

ABORDAGEM DO CONCEITO DE CALOR POR MEIO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS A PARTIR DA TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS

Approach to the Concept of Heat by Experimental Activities from the Conceptual Profiles Theory

Ana Paula Cirino da Silva [paulacirino13@hotmail.com]

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Campina Grande, s/n - Km 59 - Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55014-900

José Euzébio Simões Neto [euzebiosimoes@gmail.com]

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE

João Roberto Ratis Tenório da Silva [joaoratistenorio@gmail.com]

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Campina Grande, s/n - Km 59 - Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55014-900

Recebido em: 19/03/2019

Aceito em: 29/10/2019

Resumo

Esse trabalho apresenta uma proposta para abordagem do conceito de calor no ensino de Química a partir de atividades experimentais, tomando por base a teoria dos perfis conceituais, ou seja, considerando os diferentes modos de pensar, que encontram valor pragmático em diferentes contextos e, portanto, importantes para a aprendizagem. Para tanto, selecionamos, depois de uma exaustiva etapa de coleta e estruturação, cinco experimentos, todos possíveis de realização com materiais de baixo custo, para discussão dos modos de pensar associados as zonas do perfil conceitual de calor: realista, animista, substancialista, empírica e racionalista. Os experimentos selecionados possibilitam a discussão dos modos de pensar, do valor pragmático de cada um e a importância em conhecer, para além do significado compartilhado pela comunidade científica, outros significados que são compartilhados e possibilitam a comunicação das ideias, em diferentes contextos.

Palavras-chave: Perfil Conceitual. Calor. Experimentação.

Abstract

This work presents a proposal to approach the concept of heat in the teaching of chemistry from experimental activities, based on the theory of conceptual profiles, that is, considering the different ways of thinking, that find pragmatic value in different contexts and therefore, important for learning. To do so, we selected, after an exhaustive collection and structuring phase, five experiments, all of which were possible with inexpensive materials, to discuss the modes of thinking associated with the zones of the conceptual profile of heat: realistic, animistic, substantial, empirical and rationalist. The selected experiments make it possible to discuss the ways of thinking, the pragmatic value of each one, and the importance of knowing, beyond the meaning shared by the scientific community, other meanings that are shared and enable the communication of ideas in different contexts.

Keywords: Conceptual Profile. Heat. Experimentation.

A TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS E A SALA DE AULA: ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO CONCEITO DE CALOR

Encontramos, na didática das ciências, discussões que englobam a importância em se considerar o que o estudante já sabe e a aquisição de conhecimentos científicos, a partir da apresentação das concepções prévias e das perspectivas de ensino, desde o ensino por transmissão, até modelos mais atuais que consideram os conhecimentos informais e a importância em coexistir diferentes concepções, usuais em situações específicas (Cachapuz, Praia & Jorge, 2000; Pozo & Gómez Crespo, 2009).

Existem conceitos, como o calor (Mortimer & Amaral, 1998), que apresentam diferentes significados, alguns que se manifestam em ideias que são construídas e possuem utilização ampla em contextos cotidianos, fora do ambiente escolar, como o entendimento do calor como sensação térmica, que influenciam diretamente no processo de aprendizagem do conceito científico: essas concepções são persistentes e resistentes a mudança, sendo assim, não é trivial que elas sejam esquecidas ou substituídas pelas concepções científicas.

Essa característica das concepções informais se tornou em uma severa crítica aos modelos de ensino baseados na mudança conceitual, como o proposto por Posner e colaboradores (1982). A permanência dessas concepções informais, sobretudo quando situados em contextos específicos, em oposição ao modelo que preconizava que os alunos deveriam abandonar suas concepções informais no momento da aprendizagem das concepções científicas, se caracterizou como uma nova perspectiva de aprendizagem, um novo modelo que está baseado em como essas ideias se tornam úteis em contextos fora da ciência e, por isso, não devem ser esquecidas ou abandonadas, mas permanecer disponível para utilização.

Atualmente, na didática das ciências, as concepções informais são compreendidas como ideias não científicas que, por diversas razões, são resistentes as mudanças e não podem ser esquecidas e, grande parte delas, compreendidas como erradas, o que nos faz compreender o processo de aprendizagem como uma ampliação de modos de pensar, em situação em que novos conhecimentos são incorporados àqueles já existentes, sem que os sujeitos da aprendizagem, necessariamente, abandonem suas concepções informais para a construção das ideias científicas (Mortimer, 1995; Mortimer & El-Hani, 2014).

É importante destacar que essa incorporação não é linear, mas caracterizada por tensões e oposições promovidas a partir da discussão do professor e do processo reflexivo dos alunos. Assim, podemos considerar que como resultado deste processo, em algum momento, a consciência de que alguns conceitos científicos podem ser compreendidos de diversas formas. Assim, eles poderão usar uma forma de falar relacionada com um modo de pensar científico em sala de aula, sabendo que em outras situações um modo de pensar epistemologicamente/ontologicamente/axiologicamente diferente pode fazer mais sentido.

