

Modos de pensar sobre entropia e espontaneidade de licenciandos em química a partir da teoria dos perfis conceituais

RESUMO

O presente trabalho é parte de uma pesquisa mais ampla de mestrado acadêmico, que tem por objetivo analisar a emergência de zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade em uma sequência didática aplicada a licenciandos em química. Justificamos a utilização da teoria dos perfis conceituais por sua importância em se considerar diversos modos de pensar conceitos científicos, que possuem valor pragmático em determinados contextos, bem como a necessidade de apresentar essa pluralidade em situações de ensino e de aprendizagem em sala de aula. Este estudo é um recorte com o objetivo específico de analisar a emergência das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade a partir das concepções informais e científicas dos estudantes. A pesquisa ocorreu com vinte estudantes matriculados na disciplina Físico-química I do curso de Licenciatura em Química do Campus Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco mediante aplicação de um instrumento constituído de uma única e ampla pergunta, elaborada segundo recomendações da literatura: “o que você entende por entropia?”. A análise evidenciou a emergência das três zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade nas respostas dos estudantes, a saber: zona perceptiva/intuitiva, zona empírica e zona racionalista. Destacamos a ocorrência de respostas majoritariamente associadas a ideia de entropia como grau de desordem de um sistema, em associação direta à questão da espontaneidade dos processos mediante aumento da entropia, que corresponde a zona empírica.

PALAVRAS-CHAVE: Entropia e espontaneidade. Perfil conceitual. Concepções informais e científicas. Ensino de química. Ensino de ciências.

Cleia Rafaela de Almeida Guimarães

cleia.rafaela@yahoo.com.br
orcid.org/0000-0001-6860-5717
Universidade Federal de Pernambuco
(UFPE), Caruaru, Pernambuco, Brasil

Flávia Cristiane Vieira da Silva

flavia.cristianevs@gmail.com
orcid.org/0000-0001-9044-6863
Universidade Federal Rural de
Pernambuco (UFRPE), Serra Talhada,
Pernambuco, Brasil

José Euzébio Simões Neto

euzebiosimoes@gmail.com
orcid.org/0000-0002-5599-5047
Universidade Federal Rural de
Pernambuco (UFRPE), Recife,
Pernambuco, Brasil

INTRODUÇÃO

Embora os conceitos da Físico-Química estejam presentes nas mais diversas áreas, como engenharia, geologia, farmácia, astroquímica, ciências médicas e biológicas, ao se trabalhar com o conteúdo em situações de ensino, a professora ou o professor de química percebe que os estudantes ainda consideram essa área como a mais difícil de ser entendida. Entre as principais dificuldades, contam: a abstração para compreensão da estrutura da matéria; a proximidade da física, que implica um pensamento epistemológico diferente; e a utilização em maior grau da linguagem matemática para expressar os fenômenos estudados.

Essas dificuldades são percebidas especificamente na abordagem do conceito de entropia e da segunda lei da termodinâmica (AMARAL, 2004). Trata-se de um conceito abstrato, difícil de ser ensinado e aprendido e, por isso, muitas vezes negligenciado pelos docentes no Ensino Médio. Essas características foram fundamentais na escolha do conceito científico em destaque nessa pesquisa, um conceito de relevância na compreensão dos processos físicos e químicos e de importância para a aprendizagem de outros conceitos químicos.

Na literatura encontramos algumas pesquisas na área de ensino de química relacionadas a inovações metodológicas, análise de recursos didáticos e uso de ferramentas digitais (MORAES; PAIVA, 2007; MACENO; GUIMARÃES, 2013; MENDES; SANTANA; PESSOA JÚNIOR, 2015; LEITE, 2016), cujos resultados mostram significativos avanços, com algumas das dificuldades superadas não só pelos estudantes, mas também pelos professores (OLIVEIRA; MIRANDA; MOITA NETO, 2008). Buscando ampliar as possibilidades exitosas, procuramos orientação nos perfis conceituais (MORTIMER, 1995, 1996, 2000; MORTIMER; EL-HANI, 2014) que tratam o desenvolvimento de estratégias e práticas aplicadas em sala de aula e o acompanhamento dos processos de ensino e de aprendizagem. Para Ribeiro (2013, p. 59), a compreensão do perfil conceitual permite a:

- 1) possibilidade de utilização da teoria dos perfis conceituais para o acompanhamento da evolução das ideias que os indivíduos podem ter de um determinado conceito;
- 2) íntima relação entre a constituição das diferentes zonas de um perfil conceitual e a influência do contexto;
- 3) tomada de consciência da diversidade de significados que um conceito pode admitir e as implicações deles para os processos de ensino e de aprendizagem dos conceitos que estão em jogo.

