que possibilitem desvelar a realidade e a condição humana. Os autores enfatizam a necessidade de ressignificação da função social do ensino de ciências com o desenvolvimento de atitudes e valores dentro dessa perspectiva, o que implica em uma postura dialógica do professor em sala de aula.

Paulo Freire, dentre outros autores da América Latina, é uma referência nacional para uma educação de caráter humanístico. Sua referência é utilizada tanto por autores brasileiros do movimento CTS como, além os supracitados, Auler (2002, 2003), Auler e Delizoicov (2001), Coelho e Marques (2007) e Santos (2008), quanto pelos autores do movimento da Educação Popular. Por esta pesquisa se encontrar relacionada a um projeto de educação popular, não é possível deixar de reconhecer as contribuições de Paulo Freire para a educação e as relações existentes, na pesquisa em Educação em Ciências, entre suas ideias e a perspectiva CTS/CTSA (Santos, 2008; Santos e Mortimer, 2009; Strider, 2012; Camillo, 2015). Este último, em particular, traz contribuições para uma construção teórica própria do Ensino de Ciências e de sua pesquisa, no sentido de uma educação humanística. Camillo traz uma discussão que propõem alternativas à perspectivas individualistas de educação, considerando o desenvolvimento humano sob uma perspectiva sócio-histórico-cultural, relacionando contribuições da perspectiva vigotskiana com a perspectiva de Paulo Freire.

Este trabalho é um recorte de uma pesquisa de doutorado em andamento. Consiste na análise das interações discursivas de um episódio de uma aula de

química, nível ensino médio, aplicada em um projeto de educação popular. A aula versa sobre o conteúdo curricular termoquímica, entalpia de combustão, e o episódio analisado passa por um momento da aula em que objetivou-se a relação do conceito de entalpia com fatores econômicos relacionados ao uso do álcool e da gasolina pelo aluno, como consumidor, em uma suposta compra de um carro.

A elaboração da atividade foi fundamentada na Teoria Histórico Cultural de L. S. Vigotski, principalmente considerando o processo de formação de conceitos inseridos dentro de uma situação problema. Adotamos a concepção de estrutura da atividade proposta por Leontiev (2012) para a organização da sequência de atividades, e a análise do episódio está fundamentada na Teoria Histórico-Cultural e na Teoria da Atividade de A. N. Leontiev (1903 – 1979). O objetivo deste artigo é analisar o episódio sob a luz destas teorias para compreender como a atividade proposta contribuiu para a negociação dos conceitos envolvidos e o que precisa ser aprimorado na estrutura, instrumentação e mediação da atividade.

Como pressuposto inicial, esta pesquisa considera por conceito um objeto cujo processo de formação tem início, porém não tem fim. O conceito consiste em um conjunto dinâmico de atributos e seus respectivos significados em constantes relações de contexto e entre contextos, cuja definição deve ser o produto, não o início, de seu processo de formação.

Essa compreensão do significado de conceito, traz implicações fundamentais para a compreensão do processo de ensino e aprendizagem de conceitos, permitindo reconhecer, no ensino de química atual, a presença de uma ênfase ainda centrada na transmissão da definição do conceito em um único contexto. Entretanto, tais conceitos permanecem sem a abordagem que inclua as possíveis relações de contexto e entre contextos, ampliando seu significado e, pior, quando considerada espera-se que o aluno estabeleça as relações por si próprio¹. A abordagem do conceito nesta perspectiva é, portanto, estática e isolada em um único objeto num determinado contexto, dificultando o processo de ampliação de significado do conceito. Ao estudar as pesquisas sobre o processo de formação de conceitos de crianças e adolescentes, de autores de sua época, Vigotski aponta que “a formação de conceitos é um processo de caráter produtivo e não reprodutivo” e que ocorre em meio a operações complexas voltadas para a solução de algum problema (VIGOTSKI, 2010, p. 156).

A perspectiva vigotskiana traz contribuições para o educador que pretende elaborar aulas que prezem pela formação de conceitos em meio a um coletivo de aprendizes. Para esta pesquisa, a principal contribuição está na preparação de uma situação-problema ou uma série de situações problema, que ofereçam contextos, objetivos e motivos para que os alunos desenvolvam a necessidade de buscar, relacionar informações e assim iniciar a construção de novos conceitos, reelaborando aqueles já internalizados. Ou seja, partimos de “um problema que só possa ser resolvido pela formação de novos conceitos” (idem, p.157). A noção de problema se associa aos conceitos de atividade, motivo e objetivo, desenvolvidos por Leontiev na Teoria da Atividade. Segundo Leontiev:

¹ Para elaborações próprias/individuais do aprendiz, ver conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) na obra “A formação social da mente” (VIGOTSKI, 2007), pelo qual fica claro que as elaborações individuais do aprendiz são possíveis a partir do que ele já tem internalizado. Novas elaborações são possíveis por meio das interações com, e mediações de, outrem.