A Teoria dos Perfis Conceituais (Mortimer & El-Hani, 2014) foi proposta na década de 1990 como um caminho para explicar a heterogeneidade de modos de pensar conceitos científicos e a permanência de concepções informais mesmo após a escolarização dos estudantes, com a ideia central de que um mesmo conceito pode apresentar diferentes formas de compressão, para indivíduos de uma mesma cultura, que constituem modos de pensar e são agrupadas em zonas a partir do reconhecimento de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos.

Um perfil conceitual considera diversidade de modos de pensar sobre um conceito e ao seu valor pragmático, pois cada uma das zonas de um determinado Perfil Conceitual está associada a um contexto de aplicação, se mostrando mais poderosas em algumas situações. Assim, uma pessoa

pode usar formas de falar referentes a modos de pensar da zona “calor como sensação térmica” em situações do cotidiano e, no contexto científico, lançar mão de concepções presentes na zona “calor como energia”.

As pesquisas de proposição de Perfis Conceituais foram dominantes no momento inicial de desenvolvimento da teoria, ainda descrita como uma noção. Com a elaboração de diversos perfis, tais como calor (Amaral & Mortimer, 2001), entropia e espontaneidade (Amaral & Mortimer, 2004), vida (Coutinho, 2005), substância (Silva & Amaral, 2013) e energia (Simões Neto, 2016), uma proposta de metodologia para proposição de perfis conceituais, baseada em três dos quatro domínios genéticos de Vigotski (Wertsch, 1888), sócio cultural, ontogenético e microgenético, e considerando como fontes de dados, sem nenhuma relação de hierarquia, as fontes secundárias da história da ciência, a literatura em concepções informais sobre o conceito, dados obtidos por meio de questionários e dados oriundos das interações discursivas em sala de aula (Mortimer & El-Hani, 2014). Esses dados são agrupados em uma matriz organizadora da polissemia e, então, os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos são definidos, para culminar na proposição das zonas. Não é uma tarefa trivial, sendo esse tipo de pesquisa geralmente desenvolvida em doutoramento.

Nesse trabalho destacamos a proposta para o Perfil Conceitual de calor (Amaral & Mortimer, 2001), proposto a partir do reconhecimento de modos de pensar e dos compromissos epistemológicos e ontológicos, em cinco zonas, realista, animista, substancialista, empírica e racionalista. Essas zonas foram revisitadas por Araújo (2014) e tiveram a nomenclatura modificada para, na ordem: calor como sensação térmica, calor como movimento, calor como substância, calor como temperatura e calor como energia. No quadro 01 apresentamos as zonas para o perfil de calor.

Quadro 01: O Perfil Conceitual de Calor (Amaral & Mortimer, 2001)

Zona	Descrição
Calor como Sensação Térmica (Zona Realista)	Para essa zona, Amaral e Mortimer (2001) apresentam algumas ideias sobre o conceito de calor a partir de sensações térmicas: as pessoas em diversas situações no cotidiano relacionam primeiramente o calor à sensação térmica de quente e frio. Assim, formas de falar como “o calor está enorme” são comuns, para indicar que a sensação térmica é quente.
Calor como Movimento (Zona Animista)	Nesta zona, o calor é apresentado como uma substância viva e/ou capaz de fornecer vida. É ainda a zona em que se relaciona calor e movimento, como ao pensar em reações endotérmicas e exotérmicas. Segundo Amaral e Mortimer (2001), em um determinado período da História da Química, o calor foi considerado como agente responsável por conceder a vida. Nos dias de hoje, formas de falar que atribuem ao calor do sol a maior fonte de energia e vida, podem ser associadas a esse modo de pensar.
Calor como Substância	O calor é tratado como uma substância que está contida nos corpos, fluindo entre eles ou deles para o ambiente. Assim, os

(Zona Substancialista)	autores ilustraram algumas considerações filosóficas, desde aquelas aludidas por Aristóteles, que mencionava o fogo como uma substância, até a classificação das espécies químicas de Lavoisier, que considerava o calor (nominado de calórico) como substância. Atualmente, formas de falar como “estou com calor” se enquadra nesta zona, por pensar o calor como algo material ou quase material. Além disso, na própria Química o substancialismo se faz presente, quando falamos em sala de aula “o calor é transferido”. Este é um exemplo como o valor pragmático de uma zona pode ser determinante para utilização de formas de falar, mesmo aquelas que não estão de acordo com a visão científica.
Calor como Temperatura (Zona Empírica)	Em relação à zona empírica, Amaral e Mortimer (2001) atribuem concepções que relacionam o calor com medidas de temperatura. Essa ideia foi apoiada nos períodos de desenvolvimento dos instrumentos de medida associados a calor e temperatura, a saber: termômetro e calorímetro. Assim, o calor é compreendido como uma medida de temperatura.
Calor como Energia (Zona Racionalista)	O conceito de calor, nessa zona, é apresentado como proporcional à diferença de temperatura, a partir de uma relação matemática. Assim, nesta se encontram concepções ao conceito que são próximas daquelas utilizadas em contextos científicos e em sala de aula.