Assim, nos parece que a teoria dos perfis conceituais tem potencial de auxiliar na construção de uma sala de aula que considere a pluralidade de significados para determinados conceitos científicos, que possuem valor pragmático em contextos específicos, contribuindo para um ensino de ciências mais completo e atual. O perfil conceitual está baseado na ideia de que pessoas exibem diferentes formas de ver o mundo, e assim, diferentes modos de pensar que são usados de maneira eficiente em diferentes contextos. Assim, cada perfil conceitual proposto “modela a diversidade de modos de pensar ou de significação de um conceito” (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p.14).

A teoria dos perfis conceituais (MORTIMER, 1996, 2000; MORTIMER et al., 2014) estabelece que um conceito pode ser compreendido por um sujeito de

diversas maneiras. Estas podem ser utilizadas em contextos apropriados, e cada uma delas suportada em compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos distintos, que movem o indivíduo a desenvolver determinada visão de mundo. Para o perfil conceitual de determinado conceito são constituídas zonas que representam diferentes modos de pensar sobre a realidade. Isto é, diferentes formas de compreender o significado e o uso daquele conceito, úteis em um ou mais contextos específicos. Assim, várias zonas podem coexistir em um mesmo indivíduo, traduzindo uma pluralidade de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, cada um sendo utilizado em um contexto mais apropriado (AMARAL; MORTIMER, 2001; COUTINHO, 2005; ARAÚJO, 2014).

Destacamos a relevância dos estudos de proposição de perfis conceituais em diversos campos. Na Química, chamamos a atenção para os perfis conceituais de átomos e estados físicos dos materiais (MORTIMER, 2000), molécula (MORTIMER, 1997) e substância (SILVA; AMARAL, 2013). Na fronteira entre a Física e a Química, sublinhamos os perfis conceituais de calor (AMARAL; MORTIMER, 2001), entropia e espontaneidade (AMARAL; MORTIMER, 2004) e energia nos contextos de ensino da física e da química (SIMÕES NETO, 2016). Na Biologia, aparecem os perfis conceituais de vida (COUTINHO, 2005), adaptação biológica (SEPÚLVEDA, 2010) e morte (NICOLLI; MORTIMER, 2012). Na Matemática, o primeiro perfil conceitual apresentado foi o de equação (RIBEIRO, 2013).

Há contextos em que um modo de pensar um conceito é utilizado mais adequadamente do que outros e existem situações em que a linguagem cotidiana é mais apropriada do que a linguagem científica, então, o valor pragmático da linguagem cotidiana preservará significados que estão em desacordo com a visão científica (MORTIMER; EL-HANI, 2014). No entanto, é fundamental que os estudantes aprendam a linguagem social da ciência, sendo um aspecto importante a estreita relação com os modos de pensar cotidianos (MORTIMER et al., 2010). Assim, a proposta de perfil para o conceito de entropia e espontaneidade (AMARAL, 2004) pode permitir conhecer os diferentes modos de pensar que encontram estabilidade em diferentes contextos, o que pode facilitar a compreensão das visões expressas nas salas de aula, pelo professor e pelos alunos, em momentos de discussões e debates (SIMÕES NETO, 2016).

Para além das pesquisas de proposição de perfis conceituais, aspectos metodológicos foram desenvolvidos no cerne da teoria: Viggiano e Mattos (2007) e o uso de questionários, Mortimer, Scott e El-Hani (2009) e a discussão sobre conceituação, Dalri (2010) e os compromissos axiológicos, Araújo (2014) e Silva (2017) que trabalharam com comunidades de prática, e Diniz Júnior, Silva e Amaral (2015), que ao olhar para o professor ampliaram as bases teóricas, epistemológicas e metodológicas da teoria. No entanto, a discussão que julgamos essencial para o momento é sobre a utilização da teoria nas salas de aula.