Não chamamos todos os processos de atividade. Por esse termo designamos apenas aqueles processos que, realizando as relações do homem com o mundo, satisfazem uma necessidade especial correspondente a ele (...) Por atividade, designamos os processos psicológicos caracterizados por aquilo que o processo, como um todo, se dirige (seu objeto), coincidindo sempre com o objetivo que estimula o sujeito a executar esta atividade, isto é, o motivo. (LEONTIEV, 2012, p. 68)

Assim, a atividade como um todo, deve estar relacionada a um motivo, que leva seu sujeito a executar ações, as quais tem fins específicos e cujas condições chamam-se de operações. A situação problema seja numa atividade de estudo (LEONTIEV, 2012; DAVIDOV e MARCOVA, 1987), seja numa atividade de ensino e aprendizagem (RUBTSOV, 1996; MOURA e outros, 2010) ocupa uma posição na atividade junto à ação, atribuindo à atividade um caráter problematizador.

Neste trabalho, considera-se o uso de situações-problema (Vigotski, 2010) ou situações desencadeadoras da atividade (Moura, 2010) para possibilitar formação de conceitos, a fim de se trabalhar a aplicação do conceito em um contexto real e se evitar definições estáticas e isoladas dos conceitos, que se encerrem em uma suposta memorização. Não se nega aqui, as possíveis definições de um conceito, mas a ideia de que esta deve ser um produto de um processo de formação do conceito, não seu início. Ainda assim, como resultado de um processo, a definição tem um grau de generalização limitado e fará sentido apenas para um conjunto limitado de contextos abordados no problema. Por isso, a necessidade de escolhas de contexto que tenham relação com a realidade concreta do aprendiz. Ou seja, a imposição de um conceito que existe fora da realidade do aluno limita profundamente a produção de sentido, desvincula o motivo da atividade, dificultando e até mesmo impedindo o objetivo da atividade.

Segundo Vigotski (2010), os conceitos científicos, incluindo os conceitos científicos da idade escolar, além de serem formados fora do mundo cotidiano, são formados por meio de sistemas, por sistemas de conceitos co-subordinados em relação com outros conceitos, relações de generalidade promovidas por generalizações, não relacionado diretamente com a realidade concreta, por isso abstratos. Consideraremos aqui o conhecimento cotidiano do aluno sem equipará-lo ao conceito espontâneo de Vigotski. Para Vigotski (2010) os conceitos espontâneos são conceitos não sistematizados e não conscientizados² em comparação aos conceitos científicos. Estes, ao longo da vida escolar da criança contribuem para a sistematização dos conceitos espontâneos. Logo, é preciso considerar que o adolescente já possui conceitos espontâneos sistematizados. Dependendo do grau ou nível de sistematização e conscientização do conceito espontâneo, ele tende a deixar de ser espontâneo, o que não quer dizer que se tornou um conceito científico. Por isso, iremos nos referir ao conhecimento cotidiano ou senso comum (LOPES, 1999).

Essas contribuições reforçam os subsídios para a elaboração de uma aula em que a situação problema parta do concreto e se dirija ao abstrato. Ao retornar ao concreto, este estará reorganizado, será o concreto complexificado. Poderá fazer

² A expressão de que os conceitos espontâneos são “não conscientizados” vem de Piaget e não se refere a um estado de inconsciência, como na terminologia de Freud, mas de uma consciência parcial. Nem inconsciente, nem totalmente consciente. Ver Vigotski (2010, p. 288).

novas relações com outras generalizações dentro do sistema de relações de generalidade e prosseguir a complexificar-se.

Sabemos das limitações que um episódio representa em relação ao processo temporal de complexificação dos conceitos, porém foi possível observar alguns movimentos da formação de relação entre conceitos, generalizações em determinados contextos, detectar falhas estruturais da atividade e propor reformulações.

METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos envolveram a elaboração, e aplicação de uma sequência de atividades, sendo a coleta de dados realizada por meio da filmagem e gravação em áudio dessa aplicação, e por meio da transcrição e análise das interações discursivas. A sequência de atividades foi elaborada e validada pela pesquisadora, juntamente com o grupo de pesquisa e com professores do grupo CIMEAC (Centro de Investigações de Metodologias Alternativas Conexão), onde foi aplicada pela pesquisadora para uma turma de vestibulandos, com a presença total de 21 alunos e com duração de 6 horas-aula, em dois dias no período noturno. É importante ressaltar que o CIMEAC possui uma gestão escolar vinculada ao movimento de Educação Popular. O currículo é dividido em módulos temáticos e as aulas não são separadas por disciplinas, são aulas multidisciplinares nas quais participam de 2 a 3 professores de diferentes áreas. No caso, o episódio analisado está inserido em uma aula de ciências naturais contida no módulo “Energia”, com foco na química, e participação, além da professora pesquisadora, de um professor de química e um professor de biologia. O título da aula “Matriz energética brasileira: qual a parte que me cabe nesse latifúndio?” introduz uma discussão que caminha na seguinte direção: potencialidades da matriz energética brasileira, possíveis relações que temos com esta matriz energética, com os tipos de fonte de energia, com os combustíveis fósseis e combustíveis renováveis, com álcool gasolina e biodiesel e com meios de transporte. A partir dessa discussão inicial é relacionada a necessidade de meios de transporte levantada na discussão anterior com a proposta de que os alunos pensassem na escolha de um carro próprio. Que critérios seriam utilizados? Beleza? Economia? Consideração com o meio ambiente? O episódio analisado versa sobre o recorte da aula no qual os alunos, pensando na compra de um carro para si, elaborem critérios de escolha, dentre os quais elegeram o fator econômico. Para verificar o que seria um carro econômico são convidados a pensar, a partir dos combustíveis disponíveis no mercado de carros populares, qual a origem da energia do combustível e qual combustível, entre álcool e gasolina, compensa mais economicamente e por quê. Para isso, devem comparar os valores de entalpia liberados pelo álcool e pela gasolina, sua influência no rendimento do motor e no preço desses combustíveis, e que estas comparações desencadeassem discussões sobre fatores econômicos relacionados à entalpia, ou seja, fatores referentes à realidade social na qual o aluno está inserido relacionados a conceitos científicos escolares da química.