Recentes trabalhos (Simões Neto et al., 2015; Sabino & Amaral, 2018) discutem sobre a necessidade da Teoria dos Perfis Conceituais ampliar sua utilização no planejamento para elaboração de atividades para o trabalho em sala de aula, a partir da compreensão da dimensão da aprendizagem, que se dá a partir de dois processos, um cognitivo, associado a ampliação de modos de pensar, e outro metacognitivo, a tomada de consciência da heterogeneidade de modos de pensar o conceito. Ou seja, aprender, segundo a Teoria dos Perfis Conceituais, está relacionado a ampliar o número de zonas existentes no perfil do indivíduo, além da possibilidade de reconhecer a existência de diversas zonas e qual delas deverá ser utilizada em determinado contexto.

Assim, parece-nos fundamental pensar em estratégias didáticas que consideram a diversidade de modos de pensar sobre determinado conceito, para que possamos ter, em sala de aula, uma aprendizagem mais efetiva da ciência, capaz de dar conta da heterogeneidade de modos de pensar e do valor pragmático de cada um desses modos em contextos específicos. Para esse trabalho, entre tantas estratégias e atividades que podem ser utilizadas, destacamos as atividades experimentais.

As atividades experimentais são fundamentais para o desenvolvimento da ciência, muito devido a forte influência que exerceu na construção do fazer ciência e do que chamamos de método científico empirista-indutivista, baseado na racionalização, indução e dedução, que a partir do século XVII, rompe com a ideia de que o homem e natureza tinham uma relação com o divino e começa a configurar o que chamamos de ciência moderna. Como estratégia para o ensino de ciências naturais, sobretudo a Química e a Física, muito se discute o papel da experimentação no ensino de ciências (Giordan, 1999) e é grande o número de proposições e discussões acerca de práticas pedagógicas relacionadas as atividades experimentais (Reginaldo, Sheid & Güllich, 2012).

A ausência de aulas experimentais na educação básica, ou sua existência em número reduzido, é um problema relatado de maneira recorrente pelos pesquisadores em ensino de Química, devido ao seu potencial de aproximar teoria e prática, podendo agir como motivação extra para estimular a aprendizagem dos conceitos científicos. É muito comum professores utilizarem aulas práticas para comprovar teorias aos alunos, em uma perspectiva de utilização das atividades experimentais em que o conceito ensinado não muda, pois, a ideia é sempre obter o mesmo resultado. Porém, não é esse tipo de experimento, que comumente acontece em laboratórios de pesquisa, pois existe uma série de fatores que influenciam e modificam os resultados das práticas laboratoriais. A perspectiva da experimentação na pesquisa é investigativa, e assim deveria ser também quando utilizada como estratégia didática (Giordan, 1999; Lima, Silva e Simões Neto, 2019).

Assim, é numa perspectiva não tradicional da abordagem da experimentação que centramos nossa atenção nesse trabalho, que versa sobre a utilização de experimentos em sala de aula como estratégia didática para o ensino do conceito de calor, buscando discutir os diversos modos de pensar esse conceito. A partir da possibilidade de usar a Teoria dos Perfis Conceituais em sala de aula, na busca por promover a maximização das zonas e a tomada de consciência da multiplicidade de modos de pensar em relação aos contextos em que existe valor pragmático, acreditamos que as atividades experimentais podem auxiliar a aprendizagem, sendo um dos meios que permita um amplo debate em sala de aula sobre a pluralidade desses modos de pensar. Consideramos e defendemos que a experimentação abre caminhos para esse tipo de discussão, pois, quando aliada a uma perspectiva investigativa, permite aos alunos o levantamento de hipóteses, pesquisa e debates, tornando o ambiente propício para que diversas zonas do perfil conceitual possam emergir.

Com base na Teoria dos Perfis Conceituais e indo em direção dos trabalhos que envolvem a aplicação dessa teoria em sala de aula, o presente artigo tem como objetivo apresentar e discutir propostas de atividades experimentais que podem servir como ponto de partida para a discussão do conceito de calor considerando os diversos modos de pensar, associados a formas de falar sobre conceito. Para isso, lançamos mão do perfil conceitual de calor (Amaral & Mortimer, 2001; Araújo, 2014) para proposição dos experimentos, de forma que cada um esteja alinhado com uma das zonas. Assim, os experimentos aqui propostos têm como objetivo fazer com que os estudantes entendam o conceito de calor do ponto de vista científico, ampliando os modos de pensar, além de promover uma discussão sobre situações que outros modos de pensar, científicos ou não científicos, se apresentem como pragmaticamente poderosos, fazendo com que os alunos tomem consciência da multiplicidade de formas de ver o mundo.

Na próxima seção apresentaremos a metodologia deste trabalho, que nos guiou para proposição dos experimentos elencados nos resultados.