Concordamos com Sabino e Amaral (2018) quando citam a importância de se considerar que uma das maiores possibilidades de utilização de um perfil conceitual, no contexto da sala de aula, é como instrumento central no planejamento de atividades. Reconhecer modos de pensar e formas de falar sobre determinado conceito pode contribuir para uma melhor identificação dos obstáculos da aprendizagem, reconhecer os contextos de utilização de cada modo de pensar e do seu valor pragmático e trabalhar com estratégias que auxiliem os estudantes a conhecer as diferentes zonas de um perfil conceitual e na tomada de

consciência, ou seja, no reconhecimento das zonas e dos diferentes contextos de utilização.

Este texto é produto parcial de um projeto de mestrado acadêmico mais amplo, que busca analisar a emergência das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade em uma sequência didática aplicada a licenciandos em química. Apresentamos um recorte que tem por objetivo analisar a emergência das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade antes da aplicação da sequência didática citada, a partir das concepções informais e científicas dos estudantes.

Para reconhecer os modos de pensar dos estudantes precisamos conhecer o perfil conceitual de entropia e espontaneidade, apresentado na próxima seção.

O PERFIL CONCEITUAL DE ENTROPIA E ESPONTANEIDADE

Amaral e Mortimer (2004) apresentam uma proposta de perfil conceitual para entropia e espontaneidade, proposto a partir de ideias da história da ciência, da literatura em educação em ciências e da sala de aula. A utilização de diversas fontes teve como objetivo propor uma gênese para os conceitos (WERTSCH, 1985), considerando diferentes domínios genéticos – sociocultural, ontogenético e microgenético – a partir dos quais os conceitos podem ser visualizados como parte de um processo e não como produtos acabados.

Inicialmente, quatro zonas foram propostas para o perfil: zona perceptiva/intuitiva, zona empírica, zona formalista e zona racionalista, descritas no quadro 01

Quadro 1 – O perfil conceitual de entropia e espontaneidade

| Zona | Definição |
|---------------------------|--|
| Zona perceptiva/intuitiva | Corresponde às ideias de espontaneidade que emergem das impressões imediatas, das sensações e intuições, e que não consideram as condições em que os processos ocorrem. Ou seja, é a zona que trata da ideia de entender um fenômeno como espontâneo, mas sem preocupação com as causas. |
| Zona empírica | Está relacionada com as ideias nas quais a experiência começa a ser analisada levando em consideração as condições nas quais os processos ocorrem. |
| Zona formalista | Compreende ideias que surgem a partir do uso de algoritmos e fórmulas matemáticas para a análise dos processos, sem que isso se traduza no entendimento das relações conceituais. |
| Zona racionalista | Compreende ideias sobre a espontaneidade dos processos que levam em consideração a distribuição de energia em um nível atômico-molecular. |

Fonte: adaptado de Amaral e Mortimer (2004)

Neste trabalho iremos considerar o perfil conceitual para entropia e espontaneidade a partir da apresentação de Amaral, Mortimer e Scott (2014), na qual existem apenas três zonas, a saber: zona perceptiva/intuitiva, que exprime a ideia de naturalidade na ocorrência dos fenômenos, zona empírica, relacionada a consideração das condições para ocorrência, e zona racionalista, que exprime o

formalismo matemático e a interpretação mais profunda da entropia e da espontaneidade.

A seguir apresentaremos a metodologia para coleta e análise dos dados para essa pesquisa.

METODOLOGIA

A presente pesquisa buscou analisar a emergência das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade de estudantes do sexto período da licenciatura em química do CAA/UFPE, matriculados na disciplina Físico-Química I. Por ser uma pesquisa relacionada a seres humanos, passou pelo comitê de ética da universidade, sob o protocolo 88948618.8.0000.5208, aprovada em 06 de junho de 2018.

Acerca da tipologia do estudo, realizamos uma análise qualitativa. Para o levantamento de concepções, a utilização desse tipo de pesquisa é interessante, pois se diferencia da perspectiva quantitativa, uma vez que os dados estatísticos não são utilizados como o centro do processo da análise. Os dados obtidos nesse estudo são descritivos, objetivando retratar ao máximo a realidade estudada (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Há uma distinção metodológica entre pesquisa qualitativa e quantitativa, mesmo que esses rótulos não sejam dicotômicos. A qualitativa explora características de indivíduos e cenários que não podem ser descritos facilmente a partir de números. Os dados são em maioria verbais, obtidos pela observação, descrição e por meio de gravação de áudio e vídeo. Em contrapartida, a quantitativa explora as características e situações que permitem a obtenção de dados numéricos, além de fazer uso de estatística para tais ações.