Para direcionar as ponderações dos alunos diante desta escolha, deu-se início à atividade cujo esquema está representado no diagrama da Figura 1. O primeiro nível do diagrama representa o motivo da atividade, o segundo nível as ações da atividade e o terceiro nível as operações. O termo “sequência de atividades” corresponde aos momentos em que as ações do segundo nível se tornam motivos. Se considerarmos as ações da atividade como motivos das operações, estas se tornam ações e dão origem à novas operações, como representado no diagrama da Figura 2. Assim, esperou-se

que “Verificar qual combustível compensa economicamente” tenha assumido o papel do motivo da atividade, na qual o aluno entra no momento em que se concentra em responder às questões: “Qual combustível compensa mais economicamente?” e “De onde vem o desempenho energético do combustível? Como posso calculá-lo?”. Estas últimas questões indicam as condições de partida, por meio das quais os alunos tomaram a energia de combustão por base de comparação, primeiramente, com o rendimento do motor e, posteriormente, deste com o preço dos combustíveis. Comparações que se tornaram as novas ações da atividade. As condições vinculadas à quantificação da energia do combustível levam a novas operações, como escrever e balancear a reação de combustão, calcular a entalpia de combustão, como mostra o diagrama da Figura 2.

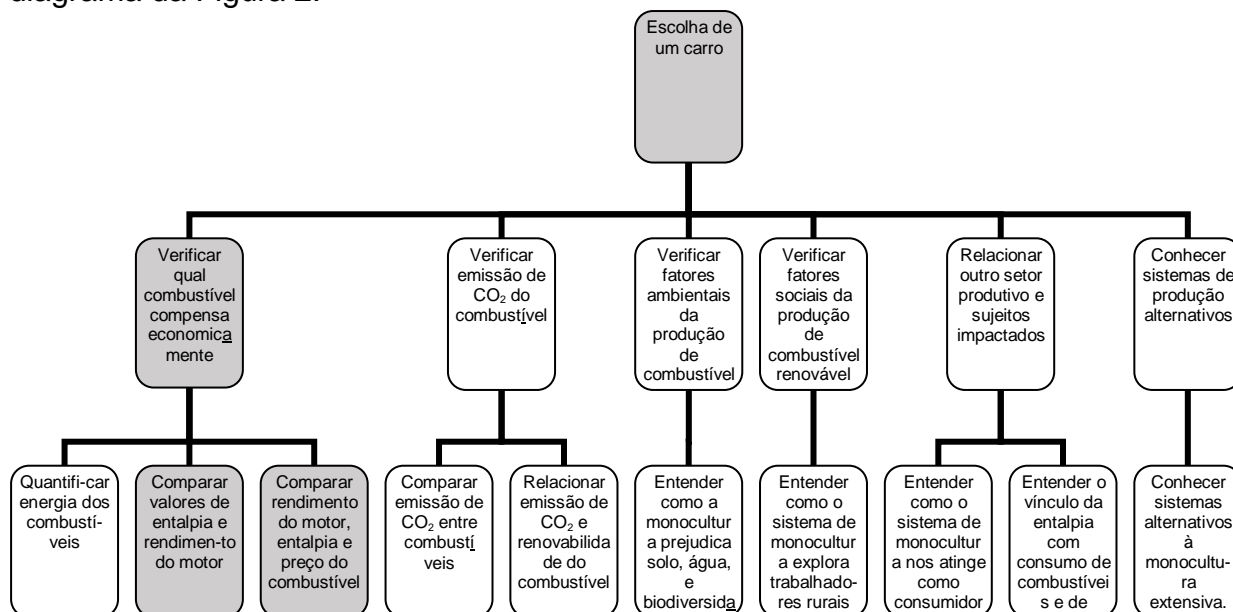


Figura 1: diagrama referente à atividade de aprendizagem “Refletindo sobre a escolha de um carro”. 1º nível: motivo. 2º nível: ações. 3º nível: operações.