A SELEÇÃO DOS EXPERIMENTOS E ORGANIZAÇÃO DA ABORDAGEM

Para o desenvolvimento da pesquisa em tela, de início fizemos um levantamento teórico, tanto da Teoria dos Perfis Conceituais, quanto das ideias que constituem as zonas do perfil conceitual de calor, para a proposição de experimentos que possam ser utilizados para discussão em sala de aula.

Com base na ideia de que aulas experimentais ocupam um importante papel no ensino de Química, mas, geralmente o professor utiliza tal estratégia de forma incoerente e não consegue obter resultados satisfatórios, acreditamos que os professores de Química não conseguem apresentar

aos estudantes que aquele conceito discutido em esfera científica é o mesmo observado em casa ou na rua, apenas com mudanças na sua forma de compreensão.

Na busca de experimentos na literatura, encontramos diversas propostas, demonstrativas e investigativas, procurando explicar os conceitos envolvidos apenas considerando formas de falar relacionados a modos de pensar científicos, isento de reflexões ou de problematização acerca de modos de pensar se fazem parte de outros contextos.

Para criar o rol de experimentos necessários para a abordagem do conceito de calor considerando a Teoria dos Perfis Conceituais, levantamos propostas de atividades experimentais existentes na literatura em ensino de Química, que pudessem ser utilizados para abordar o conceito de calor considerando a heterogeneidade do pensamento e a relação dos modos de pensar com contextos. Assim, após uma primeira triagem, dez atividades experimentais, todas elas disponíveis como vídeo no YouTube, conforme quadro 02, foram selecionados para uma segunda etapa de análise.

Quadro 02: Os Vídeos de Atividades Experimentais Selecionados

Nome do Vídeo	Link para Visualização
Como fazer um barco a vapor – Barquinho PopPop	https://youtu.be/QHcXqpYGJ8M
Construa um motor movido à vela – Motor Stirling	https://youtu.be/egNrHP6pMUo
A termodinâmica e a latinha	https://youtu.be/GmwWlQ96BZE
Máquina térmica - Eolípila	https://youtu.be/DwLjPIrAG0U
Condução de calor	https://youtu.be/dazOL4t9uFQ
Estados físicos a água	https://youtu.be/wtLkAhU3HWM
Diferença entre temperatura e calor	https://youtu.be/XjWO1Hr5ASE
Transferência de calor e equilíbrio térmico	https://youtu.be/F_5z_e3dhn8
Bexiga que não explode no fogo	https://youtu.be/Fb1aJUqV8bc
Experiência caseira de sensação térmica	https://youtu.be/l2qpdMpDJWs

Após a seleção inicial dos experimentos a partir dos vídeos elencados, analisamos o potencial de cada para utilização na discussão sobre modos de pensar, de acordo com o perfil conceitual de calor. Assim, considerando as cinco zonas que compõem o perfil conceitual de calor, selecionamos, nessa segunda e última etapa, cinco atividades experimentais com potencial para discutir os modos de pensar o calor e os contextos de aplicação, que apresentamos na próxima seção. As atividades experimentais interessantes seriam aquelas que possibilitassem explicar um ou mais modos de pensar, que permitisse a realização de discussões articuladas com a aplicação e que tivessem potencial para auxiliar na tomada de consciência dos diferentes modos de pensar.

Como critérios auxiliares para seleção das atividades experimentais, além da possibilidade de discutir os modos de pensar o conceito de calor, consideramos o baixo custo e possibilidade de substituição dos materiais e reagentes utilizados seriam de baixo custo, ou poderiam ser substituídos com facilidade e adequação ao ambiente da sala de aula.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos a seguir os experimentos propostos para cada zona do perfil conceitual de calor e discutiremos com base nas características de cada zona, que também serão apresentadas. Lembramos que cada atividade experimental selecionada tem, ao nosso entender, maior potencial para discussão de determinado modo de pensar, mas sem estar restrito a ele, podendo, nas discussões, emergir diversas zonas do perfil conceitual.

Zona realista (calor como sensação térmica)

Na zona realista do perfil conceitual de calor existe a ideia de que o calor está associado às sensações de quente e frio, de maneira que o quente é a presença de calor e o frio é sua ausência. Assim, é comum as pessoas, em diversas situações, relacionarem calor à sensação térmica de quente. Para Silva (1995), desde as cavernas que o homem se depara com diversos tipos de transformações, firmadas atualmente em uma relação com o conceito de energia, em que o fogo é visto como o mais impressionante, o que mais impacta o desenvolvimento da espécie humana, e, talvez por isso, a ideia de calor associado à sensação de quente está enraizada na cultura e é usada frequentemente em situações do cotidiano.

Muitas vezes a palavra calor é usada de forma não científica em frases do senso comum, que manifestam outros significados associados aos conceitos de calor e temperatura. No cotidiano encontramos notícias como “hoje fez um calor de 30° C em Serra Talhada” ou falas como “Hoje está muito calor”. Essas frases representam formas de falar que ganham sentido em situações do senso comum, porém não encontram respaldo no contexto da Ciência.