Com relação aos sujeitos da pesquisa, como já mencionado, o estudo foi realizado com vinte estudantes da licenciatura em química do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco (CAA/UFPE), na cidade de Caruaru, matriculados na disciplina Físico-Química I, do sexto período do curso, turno noturno. A escolha dos sujeitos foi realizada a partir da consulta ao projeto pedagógico do curso, considerando a disciplina em que se trabalha o conceito de entropia com mais detalhes, além da existência de um repertório de disciplinas anteriores que englobam uma visão menos detalhada da abordagem desse conceito e de outros da termodinâmica e da termodinâmica química, tais como calor e trabalho, 1ª lei da termodinâmica, entalpia e energia livre de Gibbs.

O critério único de inclusão na pesquisa era ser aluno devidamente matriculado na disciplina supracitada, sendo critério de exclusão, também único, não responder ao instrumento para levantamento de concepções prévias. O instrumento foi um questionário com perguntas abertas e fechadas, buscando levantar modos de pensar sobre o conceito de entropia e seus diversos significados. Justificamos a utilização do questionário a partir das ideias de Minayo (2004): um questionário semiestruturado combina perguntas fechadas (ou estruturadas) e abertas, na quais o inquirido tem a possibilidade de discorrer, dentro do tema proposto, sem respostas impostas ou condições prefixadas pelo pesquisador.

Tal questionário foi composto por 7 perguntas. Porém, como o objetivo deste trabalho é analisar a emergência de zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade, iremos centrar nossa atenção na primeira questão: o que você entende por Entropia? A justificativa para esse recorte está no potencial único e diferencial que esse tipo de questão tem em fazer emergir modos de pensar, conforme apontado por Coutinho (2005), para buscar concepções sobre o conceito de vida (COUTINHO; EL-HANI; MORTIMER, 2007). A ideia desse tipo de pergunta é fazer o estudante escrever o que pensa sobre o conceito em tela sem nenhuma limitação, buscando diversidade nas respostas, fazendo emergir várias formas de falar sobre o conceito.

A análise foi realizada com a identificação dos sujeitos diante da apresentação das respostas. Foi atribuído um código composto por duas letras, AL, em referência ao contexto escolar do inquirido, aluno da disciplina. Ainda, foi utilizado um número de ordenação para diferenciação individual, ou seja, AL1 em referência ao primeiro aluno, AL2 ao segundo e assim por diante.

Para que tenhamos acesso aos modos de pensar, precisamos entender as formas de falar sobre os conceitos de entropia e espontaneidade, uma vez que não temos acesso ao pensamento do indivíduo. Dessa forma, à medida que o indivíduo expressa suas ideias, ele vai apresentando modos de pensar, que podem estar relacionados as formas de falar, e conseqüentemente ser representativo de uma zona do perfil conceitual (SIMÕES NETO, 2016).

As respostas foram organizadas em um quadro e, posteriormente, agrupadas de acordo com a emergência de cada zona do perfil conceitual de entropia e espontaneidade, formando blocos de respostas associadas as zonas. Ou seja, as respostas foram categorizadas de acordo com os modos de pensar e formas de falar sobre os conceitos de entropia e espontaneidade observados no perfil conceitual (AMARAL; MORTIMER, 2004; MORTIMER et al., 2014), a partir da relação da resposta com os compromissos epistemológicos e ontológicos que fundamentam as três zonas para o perfil conceitual de entropia e espontaneidade: zona perceptiva/intuitiva, zona empírica e zona racionalista.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modos de pensar dos estudantes sobre o conceito de entropia e sua relação com a espontaneidade foram identificadas a partir das respostas dadas à primeira pergunta do questionário, buscando mapear os diferentes modos de pensar. O questionário completo foi entregue aos estudantes, que durante todo o tempo de resolução permaneceram em silêncio e concentrados. Após trinta minutos, todos os participantes entregaram o questionário respondido. A análise da questão foi feita de acordo com a identificação das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade.

Um ponto importante a destacar é a relação existente em cada resposta, pois quase todos conseguiram expressar de alguma forma seus modos de pensar sobre o conceito de entropia, com exceção do estudante AL7 que não respondeu à pergunta. Para todas as respostas, percebemos uma relação entre o que foi respondido e ideias advindas da experiência escolar formal.

No quadro 1 apresentamos as respostas dos licenciandos em Química para a pergunta. Os trechos marcados em **negrito** permitem inferir sobre a emergência de uma das zonas do perfil conceitual de entropia.