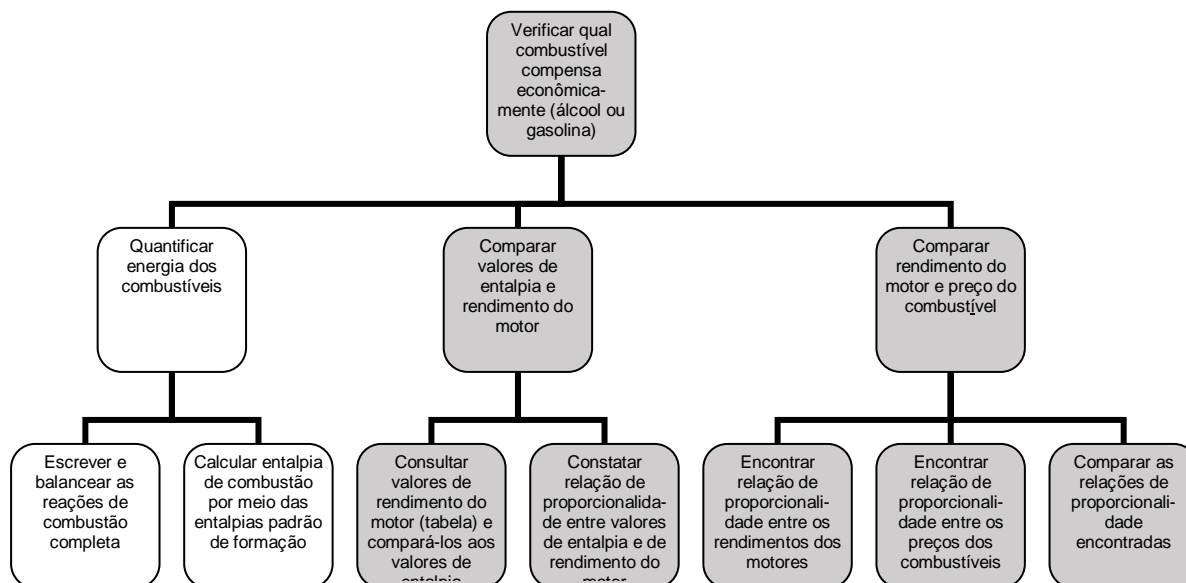


Figura 2: Atividade derivada de uma ação. 1º nível: motivo. 2º nível: ações. 3º nível: operações.

Estas operações, no momento em que se tornam foco da atividade do aluno, assumem o papel de ações da atividade, gerando novas operações como: busca por valores de entalpia padrão de formação³ em tabela, operações de somatória, bem como operações de tentativa e erro, multiplicação e divisão para o balanceamento da reação. Semelhantemente, as condições vinculadas à comparação entre valores de entalpia e rendimento do motor e à comparação do rendimento do motor com os preços dos combustíveis levam a novas operações, descritas no terceiro nível do diagrama acima, em tom de cinza. Ao tomar consciência dessas operações, as mesmas podem se tornar ações da atividade ao levarem o aluno a realizar novas operações, como cálculos de razão e porcentagem, soma, subtração, divisão e multiplicação, não descritas no diagrama. Estas permutações entre motivo, ações e operações da atividade indicam o movimento dialético da atividade de aprendizagem (DAVIDOV e MARCOVA, 1987).

O episódio analisado neste trabalho envolve os motivos, ações e operações da atividade tonalizados em cinza.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O episódio tem início após os alunos envolvidos terem calculado a entalpia do álcool e da gasolina⁴.

207 *Gabriela: Deu 4470 KJ/mol*

208 *Rafael: A entalpia.*

209 *Gabriela: A entalpia.*

210 *P1: Do quê? Da gasolina?*

211 *Gabriela: É.*

212 *Rafael: E no caso aqui do meu, do álcool, deu menos 1236. Aí pra responder que é..., qual dos dois compensa mais é, quando libera mais, é mais? É melhor? Quando libera menos é melhor? Como é que é?*

213 *P1: Então, a gente pode... O que que vai fazer?... Qual compensa mais a gente pensa no carro, né? Que a gente tá pensando em escolher um carro. É..., o que que vai fazer eu optar por álcool ou gasolina?*

214 *Rafael: Qual roda mais...*

215 *Gabriela: ...por quilômetro e qual é mais barato.*

216 *P1: E isso...*

217 *Rafael: Pra compensar mais tem que liberar mais calor.*

218 *Gabriela: Não, não é nem tanto em questão de entalpia, é questão de lógica também.*

219 *P1: É, libera, questão de liberar mais calor, e uma outra questão também que vocês falaram, de rodar. O quanto que roda? Qual é o rendimento do motor?*

220 *Gabriela: Tem na tabelinha, lá trás.*

221 *P1: É, tem na tabelinha o rendimento do motor. É lá na página 17.*

222 *Gabriela: A gasolina, na cidade, ela faz 13,5 quilômetros por litro, e o álcool, 9,2 quilômetros por litro. Então rende mais.*

223 *P1: Então, e a gasolina libera mais energia?*

224 *Rafael: Vê aí.*

³ O cálculo de entalpia de combustão foi realizado a partir de valores tabelados das entalpias padrão de formação dos reagentes e produtos envolvidos nas reações de combustão completas do álcool e da gasolina.

⁴ Os números representam os turnos das falas, os nomes são fictícios e P1 representa a professora pesquisadora.

