

Concepções sobre Entropia e Espontaneidade de Licenciandos em Química a partir da Teoria dos Perfis Conceituais

Conceptions on Entropy and Spontaneity of Chemistry Students from the Theory of Conceptual Profiles

Cleia Rafaela de Almeida Guimarães

Universidade Federal de Pernambuco

cleica.rafaela@yahoo.com.br

Flávia Cristiane Vieira da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco

flavia.cvsilva@hotmail.com

José Euzébio Simões Neto

Universidade Federal Rural de Pernambuco

euzebiosimoes@gmail.com

Resumo

Buscamos analisar as concepções dos estudantes da licenciatura em química no CAA/UFPE sobre os conceitos de entropia e espontaneidade, a partir da teoria dos perfis conceituais. Para isso, inquerimos vinte estudantes matriculados na disciplina Físico-Química I por meio de uma única e ampla pergunta, elaborada mediante recomendações da literatura: o que você entende por entropia? A análise dos dados evidenciou a emergência das três zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade, a saber: perceptiva/intuitiva, empírica e racionalista. Destacamos a ocorrência de respostas majoritariamente relacionadas a ideia de entropia como grau de desordem de um sistema, em associação a espontaneidade dos processos mediante aumento da entropia.

Palavras chave: Perfil Conceitual, Entropia e Espontaneidade, Concepções.

Abstract

We sought to analyze the conceptions of the undergraduate students in chemistry at the CAA / UFPE on the concepts of entropy and spontaneity, based on the theory of conceptual profiles. To that end, we asked twenty students enrolled in Physics-Chemistry I by means of a single broad question, elaborated through recommendations from the literature: what do you mean by entropy? The data analysis showed the emergence of the three zones of the conceptual profile of entropy and spontaneity, namely: perceptive / intuitive, empirical and rationalist. We highlight the occurrence of responses mostly related to the idea of entropy as a degree of disorder of a system, in association with the spontaneity of the processes by increasing the entropy.

Key words: Conceptual Profile, Entropy and Spontaneity, Conceptions.

INTRODUÇÃO

Muitos estudantes do Ensino Médio acham a Química uma disciplina complicada, principalmente a Físico-Química, que embora esteja presente nas mais diversas áreas, ainda é considerada difícil pelos estudantes, sendo as principais dificuldades o grau de abstração exigido, a proximidade da física e a utilização da linguagem matemática para expressar os fenômenos estudados. Tal dificuldade é percebida com destaque na abordagem do conceito de entropia, conceito abstrato e difícil de ser ensinado e aprendido e, por isso, negligenciado pelos docentes, sobretudo no Ensino Médio, características fundamentais na escolha do conceito científico em destaque nessa pesquisa.

Para fundamentar essa pesquisa, utilizamos a teoria dos perfis conceituais (MORTIMER; EL-HANI, 2014), que está baseada 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, modelando a diversidade de modos de pensar e significar um determinado conceito. Para Ribeiro (2013), a compreensão do perfil conceitual de um determinado conceito permite o acompanhamento da evolução das ideias dos estudantes sobre um conceito, identificar a relação entre a constituição das diferentes zonas de um perfil conceitual e a influência do contexto e, por fim, a tomada de consciência da diversidade de significados que um conceito pode admitir e suas implicações no ensino e na aprendizagem.

Todo perfil conceitual proposto é constituído por zonas, fundamentadas por compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, que representam os diversos modos de pensar sobre o conceito, ou seja, as formas de compreender e significar em contextos específicos. Assim, várias zonas podem coexistir em um mesmo indivíduo, cada uma sendo utilizada em um contexto mais apropriado (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Amaral e Mortimer (2004) apresentam uma proposta de perfil conceitual para entropia e espontaneidade, a partir de ideias da história da ciência, da literatura em educação em ciências e da sala de aula, inicialmente com quatro zonas, descritas na tabela 1:

Zona	Descrição
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.

Tabela 1: Perfil Conceitual de Entropia e Espontaneidade

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.

Acreditamos que a proposta de perfil para o conceito de entropia e espontaneidade (AMARAL; MORTIMER, 2004) pode permitir conhecer os diferentes modos de pensar pragmáticos em diferentes contextos, o que pode ajudar na compreensão das visões expressas nas salas de aula, pelo professor e pelos alunos, em momentos de discussões e debates. Esse 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. O presente artigo apresenta 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.

METODOLOGIA

Com relação aos sujeitos da pesquisa, 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. Sobre esse instrumento, se trata de um questionário com perguntas abertas e fechadas, buscando levantar concepções 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 inquerido tem a possibilidade de discorrer, dentro do tema proposto, sem respostas impostas ou condições prefixadas pelo pesquisador.