Quadro 1 – Respostas a questão: O que você entende por entropia?

| Estudante | Resposta |
|-----------|---|
| AL1 | Entropia equivale ao quão desordenados estão as moléculas , ou seja, quanto maior a desorganização das moléculas maior é a entropia . |
| AL2 | Desordem do sistema. |
| AL3 | Entropia é uma função de estado que na sua definição mais simples mede a desorganização de um processo . |
| AL4 | A entropia é uma grandeza que mede a desordem ou aleatoriedade que as moléculas de um sistema podem assumir . Gosto da definição de entropia estatística, $S = K \ln W$ em que K é a constante de Boltzmann e W é o número de microestados em que este diz respeito com as maneiras com que as moléculas de um sistema podem ser distribuídas considerando a energia totalmente constante . |
| AL5 | A entropia está relacionada com o grau de dispersão de energia em um dado sistema . De acordo com a equação de Boltzmann ($S = K \ln \Omega$) a entropia é proporcional ao ln do número de microestados possíveis. Quanto mais níveis de energia acessíveis maior a dispersão de energia e consequentemente a desordem do sistema . |
| AL6 | Entropia mede o grau de desordem em um sistema , sendo que um valor de entropia maior que zero considerando um processo espontâneo . |
| AL7 | - |
| AL8 | Desorganização das moléculas . |
| AL9 | Seria como o grau de desordem de um sistema . |
| AL10 | É a desordem do sistema . |
| AL11 | Processo que relaciona a espontaneidade que ocorre em um determinado fenômeno ou reação , ou seja, a entropia é a grandeza utilizada na termodinâmica que irá nos dizer se um determinado processo ocorre espontaneamente ou não. A sua variação (ΔS) é a “medida” dessa espontaneidade . |
| AL12 | Entendo pelo nível de desordem das moléculas no sistema . Na qual a entropia, como no caso o nível dessa desordem, podem caracterizar se o processo é espontâneo ou não . |
| AL13 | Desordem de um sistema . |
| AL14 | Que é uma função de estado , que há uma variação na mistura dos gases. |
| AL15 | Ela é uma função de mudança de estados para a verificação dos gases, sempre olhando o ponto final e inicial. |
| AL16 | Desordem do sistema. É o caos . |
| AL17 | Desordem do sistema . |
| AL18 | A desordem de um determinado sistema . |

| Estudante | Resposta |
|-----------|---|
| AL19 | Entropia é o grau de desordem de um sistema. |
| AL20 | Desordem do sistema. |

Fonte: autoria Própria (2018).

No quadro é possível observar que a ideia de entropia como **desordem de um sistema, desordem das moléculas** ou **medida do grau de desordem** é predominante, sendo a resposta ou parte da resposta de 15 estudantes. Encontramos explicação para esse grande número de respostas na definição que é comumente encontrada nos livros didáticos, principalmente do Ensino Médio: entropia é a grandeza termodinâmica que mede o grau de desordem de um sistema (SANTOS et al., 2017).

Tal visão do conceito de entropia, associado a desordem, tem fundamento científico. Segundo Colovan e Silva (2005), o conceito de entropia como desordem do sistema está ligado aos trabalhos em termodinâmica estatística de Ludwig Boltzmann (1844–1906), por volta de 1866. No entanto, da forma como é apresentado nos livros, existe um movimento de supressão da explicação científica, natural devido a necessidade de compreensão científico-matemática.

Por isso, a ideia de entropia como desordem, embora dirija a uma condição de ocorrência do sistema (aumento da desordem), não acompanha o formalismo matemático ou o raciocínio científico exigido, sendo manifestação de um pensamento de espontaneidade mais experiencial, associado a **zona empírica**.

Apenas três estudantes inquiridos associaram o conceito de entropia ao conceito de espontaneidade. Dois, AL6 e AL11, se preocuparam em explicar as condições de ocorrência do processo de forma espontânea, utilizando a expressão de variação de entropia do universo (AMARAL; MORTIMER, 2004), que associa uma variação de entropia do universo maior que zero a processos espontâneos ($\Delta S > 0$ como condição de espontaneidade), algo característico também de um modo de pensar associado a **zona empírica**.