- 225 Gabriela: Quanto libera o álcool, do seu
- 226 Rafael: menos 1236
- 227 Gabriela: O meu deu 4470 KJ/mol
- 228 P1: É, menos 4470
- 229 Rafael: Ah, então libera mais.
- 230 P1: Então a gasolina...?
- 231 Gabriela: Libera mais energia.
- 232 P1: Libera mais energia, e?
- 233 Rafael: Roda mais.
- 234 Gabriela: Roda mais.
- 235 P1: Será que tem alguma relação?
- 236 Rafael: Então, isso que eu ia (alunos pensam durante 6 segundos)
- 237 Gabriela: Não fica coisado na minha cabeça o que que é esse "liberar energia", sabe, num, num consigo...
- 238 P1: Liberar energia: é..., a reação de combustão, ela não é, tipo uma explosão?
- 239 Gabriela: É.
- 240 P1: Né, e, por exemplo, o motor do carro, como...
- 241 Max: É, vai ficar mais fácil, acho que, tipo, o motor do carro, não é nem tanto, tipo, queimar, jogar energia fora, é transformar energia, que ele tá pegando essa energia, transformando em outro tipo de energia, que é o movimento. Então, tipo, quanto mais energia ele tá liberando, mais ele tá transformando em movimento, e mais o carro anda.
- 242 Gabriela: Ah, entendi, agora sim.
- 244 Gabriela: Mas também tem que ver o preço, se é mais barato.
- 245 Rafael: O álcool é bem mais barato.
- 246 P1: Então, mas olha só, olha só, concentra de novo no que vocês tavam vendo: a gasolina libera mais energia, e? Rende mais.
- 247 Rafael: Rende mais, só que é mais caro.
- 248 P1: Qual que é...
- 249 Gabriela: Huuummm!
- 250 P1: Tem alguma relação aí.
- 268 Gabriela: Bia! A gasolina, ela é mais cara que o álcool, isso faz alguma interferência, ou é muito pouco, assim, um pouco, pouco elevada, não é aquela coisa tão...então, é melhor ter gasolina, não sei, entendeu?
- 269 P1: Quanto será que gasolina é mais cara que o álcool? Quanto será?
- 270 Pedro: Não, tá, mas isso daqui então não,
- 271 P1: Se a gente fosse, por exemplo, se a gente fosse comparar, é, a porcentagem, assim, do preço da gasolina em relação ao álcool? Se você procurar, na internet, por exemplo, ce vai ver que o álcool..., hum, é que daí eu vou falar pra vocês. É que assim, é..., vocês viram que tem a ver, que quem libera mais energia, rende mais, não viram?
- 272 Gabriela: Aham. Porque a energia é como o impulso.
- 273 P1: É, quem libera mais energia dá mais rendimento pro motor. E isso falando do mesmo motor, porque o motor é semelhante, do álcool e da gasolina, tem pouquinha diferença. Agora, para ver o preço, a gasolina é mais cara, só que a gasolina rende mais. O álcool é mais barato, só que ele rende menos. Se a gente comparar, por exemplo, o rendimento do motor com o preço, será que o álcool é realmente mais barato? (alunos pensam, em silêncio, por 7 segundos)
- 274 Gabriela: Não.
- 275 P1: Porque a gasolina é mais cara, só que...

- 276 Gabriela: Ela rende, bastante.
- 277 P1: Ela rende muito mais.
- 278 Gabriela: Compensa mais render mais, do que não render nada.
- 279 P1: Então vocês podem pensar: bom, o álcool é mais barato, só que...
- 280 Gabriela: Não rende nada.
- 281 P1: Não rende...
- 282 Gabriela: Não rende.
- 283 P1:...tanto quanto a gasolina. Será que o preço acompanha esse rendimento?
- 284 Gabriela: É isso que eu queria saber.
- 285 P1: Como será que a gente pode ver isso? (alunos pensam por 4 segundos, em silêncio) Aí é uma relação matemática
- 286 Gabriela: É, aí complica.
- 287 P1: Por exemplo, ó, com licença, (barulho de folhas de papel) se a gente, por exemplo, é..., falar que..., o rendimento da gasolina é 100%. Quanto que vai ser o do álcool? Vai dar um pouco menos, né?
- 288 Gabriela: Ahan.
- 289 P1: Se a gente fizer a mesma coisa pro preço. O preço da gasolina for 100%. Quanto vai ser o do álcool? Será que esse dois valores vão acompanhar? Será que eles vão dar o mesmo? O mesmo valor? É um jeito de comparar.
- 290 Gabriela: Vou fazer aqui rapidinho, pra ver.
- 291 P1: Você chamou?
- 292 Gabriela: Chamei. Deu esse resultado aqui, Bia. (inaudível)
- 293 P1: É, na verdade dá 69 vírgula alguma coisa, que pode aproximar pra 70. Então quer dizer, o álcool, ele tem, o rendimento dele é 70% do rendimento da gasolina. Isso quer dizer o quê? Que o preço também tem que ser 70%, não tem? Pelo menos, se não, não vai compensar eu abastecer com álcool. Então, tá compensando ou não? (alunos pensam por 3 segundos, em silêncio)
- 294 Pedro: Ah, tá compensando.
- 295 P1: Tá né? Porque o preço tá a menos de 70%. Se o preço estivesse mais que 70%, aí não taria compensando.
- 296 Gabriela: Mas, tipo assim, mesmo compensando, em comparação com a gasolina, a gasolina ainda é melhor, né?
- 297 P1: Então, depende, se algum dia você for abastecer seu carro, e o preço estiver mais que 70%, o preço do álcool 70% do da gasolina, aí, a gasolina que tá compensando.
- 298 Gabriela: É.
- 299 P1: Se o preço do álcool estiver abaixo de 70%...
- 300 Gabriela: Aí compensa o álcool.
- 301 P1: É, aí o álcool que tá compensando.
- 302 Gabriela: E esses preços são verídicos?
- 303 P1: É, eu peguei, ó: posto Vila Tibério, Ribeirão Preto, um posto do lado da minha casa.
- 304 Gabriela: E essa coisa de que, tipo assim, o álcool não compensa? Então não é verdade isso?... As vezes é ilusório a gente ver um..., só porque tem uma quantidade menor aqui (falando do preço), que roda e que gasta...
- 305 P1: É, depende do preço. De como vai tá o preço naquele dia.