O experimento proposto para discussão da zona realista pode ser utilizado para discussão das ideias envolvidas com o modo de pensar o calor como sensação térmica. O objetivo é mostrar que, apesar de sentirmos sensações térmicas diferentes, o calor, como uma forma de manifestação da energia, sempre está presente, o que não exclui que em determinadas situações e contextos do cotidiano, ao interpretarmos fenômenos por meio dos nossos sentidos mais diretos, a ideia de calor associada ao quente e sua ausência ao frio se torna pragmaticamente mais poderosa. O quadro 03 apresenta o experimento selecionado:

Quadro 03: Atividade experimental para discussão da zona realista

Título: Copos iguais, sensações diferentes.

Materiais

1 copo de plástico descartável de 300 mL; 1 copo de metal; 1 termômetro; água fria.

Procedimento

É importante que os dois copos apresentem características semelhantes, como tamanho e cor, conforme figura 01.



Figura 01: Montagem do Experimento 1

O professor deve colocar uma determinada quantidade de água fria em ambos os copos e solicitar que o estudante toque cada um deles. Em seguida, deve perguntar qual copo aparenta conter a água mais fria. Após tocar os copos, o aluno tem a sensação de que o copo de metal está mais frio criando a ideia de que a água deste copo está em menor temperatura. Com o auxílio de um termômetro, o professor pode mostrar que a água se encontra na mesma temperatura em ambos os copos.

Dentro de um contexto científico, este fato pode ser explicado pela diferença de condutividade térmica de diferentes materiais, que faz com que a transferência de energia ocorra mais rápido em um deles, se o tempo em contato com os objetos for o mesmo. Assim, se processa uma rápida transferência de energia da nossa mão para o metal. Assim, os materiais com melhor condutividade térmica conseguem transportar a energia de maneira mais eficiente de um corpo para outro. Esse experimento pode promover uma discussão em que os alunos tomem consciência de que o calor relacionado às sensações térmicas é suficiente para uma situação em que duas pessoas leigas conversam sobre o fenômeno e irão se entender mutuamente, mesmo que não seja uma explicação considerando a ciência moderna.

Estudos na área de ensino de Química (Mortimer & Amaral, 1998; Souza, 2007) apontam que todos ou grande parte dos alunos apresentam a visão de calor relacionado à ideia de quente e frio ou quantidade de calor nos corpos, ou seja, associa o calor à sensação de quente, e que o frio é contrário do calor, construção originária desde os primórdios da civilização e que até hoje é muito

utilizada no senso comum. Os estudantes primeiro associam o calor à sensação térmica, para assim distinguir quente e frio. Nesse ponto de vista, encontramos dois tipos de entidades que o definem: frio e quente. Além disso, nessa mesma perspectiva, o calor é considerado proporcional à temperatura (Amaral & Mortimer, 2001). Nesse contexto, percebemos a inexistência de calor específico, que é a capacidade que alguns materiais têm de transmitir ou receber energia de forma mais rápida.

Em sala de aula é fundamental discutir modos de pensar científicos para todos os conceitos, porém, é comum que os alunos verbalizem ideias pragmaticamente poderosas, que no senso comum são viáveis para resolução de problemas. O que se observa é que saber que é melhor usar uma panela com cabo de plástico do que aquelas em que o cabo é revestido de metal não, necessariamente, está associado a saber o que ocorre com o calor do ponto de vista científico, porém, é suficiente para uma pessoa leiga escolher a panela que vai comprar ou para saber se deve pegar no cabo de metal com o auxílio de um pano para não se queimar.

Zona empírica (Calor como temperatura)

Modos de pensar presentes nessa zona se fazem presentes em formas de falar que emergem não só a partir da experiência pessoal, mas também em diferentes tipos de mídias. Em desenhos animados, como por exemplo o Pica-Pau, no episódio em que o protagonista faz uso de uma bolsa térmica, com água quente, para simular uma febre, aferida com uso do termômetro, e conseguir o que pediu para a enfermeira (Simões |Neto et al., 2013). Essa situação, reproduzida na vida real, sugere que o calor é algo que pode ser aferido por meio de instrumentos, como o termômetro. A atividade experimental associada a zona empírica está apresentada no quadro 04.

Quadro 04: Atividade experimental para discussão da zona empírica

Título: Qual o mais quente?
Materiais 4 latas de 350 mL, utilizadas para comercializar refrigerantes e cervejas; 2 velas (ou outra fonte de calor); 1 termômetro; água fria.
Procedimento O professor deve cortar duas latas para formar recipientes pequenos, desprezando a parte superior. As outras duas latas devem estar limpas e deve ser removida uma das partes da lateral, fazendo um buraco para a introdução da vela, que funciona como fonte de calor. A figura 02 mostra a montagem experimental.

Figura 02: Montagem do Experimento 2**Figura 02:** Montagem do Experimento 2

O professor deve colocar quantidades deveras diferente de água em cada um dos recipientes, com a fonte de calor em funcionamento. Após alguns minutos, deverá utilizar um termômetro para verificar a temperatura da água em ambos.