Buscamos realizar o levantamento de concepções dos estudantes sobre os conceitos de entropia e espontaneidade, utilizando como instrumento para coleta de dados um questionário com sete perguntas abertas e fechadas. Para esse trabalho, iremos analisar apenas a primeira questão: o que você entende por entropia? Justificamos esse recorte a partir do diferencial que esse tipo de questão tem na emergência de modos de pensar, conforme apontam Coutinho, El-Hani e Mortimer (2007): nesse tipo de pergunta o estudante escreve o que pensa sobre o conceito, sem limitações, o que pode dirigir uma diversidade de respostas que faz emergir várias formas de falar sobre o conceito.

Atribuímos o código A, em referência ao contexto escolar do inquerido, aluno, além de um número de ordenação para diferenciação individual. 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 (SABINO; AMARAL, 2018). As respostas foram organizadas em um quadro e, agrupadas de acordo com a emergência de cada zona, formando blocos de respostas associadas as zonas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 apresentamos as respostas dos licenciandos em Química para pergunta. Os trechos marcados em negrito permitem inferir sobre a emergência de alguma das zonas.

Aluno	Resposta
A1	Entropia equivale ao quão desordenados estão as moléculas , ou seja, quanto maior a desorganização das moléculas maior é a entropia.
A2	Desordem do sistema.
A3	Entropia é uma função de estado que na sua definição mais simples mede a desorganização de um processo.
A4	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.
A5	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 conseqüentemente a desordem do sistema.
A6	Entropia mede o grau de desordem em um sistema, sendo que um valor de entropia maior que zero considerando um processo espontâneo.
A7	-
A8	Desorganização das moléculas.
A9	Seria como o grau de desordem de um sistema.
A10	É a desordem do sistema.
A11	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.
A12	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.
A13	Desordem de um sistema.
A14	Que é uma função de estado, que há uma variação na mistura dos gases.
A15	Ela é uma função de mudança de estados para a verificação dos gases, sempre olhando o ponto final e inicial.
A16	Desordem do sistema. É o caos.
A17	Desordem do sistema.
A18	A desordem de um determinado sistema.
A19	Entropia é o grau de desordem de um sistema.
A20	Desordem do sistema.

Tabela 2: Respostas dos Alunos

Na tabela 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 de 15 estudantes, possivelmente por influência do livro didático, que apresenta entropia como grandeza termodinâmica que mede o grau de desordem de um sistema. Tal visão do conceito tem fundamento científico e, segundo Colovan e Silva (2005), está ligado aos trabalhos de Boltzmann (1844–1906), por volta de 1866. Embora dirija a uma condição de

ocorrência do sistema (aumento da desordem), essa visão 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 inqueridos associaram o conceito de entropia ao conceito de espontaneidade, dois (A6 e A11) se preocupam em explicar as condições de ocorrência do processo de forma espontânea utilizando a expressão de variação de entropia do universo (AMARAL e MORTIMER, 2004), que associa uma variação de entropia do universo maior que zero a processos espontâneos ($\Delta S > 0$) como condição de espontaneidade, e outro estudante (A12) faz a associação a partir da observação de que processos espontâneos são aqueles que ocorrem naturalmente, sem influência externa. Esse modo de pensar pode ser associado a **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, A3, A14 e A15, responderam que a entropia era uma função do estado, que depende apenas dos estados inicial e final, dá indícios de um pensamento científico, por isso, classificamos essas respostas como manifestação da **zona racionalista**. Duas outras respostas foram também classificadas nessa zona, A4 e A5, que falaram sobre a dimensão estatística do conceito, respostas que exigem um grau de compreensão maior, mais racional. Ainda, pela apresentação da equação, denotam também uma concepção matemática da entropia, associada a antiga **zona formalista**, que atualmente foi incorporada a 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 e AMARAL, 2015), que fica evidente nas respostas dos estudantes A3 (**zonas empírica e racionalista**), A4 (**zonas empírica e racionalista**) e A12 (**zonas perceptiva/intuitiva e empírica**).

O quadro 3 apresenta a distribuição das concepções apresentadas pelos estudantes nas zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade. Em negrito os estudantes que apresentaram discursos híbridos.

Zona	Estudantes
Zona perceptiva/intuitiva	A12.
Zona Empírica	A1, A2, A3, A4 , A6, A8, A9, A10, A11, A12 , A13, A16, A17, A18, A19, A20.
Zona Racionalista	A3, A4 , A5, A14, A15.

Tabela 3: Relação Respostas x Zonas

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 ao menos 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 as características da pergunta e da ambientação em sala de aula, o que faz com que os estudantes busquem respostas que consideram corretas.

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 vem a ser uma possibilidade de pesquisa promissora, tendo condições de auxiliar significativamente na elaboração e reformulação de propostas de aprendizagem voltados para a formação dos estudantes, na formação inicial de professores, no Ensino Médio e Superior. Percebemos, com os resultados, que o perfil conceitual é indicado como uma boa alternativa para planejamento de atividades para a sala de aula, considerando os diversos modos de pensar pragmáticos em contextos específicos.

Foi possível identificar a emergência das três zonas do perfil conceitual para entropia e espontaneidade na formulação atual (AMARAL; MORTIMER; SCOTT, 2014). 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 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.

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. 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.

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. 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.

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.

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

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

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.

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.