Após terem apresentado os valores de entalpia calculados, a pergunta do aluno Rafael, turno 212 (T.212), mostra que o mesmo ainda não havia tomado consciência de que o maior valor de entalpia tem relação com o maior rendimento do motor. Podemos

pensar, por meio dos conceitos da Teoria histórico-cultural, que os valores de entalpia são os instrumentos mediadores para a comparação com os valores de rendimento do motor e com os preços dos combustíveis⁵, sendo os últimos também, instrumentos para viabilizar tal comparação. Os valores de entalpia são considerados Instrumentos internalizados pelos alunos por meio do cálculo da entalpia de combustão. E a entalpia de combustão/energia liberada pelos combustíveis o conceito científico em processo de internalização. Conceito cujo entendimento por parte dos alunos só pôde ser observado pela professora nas anotações dos alunos do cálculo de entalpia, registrados no caderno. Estes registros são a expressão da internalização e a indicação de que a formação do conceito de entalpia, para Rafael e Gabriela, se encontra em um estágio de primeira generalização⁶ ao cálculo de entalpia de combustão. Este conceito científico escolar de energia, assimilado de maneira simbólica numérica, necessita, nesta atividade, ser mediado com o conceito de rendimento do motor. Dessa forma, o conceito de entalpia vai sendo complexificado na medida em que vai ganhando mediações com outros conceitos, no caso, o rendimento do motor, e os preços dos combustíveis.

O T. 213 mostra como a professora dá início à mediação da relação entre os valores de entalpia e o rendimento do motor. A professora faz um movimento no qual retoma o motivo da atividade – a escolha de um carro – e o fim da ação – verificar qual dos dois combustíveis, álcool ou gasolina, compensa mais economicamente. Este movimento direciona o pensamento dos alunos do conceito científico escolar de valores de entalpia, para a ação da atividade, a partir da qual passam a utilizar termos pertencentes ao seu conhecimento cotidiano, quando expressam “rodar mais” e “ser mais barato” em T. 214 e 215, pois tanto o motivo quanto o fim da ação da atividade estão relacionados a uma situação da realidade social do aluno. Quando Gabriela fala que o combustível tem que ser mais barato em T. 215 e Rafael diz que “o álcool é bem mais barato” em T. 245, ambos têm a consciência do que é ser mais barato pela simples comparação entre os preços do álcool e da gasolina fornecidos na tabela de preços referente a determinado posto de gasolina. Ainda não têm a consciência de que o álcool pode vir a ser mais caro que a gasolina levando em conta seu baixo rendimento energético e baixo rendimento do motor em relação à gasolina. Por isso, o conceito de “ser mais barato” pode ser complexificado por meio de uma sistematização oferecida pelos conceitos de entalpia, rendimento do motor e preço do álcool em relação ao da gasolina. Portanto, os termos “rodar mais” e “ser mais barato” são considerados aqui como conceitos em processo de sistematização pertencentes ao conhecimento cotidiano dos alunos, logo, a sua realidade concreta.

O conceito “rodar mais” parece servir de base para o aluno, de maneira que no T. 217 Rafael externaliza uma relação entre “compensar mais” e “liberar mais calor”, relação de proporcionalidade direta entre liberar mais energia e compensar economicamente, a qual buscava em sua pergunta do T. 212. Essa externalização ainda não é a relação desejada para a atividade, pois a questão do preço ainda não foi incluída em sua fala. A análise até o T. 216 permite depreender que a retomada do motivo da atividade, da ação da atividade e o uso do conhecimento cotidiano do aluno

⁵ Rendimento do motor do Volkswagen UP! Modelo 2014/2015. Retirado do INMETRO. Preços do álcool e da gasolina retirados de posto de gasolina de Ribeirão Preto, em junho de 2015.