Ao realizar o experimento, o professor e os alunos vão parecer que o recipiente com menor quantidade de água aquece mais rapidamente. De acordo com as ideias do senso comum, o calor está diretamente associado a altas temperaturas, então, o recipiente que se encontra em menor temperatura poderia apresentar uma menor quantidade de calor. Já do ponto de vista científico, os recipientes recebem a mesma quantidade de calor, mas o que possui maior quantidade de água necessita de mais energia para que as moléculas de água cheguem a um grau de agitação em relação ao outro recipiente e, por isso, apresenta menor temperatura. Existem alguns conceitos científicos que nos levam ao entendimento empírico, como por exemplo, a ideia de capacidade calorífica. Mesmo a ciência conceituando o calor como transferência de energia, o conceito de capacidade calorífico apresenta a ideia de que uma massa maior de água necessidade de mais calor para aquecer.

Zona substancialista (Calor como substância)

Já no século XVII, diferentes estudos afirmavam que calor, frio, eletricidade, magnetismo e flogisto seriam fluidos distintos, com capacidade de penetrar a matéria. Segundo Souza (2007), o último listado, flogisto, era o elemento central de uma teoria para explicar a natureza da combustão que levava seu nome defendida principalmente por Georg Ernest Stahl (1659-1734). Entre os anos de 1760 e 1770, Joseph Black (1728-1799) realiza importantes estudos relacionados à teoria do flogisto, tentando descobrir porque os objetos são aquecidos quando colocados em contato com fogo, ou seja, que tipo de coisa seria liberada pelo fogo e teria a capacidade de transpassar os corpos. Nesse período, as pessoas não conseguiam distinguir conceitos como “quantidade de calor” e “grau de aquecimento”.

A teoria do flogisto começou a sofrer abalos sobre a sua aceitação a partir dos estudos de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) sobre reações de combustão, pois a ideia de que o oxigênio se combinava com outras substâncias em reações químicas fazia com que o flogisto pudesse sair de cena. Porém, no que diz respeito à explicação de fenômenos que envolviam energia térmica, aumenta o interesse por outro fluido, o calórico, em uma concepção que considerava o calor como uma substância sutil, capaz de penetrar a matéria e preencher o interior dos corpos e abandoná-la com relativa facilidade (Pádua, Pádua & Martins, 2009).

Essa visão do calor como algo material ou quase material está associado ao que chamamos de substancialismo, que está disperso na cultura científica, sendo identificado por várias formas de falar, usadas em contextos científicos, inclusive na sala de aula e em livros didáticos. Expressões como “transferência de energia” ou “quantidade de calor” são comuns no discurso de cientistas e professores. Quando se fala em transferência de energia, o estudante expressa uma ideia de calor como substância e faz uso de expressões como “fumaças”, “raios”, “fogo” “eletricidade”. São ideias pragmáticas suficientes para identificação de alguns processos químicos, que são observados a partir de fenômenos que acontecem em lugares fora do âmbito escolar, como o vapor saindo de uma panela ou as “ondas de calor” vindas de um asfalto quente (Amaral & Mortimer, 2001).

O experimento proposto para abordar a zona substancialista está descrito no quadro 05.

Quadro 05: Atividade experimental para discussão da zona substancialista

Título: Derretendo a parafina
Materiais 1 colher de sopa de metal, de preferência funda; 1 pires de porcelana; 1 estilete; 2 velas; 1 isqueiro ou caixa de fósforos.
Procedimento Com o auxílio de um estilete, o professor deve retirar pedacinhos de parafina do corpo de uma das velas e colocar sobre a colher. Em seguida, deve acender a outra vela e a fixar no pires, conforme montagem na figura 03. 
Figura 03: Montagem do Experimento 3
Ao colocar a colher com a parafina sobre a vela, depois de alguns segundos, será possível

observar a mudança de estado do material, de sólido para líquido. No entanto, basta afastar a colher por menos de um minuto da fonte de calor que a parafina voltará ao estado sólido.

Ao trabalhar com esse experimento, podemos observamos que a presença do calor faz com que a parafina mude de estado físico devido a absorção do calor e que, após ser colocada novamente em temperatura ambiente, o calor deixa a parafina em direção ao sistema, fazendo com que ela volte para o estado sólido. Do ponto de vista científico, está ocorrendo uma mudança de estado físico, ou seja, quando a parafina é aquecida, a energia transferida pela vela faz com que suas moléculas fiquem agitadas e quebrem as interações intermoleculares, passando para o estado líquido. Quando submetidos à temperatura ambiente, a parafina volta para o estado sólido.

A partir de formas de falar usadas em contextos científicos, podemos afirmar que o calor é transferido pela vela, fazendo a parafina derreter. Levando em consideração as experiências vivenciadas pelos alunos e algumas ideias difundidas nos livros didáticos, como energia térmica, transferência de energia na forma de calor e movimento das partículas, podemos apontar que está ocorrendo uma transferência de calor, podendo ser discutido pelo professor como os modos de pensar do senso comum ainda estão enraizados em contextos científicos, e são utilizados para explicar alguns processos químicos.