O outro estudante que associa os conceitos de entropia e espontaneidade na resposta, AL12, fez associação direta, a partir da observação de que processos espontâneos são aqueles que ocorrem naturalmente, sem influência externa, como a queda de um corpo em região de gravidade ou uma combustão. Esse modo de pensar pode ser associado à **zona perceptiva/intuitiva**, pois não existe uma intencionalidade de entender a natureza dos conceitos, apenas em explicar o fato observado utilizando a ideia de espontaneidade.

Três estudantes, AL3, AL14 e AL15, responderam que a entropia era uma função do estado. Destacamos AL3, que ainda associou a entropia à desordem do sistema, enquanto os demais apenas identificaram essa propriedade em relação a grandeza. Reconhecer a entropia como uma função do estado, que depende apenas dos estados inicial e final, dá indícios de um pensamento científico, adquirido durante a instrução escolar e a formação inicial, por isso, classificamos essas respostas como manifestação da **zona racionalista**.

Duas outras respostas foram também classificadas na zona racionalista, AL4 e AL5, que falaram sobre a dimensão estatística do conceito, destacando o número de microestados possíveis e citando a equação de Boltzmann e dispersão de

energia do sistema. São respostas que exigem um grau de compreensão maior, mais racional. Ainda, pela apresentação da equação, denotam também uma concepção matemática da entropia, associada à antiga zona formalista, que atualmente foi incorporada à **zona racionalista**, como descrito na apresentação do perfil conceitual.

Chamamos a atenção para modos de pensar diferentes que emergem na mesma resposta, caracterizando hibridismo (ARAÚJO, 2014; DINIZ JÚNIOR; SILVA; AMARAL, 2015), que fica evidente nas respostas dos estudantes AL3 (zonas empírica e racionalista), AL4 (zonas empírica e racionalista) e AL12 (zonas perceptiva/intuitiva e empírica).

Lembramos ainda que o estudante AL7 não respondeu à questão, logo, não atendeu a condição para inclusão.

O quadro 2 apresenta a distribuição dos modos de pensar apresentados pelos estudantes, informais ou científicas, nas zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade. Em negrito os estudantes que apresentaram discursos híbridos, ou seja, que apresentaram na resposta mais de um modo de pensar o conceito de entropia e espontaneidade.

Quadro 2 – Respostas à questão: o que você entende por entropia?

| Zona | Estudantes |
|---------------------------|--|
| Zona perceptiva/intuitiva | AL12. |
| Zona Empírica | AL1, AL2, AL3, AL4 , AL6, AL8, AL9, AL10, AL11, AL12 , AL13, AL16, AL17, AL18, AL19, AL20. |
| Zona Racionalista | AL3, AL4 , AL5, AL14, AL15. |

Fonte: autoria própria (2018).

Ainda sobre a zona perceptiva/intuitiva, podemos inferir que a pequena emergência desse modo de pensar pode estar associada a duas questões: o grau de instrução formal dos estudantes que participaram da pesquisa, licenciandos em química no sexto período do curso, e a ausência da palavra espontaneidade na pergunta. Assim, acreditamos que tal construção seja convencional nos grupos de respostas apresentadas devido às características da pergunta e da ambientação em sala de aula, o que faz com que os estudantes busquem respostas que consideram corretas do ponto de vista científico.

Pela teoria dos perfis conceituais, um mesmo conceito pode ser visto sob diferentes perspectivas, que podem ser complementares, estando associadas a diferentes modos de pensar pragmáticos em contextos específicos de aplicação, pois a aprendizagem dos conceitos científicos e a discussão de novas ideias não conduz necessariamente os alunos ao abandono de suas convicções previamente estabilizadas (AMARAL, 2004).

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Entendemos que os estudos sobre o perfil conceitual de entropia e espontaneidade podem ser uma possibilidade de pesquisa promissora, tendo condições de auxiliar significativamente na elaboração e reformulação de

propostas de aprendizagem dos estudantes, na formação inicial de professores, no Ensino Médio e no Ensino Superior. Percebemos, com os resultados, que o perfil conceitual é indicado como uma boa alternativa para planejamento de atividades para a sala de aula. Ao se ter como ponto de partida para elaboração de estratégias didáticas a possibilidade e a importância de trabalhar com vários modos de pensar sobre um conceito e os contextos em que possuem valor pragmático, estamos considerando que aprender ciência é aprender sobre a linguagem da ciência, possibilitando uma compreensão de mundo mais ampla.