⁶ Entende-se que a generalização é um processo que contribui para a formação do conceito, de maneira que quanto mais generalizações, mais complexificado está o conceito, sendo a primeira generalização, um primeiro passo nessa direção.

favoreceu a elaboração de uma relação conceitual, uma tomada de consciência, uma generalização entre “compensar” e “liberar mais calor” pelo próprio aluno, não pela professora, caracterizando uma forma ativa de pensamento. O conceito “rodar mais”, pertencente a sua realidade concreta, possibilita concretude ao conceito científico escolar “liberar mais calor” e este conceito científico escolar contribui para a sistematização do conceito “compensar”, o qual, na fala anterior do aluno, T. 212, ainda não fazia relação com o conceito de energia.

Diante da relação de Rafael, que ainda necessita de mais sistematização, e de no T. 218 Gabriela demonstrar não ter tomado consciência da relação entre os valores de entalpia e a compensação econômica dos combustíveis, a professora os conduz para a utilização de um dado fornecido na apostila - os valores de rendimento do motor, do álcool e da gasolina. Um instrumento introduzido na discussão em T. 219 a partir do conceito “rodar”, já trazido pelos alunos pelo termo “rodar mais”. Percebe-se aqui uma dupla mediação: a conduzida pelo instrumento e a conduzida pela fala da professora, que também é instrumento. Instrumento principal.

Nos turnos que se seguem até o T. 234, observa-se que Rafael e Gabriela, mesmo ao visualizarem seus dados e expressarem que a gasolina libera mais energia e “roda mais”, não estabelecem a existência de relação entre o maior valor de energia liberada pela combustão da gasolina, o que se confirma em T. 236 mediante a pergunta da professora em T. 235, e com a dúvida colocada por Gabriela em T. 237. Dúvida que retoma e demonstra o não entendimento do conceito de liberação de energia. Podemos perceber aqui a falta de sistematização do conceito “liberar energia” e da relação de proporcionalidade com os dados de rendimento do motor na tabela consultada.

Esta análise permite reconhecer a necessidade da inclusão de instrumentos mediadores que permitam ao aluno visualizar a relação de proporção direta entre valores de entalpia e valores de rendimento do motor, como o conceito de volume molar dos combustíveis e sua relação de proporção com os valores de entalpia. Sendo que as novas ações e novos instrumentos também implicarão em novas mediações e maior complexificação dos conceitos científicos escolares, já que apenas a consulta a dados tabelados não contribuiu para isso. Esse conjunto de reformulações contribui para a formação do professor enquanto sujeito de sua atividade de ensino, e assim para o aperfeiçoamento de seu trabalho docente.

Seguindo a sequência discursiva, a professora, diante da dúvida da aluna no T. 237, ao iniciar a explicação para a mesma, é interrompida pelo aluno Max, no T. 241, quando faz a relação que faltava entre a energia liberada e o rendimento do motor, em um movimento de ascensão do abstrato ao concreto, ou seja, do “quanto mais ele tá liberando energia” ao “mais o carro anda”, operando com um conceito científico escolar – energia – e com um conhecimento cotidiano – o carro anda, relacionados pelo conceito, também científico escolar, de transformar energia em movimento, podendo-se perceber a relação lógica entre esses três conceitos, de modo que se mostra o concreto pensado a partir do abstrato. E ainda, a sistematização de conceitos pertencentes ao conhecimento cotidiano do aluno por meio de conceitos científicos escolares.

Ao retornar ao grupo em T. 268 a professora percebeu que nenhuma relação nova havia sido feita pelos alunos. Percebe-se que ao retomar os conceitos de liberação de energia e rendimento do motor para a discussão do preço nos turnos anteriores, a professora não fornece uma nova condição para os alunos operarem, ou

um novo conceito como instrumento para a busca da solução do problema da verificação de qual combustível compensa mais, o que dificulta o avanço dos alunos e faz com que Gabriela, em T. 268, formule uma pergunta na qual a afirmação “A gasolina, ela é mais cara que o álcool” confirma a ausência de avanços nas relações entre liberação de energia, rendimento do motor e preço. Em T. 273 a professora prossegue fornecendo as condições – pensar que o combustível que libera mais energia rende mais, e vice-versa – para uma nova operação – comparar os rendimentos dos motores com os preços dos combustíveis. Nos turnos que se seguem até T. 282, a relação entre rendimento e preço do álcool e da gasolina mostra ser assimilada por Gabriela, mas os valores e relações matemáticas que permitiriam visualizar o rendimento do álcool em relação ao rendimento da gasolina, ainda não haviam sido incluídos no sistema de relações entre os conceitos até agora discutidos, mesmo a professora expressando em T. 285 que se tratava de uma relação matemática. Em T. 284 e 286 Gabriela expressa sua limitação em identificar as condições para operar tal comparação. A professora, em T. 287 e 289, fornece uma nova condição – estrutura matemática – que torna possível a operação – comparar percentualmente os rendimentos e os preços, desencadeando a operação matemática por Gabriela. O fornecimento da estrutura matemática pela professora impediu o processo ativo da aluna nesse ponto, porém, se não fosse fornecido, a mesma poderia desestimular-se e interromper sua busca pelo conhecimento. Processo que ainda permanecia ativo. Daí a importância de se valorar o caráter social do processo de aprendizagem.