Diariamente observamos formas de falar que nos levam a concepção de calor como substância, mesmo que de forma despercebida, como quando falamos que estamos com calor ou que colocamos gelo no refrigerante para que ele esfrie a bebida. Nesses casos não precisamos das explicações científicas para ter acesso àquilo que precisamos comunicar, ou seja, apenas o modo de falar substancialista já é suficiente para que haja comunicação entre duas pessoas.

Zona Animista (Calor como movimento).

Na zona animista o conceito de calor é apresentado como uma entidade capaz de proporcionar vida ou causar movimento. A ideia de calor animista é apresentada de forma semelhante à ideia substancialista, a diferença, que é ontológica, está no fato de que no animismo o calor é identificado como substância viva ou capaz de conceder vida e/ou movimento. Podemos identificar a ideia de substância viva em nosso cotidiano em experiências como a de acender uma vela a partir de outra. Quando observamos que uma única vela acesa é capaz de gerar fogo para milhares de outras. Identificamos este fenômeno no sentido de que uma única vela fornece “vida” para várias outras, construindo a ideia de calor como substância viva.

Para explicar aos alunos a ideia de calor como movimento, pensamos na construção de um modelo de máquina térmica, como descrito no quadro 06.

Quadro 06: Atividade experimental para discussão da zona animista

Título: Máquina Térmica
Materiais 1 lâmpada incandescente; 1 rolha; 2 canudos de metal recurvados e leves; 4 velas; 1 serra ou serrrote; água; base para a lâmpada; materiais de proteção individual (óculos e luvas).
Procedimento Utilizando equipamentos de segurança adequados, as luvas e os óculos, o professor deve serrar uma lâmpada, com cuidado. Em seguida furar uma da rolha em baixo e nas laterais. Encaixar os canudos na rolha de modo que fiquem de lados opostos e, por fim, encaixar na lâmpada, que deve ser semipreenchida com água e pendurada a base de apoio sobre uma vela, conforme mostra a figura 04. 
Figura 04: Montagem do Experimento 4
Após a água entrar em ebulição o vapor produzido começa a sair pelos canudos fazendo a máquina girar. Se o professor retirar a vela debaixo da máquina, ela irá parar de se movimentar, mostrando para os alunos a capacidade que o “calor” tem de mover as coisas.

A partir ponto de vista científico está acontecendo uma mudança de estado físico. O calor produzido pela vela faz que a água passe do estado líquido para o gasoso, assumindo a forma de vapor, que vai começar a sair pelos canudos. Como eles estão em lados opostos, a partir da força aplicada, a estrutura começa a se movimentar, gerando trabalho. Assim, podemos observar o calor gerando movimento, já que ele é o responsável pela vibração interna das moléculas.

É muito comum observarmos fenômenos como este em contextos cotidianos. Como por exemplo, quando estamos cozinhando algo em uma panela de pressão e a válvula da panela começa a girar. Uma pessoa não precisamos estudar termodinâmica para entender que se quiser que ele pare de girar, basta desligar o fogo. Porém, ao adquirir conhecimentos científicos sobre essa ciência, a pessoa consegue compreender de forma mais aprofundada do fenômeno e os motivos que fazem a válvula parar de girar quando se encerra o fornecimento de energia na forma de calor.

Zona Racionalista (Calor como Energia)

Entender o calor como transferência de energia pode ser algo muito complexo para alguns alunos, principalmente pelo fato do conceito de energia ser teórico e abstrato. Desse modo, percebemos existência de obstáculos à aprendizagem, que levam os estudantes a não compreender a energia, e, como esse conceito auxilia na compreensão de muitos outros, não entender este conceito pode levar a não compreensão de vários outros como, por exemplo, de calor (Simões Neto & Amaral, 2016). Com a evolução das ideias da termodinâmica, após o estabelecimento da ideia de calor específico e a noção de calor como algo que flui de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura, o conceito de calor adquire um caráter racional e começa a ser pensado como a relação entre grandezas.

O quadro 07 apresenta o experimento sugerido para a abordagem da zona racionalista.

Quadro 07: Atividade experimental para discussão da zona racionalista

Título: A colher na água quente
Materiais 2 latas de 350 mL, utilizadas para comercializar refrigerantes e cervejas; 1 vela (ou outra fonte de calor); 1 colher; água fria.
Procedimento O professor deverá montar um sistema semelhante ao da figura 2, utilizando as latas. Em seguida, deverá aquecer uma quantidade de água no recipiente e inserir uma colher, como mostra a Figura 05. Por fim, após cerca de um minuto, observar se a colher está quente.