Foi possível identificar a emergência das três zonas do perfil conceitual para entropia e espontaneidade na formulação atual (AMARAL; MORTIMER; SCOTT, 2014), a saber: zona perceptiva/intuitiva, zona empírica e zona racionalista. Ainda, dois estudantes apresentaram o conceito em um viés mais científico, racionalista, com associação à equação de Boltzmann, o que permitiu identificar a emergência de um modo de pensar racionalista, mas associado de alguma forma a antiga zona formalista.

Percebemos, ainda, a emergência de discursos híbridos, dois relacionando ideias das zonas empírica e racionalista em associação, e outro associando modos de pensar das zonas perceptiva/intuitiva e empírica.

Como perspectivas futuras, buscamos utilizar os dados obtidos nessa pesquisa, produto parcial de uma investigação maior, para estruturar e repensar a proposta de sequência didática para abordagem do conteúdo relativo a entropia e espontaneidade, planejada utilizando como base teórica e epistemológica a teoria dos perfis conceituais e o perfil conceitual de entropia e espontaneidade.

Ways of thinking on entropy and spontaneity for undergraduate in chemistry from the theory of conceptual profiles

ABSTRACT

The present work is part of a broader academic master's research, whose objective is to analyze the emergence of zones of the conceptual profile of entropy and spontaneity in a didactic sequence applied to chemistry graduates. We justify the use of the theory of conceptual profiles for its importance in considering different ways of thinking scientific concepts, which have pragmatic value in certain contexts, as well as the need to present this plurality in situations of teaching and learning in the classroom. This study is a clipping with the specific objective of analyzing the emergence of the zones of the conceptual profile of entropy and spontaneity from the informal and scientific conceptions of the students. The research was carried out with twenty students enrolled in the Physics-chemistry I course of the Licenciature degree in Chemistry of the Campus Acadêmico do Agreste of the Universidade Federal de Pernambuco, using an instrument composed of a single broad question, elaborated according to the literature recommendations: "the What do you mean by entropy?" The analysis showed the emergence of the three zones of the conceptual profile of entropy and spontaneity in students' answers, namely: perceptive/intuitive zone, empirical zone and rationalist zone. We highlight the occurrence of responses mostly associated with the idea of entropy as a degree of disorder of a system, in direct association with the question of the spontaneity of the processes by increasing entropy, which corresponds to the empirical zone.

KEYWORDS: Entropy and spontaneity. Conceptual profile. Informal and scientific conceptions. Chemistry teaching. Science teaching.

NOTAS

¹ O texto original fala em “noção de perfil conceitual”, porém, para garantir características atuais ao texto, substituímos o termo utilizado pelo autor por “teoria dos perfis conceituais”.

² Ainda não existia a preocupação com os compromissos axiológicos quando o perfil conceitual de entropia e espontaneidade foi proposto por Amaral e Mortimer (2004).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos estudantes participantes da pesquisa e ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM/CAA/UFPE).

REFERÊNCIAS

AMARAL, E. M. R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada as transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de Química do Ensino Médio**. 2004. 295f. Tese (Doutorado em Educação), Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. 2004.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.3 p.1-16, 2001.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. **Educación Química**, n. 3, p. 60-75, 2004.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. A Conceptual Profile of Entropy and Spontaneity: Characterising Modes of Thinking and Ways of Speaking in the Classroom. In: MORTIMER, E. F., EL-HANI, C. N. (orgs.) **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Springer, 2014.

ARAÚJO, A. O. **O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas**. 2014. 223 f. Tese (Doutorado em Educação), Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**, Vol. 1. 8. ed. São Paulo: LTC, 2010.

COLOVAN, S. C. T.; SILVA, D. A entropia no ensino médio: utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 90-117, 2005.

COUTINHO, F. A. **Construção de Um Perfil Conceitual de Vida**. 2005. 193 f. Tese (Doutorado em Educação), Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

COUTINHO, F. Â.; MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. Construção de um Perfil para o Conceito Biológico de Vida. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online), v. 12, p. 115-137, 2007.

DALRI, J. **A Dimensão Axiológica do Perfil Conceitual**. 2010. 130f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Programa de Pós-Graduação Interunidades de Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2010.

DINIZ JUNIOR, A. I.; SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Zonas do Perfil Conceitual de Calor que Emergem na Fala de Professores de Química. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. especial, p. 55-67, 2015.

LEITE, B. S. **Tecnologias no Ensino de Química: teoria e prática na formação docente**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2016.