Segundo Rubtsov (1996), em relação à atividade de aprendizagem, no princípio, o professor efetuará ou sugerirá muitas operações ao aluno, mas pouco a pouco este se tornará cada vez mais independente, adquirindo aptidão para a aprendizagem. A aluna fez os cálculos matemáticos corretamente, mas não conseguiu analisar sozinha os resultados para concluir qual combustível está compensando economicamente, o que fará somente com a ajuda da professora⁷. Em T. 294, Pedro toma consciência de que o álcool estava compensando, ao comparar os dois resultados. Gabriela mostra assimilar a resposta do colega ao expressar “mesmo compensando” em T. 296, mas por outro lado, mostra a influência do conhecimento cotidiano externalizado em sua fala: “Mas...a gasolina ainda é melhor, né?”. Em T. 302 questiona os preços da tabela utilizada quando diz “E esses preços são verídicos?”, buscando uma relação dos dados utilizados com a realidade concreta. E em T. 304, quando expressa: “E essa coisa de que...o álcool não compensa?”. Demonstra a permanência dos conceitos em formação, pertencentes ao cotidiano, no pensamento da aluna, bem como o início da interação dos mesmos com os novos conceitos científicos escolares para um potencial início de sistematização do conceito em formação, como indicado em T. 269 “...Então não é verdade isso? As vezes é ilusório...”. Ou seja, após operar com conceitos científicos escolares, se remete a conceitos do cotidiano e começa a questioná-los. O que também pode ser um indicativo de que a atividade não teve um fim em si mesma, mas estimulou a aluna a questionar seu conhecimento cotidiano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação e análise de uma atividade de ensino como esta, permitiu identificar momentos da negociação de conceitos científicos escolares junto ao conhecimento

⁷ Os resultados mostravam que o rendimento do motor à álcool era de aproximadamente 70% e o preço do álcool em relação à gasolina era de, aproximadamente, 60%.

cotidiano do aluno em um movimento de complementação, de modo que quando a professora contextualiza a discussão na realidade social do aluno, o mesmo opera com termos cotidianos que ajudam a situá-lo na ação da atividade, mostrando que motivos e ações reais promovem processos ativos do aluno na busca da resolução do problema. A negociação de conceitos científicos escolares é dificultada para o aluno se nela a realidade concreta percebida pelo aluno não for incluída. No caso do episódio analisado foi possível observar que o fornecimento de novos conceitos e novas condições para as ações e operações dos alunos são efetivos quando fazem parte de seus questionamentos. Alguns novos conceitos ou condições de operação poderiam ser ampliados em novas ações, ampliando assim a atividade. Por exemplo, a relação diretamente proporcional entre entalpia liberada e rendimento do motor deveria ser estudada matematicamente, não ser induzida como foi pois, identificamos a dificuldade dos alunos em assimilar tal relação. Assim, fica claro que a inclusão de novos instrumentos, ações e operações permite ampliar a sequência de atividades e possibilitar a ampliação da complexificação dos conceitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, Décio. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. Tese. 257p. (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Florianópolis, 2002.

_____. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, vol 5, nº 1, p. 1-16. 2003.

AULER, Decio., & DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, vol 3, nº 1, p. 105-115. 2001.

CAMILLO, Juliano. **Contribuições Iniciais para uma Filosofia da Educação em Ciências**. Tese. 229p. (Doutorado em Ensino de Ciências – Ensino de Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

COELHO, Juliana Cardoso; MARQUES, Carlos Alberto. Contribuições freireanas para a contextualização no ensino de Química. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, vol 9, nº 1, p. 1-17, 2007.

DAVÍDOV, Vasily Vasilyevich; MÁRCOVA, A. La concepcion de la actividad de estudio de los escolares In: DAVIDOV, V.; SHUARE, Martha. **La psicología evolutiva y pedagogía en la URSS: antología**. Moscú: Editorial Progreso, 1987. p. 316 - 336.

LEONTIEV, Aleksei Nicolaevitch. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psiquê infantil. In: VIGOTSKI, L. S; LURIA, A. R; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Ícone: São Paulo, 2012.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. UERJ, Rio de Janeiro, 1999.

MOURA, Manoel Oriosvaldo de; ARAÚJO, Elaine Sampaio; RIBEIRO, Flavia Dias; PANOSSIAN, Maria Lucia; MORETTI, Vanessa Dias. A atividade orientadora de ensino: unidade entre ensino e aprendizagem. In: MOURA, M.O. (org). **A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural**. Brasília: LiberLivro, 2010.

RUBTSOV, Vitaly. A atividade de aprendizado e os problemas referentes à formação do pensamento teórico dos escolares. In: GARNIER, C. et alii. **Após Vygotsky e Piaget: perspectiva social e construtivista**. Escola russa e ocidental. Porto Alegre, Artes Médicas, 1996. SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação Científica humanística em uma perspectiva Freireana: Resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria**, vol 1, nº 1, p. 109-131, 2008.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos.; MORTIMER, Eduardo Fleury Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol 14, nº 2, p. 191-198. 2009.

STRIDER, Roseline Beatriz. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. (Doutorado em Ensino de Ciências – Ensino de Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **Psicologia da Arte**. São Paulo: Martins Fontes. 1999.

_____. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes. 2007.

_____. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2ª ed. São Paulo: WMF Martins Fontes. 2010.