Figura 05: Montagem do Experimento 5

A colher estará quente, pois ocorreu a transferência de energia na forma de calor por condução, da água para a colher. No senso comum, podemos ouvir dizer que ocorreu uma

transferência de calor. Percebemos a concepção de calor como forma de energia em situações como o derretimento de um sorvete na rua mediante transferência de energia do ambiente para o sorvete. Destacamos que o modo de pensar racionalista é necessário para a compreensão de determinados conceitos científicos. Compreender o calor de forma científica auxilia profissionais na realização de tarefas importantes, como a escolha dos combustíveis ou em entender os fenômenos causadores das mudanças climáticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A persistência de modos de pensar realista, empírico, animista e substancialista relativos ao conceito de calor, em diversos contextos do cotidiano, mostra que o modo de pensar científico, associado a zona racionalista, aceito pela comunidade científica, não se configura como único, tampouco é sempre o mais pragmaticamente poderoso para resolver questões cotidianas que envolvam o conceito de calor. Com isso, nos parece que um ensino de ciências que considere a diversidade de modos de pensar, ou seja, que utilize a Teoria dos Perfis Conceituais na elaboração de propostas de ensino, atende melhor os objetivos da educação em ciências. Neste trabalho buscamos propor atividades experimentais que possuam potencial para provocar a aprendizagem do conceito de calor, na perspectiva do perfil conceitual, que está relacionada a ampliação do número de zonas conhecidas pelo indivíduo e a tomada de consciência das diferentes formas de falar e modos de pensar o conceito de calor. Quer dizer, as propostas de experimentos consideram a necessidade de que os estudantes saibam conceituar o calor de forma científica, mas que possam utilizar outros modos de pensar quando esses tiverem maior valor pragmático, não sendo necessário o abandono de ideias que não são científicas, pois isso dificultaria a comunicação com pessoas não especializadas (Amaral & Mortimer, 2001).

Considerando a importância das atividades experimentais no ensino de Química, os experimentos propostos neste trabalho servem como ferramentas didáticas que podem ser utilizadas pelos professores para demonstrar como o conceito de calor pode ser visto de diferentes perspectivas. Ainda, os experimentos propiciam um levantamento de concepções, que surgem a partir das falas dos alunos e que auxiliam na abordagem dos diferentes modos de pensar e formas de falar, que são apresentados durante a problematização e podem levar ao entendimento de uma ou mais zonas do perfil conceitual. A nossa proposta é que o professor os utilize como ferramenta para aprender uma nova zona e auxiliar o aluno na tomada de consciência acerca dos diferentes modos de pensar o conceito de calor.

REFERÊNCIAS

- Amaral, E. M. R. & Mortimer, E. F. (2001). Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(3), 1-16.
- Amaral, E. M. R. & Mortimer, E. F. (2004). Um perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. *Educación Química*, 3, 60-75.
- Araújo, A. O. (2014). *O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas*. 223 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- Cachapuz, A. F., Praia, J. & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino de Ciências*. Ministério da Educação: Lisboa.
- Coutinho, F. A. (2005). *Construção de um perfil conceitual de vida*. 183 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Giordan, M. (1999). O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, 10, 43-49.
- Lima, A. R., Silva, F. C. V. & Simões Neto, J. E. (2019). Atividades experimentais e ensino por investigação: proposta de formação continuada para professores de química. *Tche Química*, 31, 186-191.
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 265-287.
- Mortimer, E. F. & Amaral, L. O. F. (1998). Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termodinâmica. *Química Nova na Escola*, 7, 30-34.
- Mortimer, E. F. & El-Hani, C. N. (2014). *Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts*. Springer.
- Pádua, A. B., Pádua, C. G. & Martins, R. S. (2009). A natureza do calor: passados dois séculos, será que a teoria do calórico ainda é de alguma forma uma ideia atraente ou, até mesmo, útil? *Semina*, 30(1), 3-18.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Pozo, J. I. & Gómez Crespo, M. A. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências*. Porto Alegre: Artmed.
- Reginaldo, C. C., Sheid, N. J. I. & Güllich, R. I. C. (2012). O ensino de ciências e a experimentação. In: IX ANPED. Porto Alegre, 2012. Atas... Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 1-13.
- Sabino, J. D., & Amaral, E. M. R. (2018). Utilização do perfil conceitual de substância no planejamento do ensino e na análise do processo de aprendizagem. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(1), 245-265.
- Silva, J. R. R. T., & Amaral, E. M. R. (2013). Proposta para um Perfil Conceitual de substância. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(3), 53-72.
- Simões Neto, J. E. (2016). *Uma proposta para o perfil conceitual de energia em contextos de ensino da física e da química*. 252 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

Simões Neto, J. E., Silva, J. R. R. T., Cruz, M. E. B. & Amaral, E. M. R. (2015). Una secuencia didáctica para abordar el concepto de Calor en la enseñanza de estudiantes preuniversitarios. *Formación Universitaria*, 4(2), 3-10.

Souza, V. C. A. (2007). *Os desafios da energia no contexto da termoquímica: modelando uma nova ideia para aquecer o ensino de química*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Wertsch, J. V. (1988). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.