MACENO, N. G.; GUIMARÃES, O. M. A inovação na área de educação química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 48-56, 2013.

MENDES, A. P.; SANTANA, G. P.; PESSOA JÚNIOR, E.S.F. O uso do software PhET como ferramenta para o ensino de balanceamento de reação química. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v.8 n. 16 p.52-60, 2015.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8 ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

MORAIS, C.; PAIVA, J. Simulação digital e atividades experimentais em Físico-Químicas. Estudo piloto sobre o impacto do recurso “Ponto de fusão e ponto de ebulição” n° 7º ano de escolaridade. **Revista de Ciências de Educação**, n.3, p.101-112, 2007.

MORTIMER, E. F. Conceptual Chance or Conceptual Profile Chance? **Science Education**, v.4, n.3, p. 265-287. 1995.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 1, p.20-39, 1996.

MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Química Nova**, v. 20, n. 2, p. 200-207, 1997.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F., EL-HANI, C. N. (orgs.) **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Springer, 2014.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, p. 1-12, 2009.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; AMARAL, E. M. R.; EL-HANI, C. N. Modeling Modes of Thinking and Speaking With Conceptual Profiles. In PENA, S. D. J. **Themes in Transdisciplinary Research**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

NICOLLI, A.A.; MORTIMER, E.F. Perfil conceitual e a escolarização do conceito de morte no ensino de ciências, **Educação em Revista**, n.44, p.19-35,2012.

OLIVEIRA, W. S.; MIRANDA, N.F.; MOITA NETO, J. M. Panorama da Pesquisa em Ensino de Química no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, n.3, v.3, 2008.

POZO, J. I.; GOMÉZ CRESPO, M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Trabalho Científico: Métodos e técnica da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIBEIRO, A.J. Elaborando um perfil conceitual de equação: desdobramentos para o ensino e a aprendizagem de matemática. **Ciência & educação**, n.1, v.19, p.55-71, 2013.

RODRIGUES, G. M.; FERREIRA, H. S. Elaboração e análise de Sequências de Ensino-Aprendizagem sobre os estados da matéria. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas-SP. **Anais [...]**. São Paulo, p. 1-12, 2011.

SABINO, J. D.; AMARAL, E. M. R. A Utilização do Perfil Conceitual de Substância No Planejamento do Ensino e na Análise do Processo de Aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 245-265, 2018.

SANTOS, M. C. G.; BALDAQUIM, M. J.; FANTINELLI, M.; MARANI, P. F.; KIOURANIS, N. M. M. Análise dos conceitos de entropia presentes nos livros didáticos do PNLD 2015. In: Encontro debates em ensino de química, 37, 2017, Rio Grande-RS. **Anais [...]**. Rio Grande-RS, p. 1-8, 2017.

SEPULVEDA, C. **Perfil Conceitual de Adaptação: Uma Ferramenta para Análise de Discurso de Salas de Aula de Biologia em Contextos de Ensino de Evolução**. 2010. Tese (Doutorado em Ensino, História e Filosofia da Ciências), Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira De Santana. 2010.

SILVA, F. C. V. **Análise de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de Ácido/Base em uma experiência socialmente situada vivenciada por licenciandos em Química**. Recife, 2017. 241 p. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

SILVA, J. R.R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta para um Perfil Conceitual de substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 53-72, 2013.

SILVA, S. G. As principais dificuldades na aprendizagem de química na visão dos alunos do ensino médio. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN, 9, 2013, Currais Novos-RN. **Anais [...]**. Currais Novos-RN, 2013.

SIMÕES NETO, J.E. **Uma proposta para o perfil conceitual de energia em contextos do ensino da física e da química**. 2016. 251f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2016.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C. R. É possível definir contextos de uso de zonas de perfil conceitual com um questionário? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7, 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, p. 1-12, 2007.

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

Recebido: 17 set. 2018

Aprovado: 15 abr. 2019

DOI: 10.3895/actio.v4n2.8836

Como citar:

GUIMARÃES, C. R. A.; SILVA, F. C. V.; SIMÕES NETO, J. E. Modos de pensar sobre entropia e espontaneidade de licenciandos em química a partir da teoria dos perfis conceituais. **ACTIO**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 15-29, mai./ago. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Cleição Rafaela de Almeida Guimarães

Av. Campina Grande, s/n - Km 59. Nova Caruaru, Caruaru, Pernambuco, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

