

## CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS: UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A ESPONTANEIDADE DOS FENÔMENOS NATURAIS COM ALUNOS DOS CURSOS LICENCIATURA EM QUÍMICA

*ALTERNATIVE CONCEPTIONS OF THERMODYNAMIC CONCEPTS: AN INVESTIGATION ON THE SPONTANEITY OF NATURAL PHENOMENA WITH STUDENTS OF THE CHEMISTRY LICENSING COURSES*

Bruno Peixoto de Oliveira  
bruno.peixoto@ufca.edu.br

Pierre Basilio Almeida Fechine  
fechine@ufc.br

Francisco Belmino Romero  
belmino@ufc.br

Alessandro Cury Soares  
alessandro.cury@ufca.edu.br

### Resumo

Este trabalho busca contribuir para o ensino e aprendizagem do conteúdo espontaneidade dos fenômenos naturais no Ensino Médio averiguando as concepções alternativas de alunos recém-admitidos nos cursos de Licenciatura em Química sobre a espontaneidade dos fenômenos naturais e qual o fator determinante para a ocorrência de um processo espontâneo. Através de dois questionários com questões objetivas apresentando fenômenos naturais cotidianos, aplicados em diferentes cursos de Licenciatura, foi observado que os alunos conseguem identificar com facilidade alguns fenômenos cotidianos como sendo espontâneos ou não. Entretanto, ao identificarem o fenômeno espontâneo percebe-se a utilização de um senso comum. Quando estes, apesar de terem sido aprovados em exames de seleção como o Exame Nacional do Ensino Médio ou no vestibular, são questionados acerca do fator responsável pela espontaneidade do fenômeno apresentado são visualizadas as concepções alternativas dos estudantes, o que evidencia que o senso comum não foi transformado em conhecimento científico. Apenas uma pequena percentagem dos alunos investigados conseguiu identificar corretamente a energia de Gibbs como sendo o fator que pode indicar com precisão se um determinado evento ocorre ou não de forma espontânea. Assim as concepções alternativas dos alunos podem ser o passo inicial para a transformação do senso comum em conhecimento científico.

**Palavras chave:** Concepções alternativas, Espontaneidade, Energia de Gibbs

## Abstract

This work seeks to contribute to the teaching and learning of the spontaneity content of natural phenomena in high school by investigating the alternative conceptions of students recently admitted to the undergraduate courses in chemistry on the spontaneity of Natural phenomena and what is the determinant factor for the occurrence of a spontaneous process. Through two questionnaires with objective questions presenting daily natural phenomena, applied in different undergraduate courses, it was observed that students can easily identify some everyday phenomena as being Spontaneous or not. However, by identifying the spontaneous phenomenon, the use of a common sense is perceived. When these, despite having been approved in screening exams such as the National High School examination or the vestibular, are questioned about the factor responsible for the spontaneity of the phenomenon presented are visualized the alternative conceptions of Students, which evidences that common sense has not been transformed into scientific knowledge. Only a small percentage of the students investigated were able to correctly identify the Gibbs energy as being the factor that can accurately indicate whether or not a given event occurs spontaneously. Thus, the alternative conceptions of students can be the initial step towards transforming common sense into scientific knowledge.

**Keywords:** Alternative conceptions, Spontaneity, Gibbs energy

## Introdução

A proposta apresentada para o ensino de Química nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) se contrapõe à velha ênfase na memorização de informações, nomes, fórmulas e conhecimentos como fragmentos desligados da realidade dos alunos (BRASIL, 2002).

As concepções alternativas são caracterizadas por apresentarem natureza pessoal e estruturada, bem como esquemas de coerência interna pouco consistente e cuja persistência vai além da aprendizagem formal (SANTOS, 1991 apud DINIZ, 2005; MORTIMER, 1996). No caso do Ensino de Química, a maioria das concepções alternativas dos estudantes não deriva das vivências cotidianas, mas do entendimento que os estudantes fazem de conceitos anteriormente apresentados no ensino fundamental e médio (TABER, 2000).

Todos os processos reais ocorrem naturalmente em um sentido, entretanto o processo inverso é considerado não natural. Por exemplo, uma fruta cai de uma árvore, contudo não vemos um fruto caído ao chão voltar espontaneamente a uma árvore. Deste modo os processos espontâneos são também considerados processos irreversíveis. Assim o estudo deste conteúdo, especificamente dos fatores que determinam o sentido espontâneo de um processo, se constitui como tema importante do ensino de Química.

Pesquisas já realizadas evidenciam as dificuldades que os estudantes possuem envolvendo conceitos de energia e calor. E que estes termos são utilizados de forma ambígua nos livros didáticos (LEFF ET AL. 1993; ALONSO ET AL. 1995). Essas ambiguidades causam concepções alternativas por parte dos alunos o que acaba retardando o entendimento adequado de diversos conceitos termodinâmicos.

Por exemplo, os termos temperatura e calor são utilizados correntemente com o mesmo significado no cotidiano, porém na Termodinâmica seus significados são claramente distintos. (LE MARÉCHAL, BILANI, 2008).

Este trabalho se propõe a perceber as concepções alternativas de alunos recém-admitidos nos cursos de Licenciatura em Química sobre a espontaneidade dos fenômenos naturais e sobre a função termodinâmica capaz de descrever os fenômenos como espontâneos e irreversíveis.

## Metodologia

Foram desenvolvidos questionários para a coleta dos dados nesta pesquisa. Estes foram baseados no método de levantamento de dados proposto por Gunther (2003) com algumas adaptações para o contexto o qual foi inserido. Segundo Sommer e Sommer (1997) a utilização de itens fechados mostra frequentemente mais respeito à opinião das pessoas e Gunther (2003) afirma que esse tipo de questionário é preferencial quando o número de respondentes é elevado.

Ainda em relação ao tipo de pergunta Gunther afirma que ao concluir um questionário ou entrevista, as perguntas abertas podem ser feitas no fim de um conjunto de perguntas fechadas, servindo para reforçar a essencial percepção do respondente (GUNTHER, 2003).

Os questionários propostos tinham diferentes objetivos: o primeiro mais geral foi composto por cinco (5) questões objetivas e uma (1) subjetiva (ANEXO A). As questões objetivas apresentavam alguns eventos e o aluno deveria responder se este ocorria de forma espontânea ou não. Na questão subjetiva o aluno deveria explicar acerca do que ele considerava como fenômeno espontâneo e como caracterizá-lo buscando avaliar se os alunos reconheciam um fenômeno espontâneo.

O segundo questionário mais específico (ANEXO B) foi composto também por cinco (5) questões objetivas. Assim como no primeiro questionário, foram apresentados fenômenos cotidianos. Entretanto, o aluno deveria optar dentre uma série de fatores, como o fator responsável pela ocorrência do fato descrito. O intuito nesse caso foi o de observar se os alunos reconheciam a energia de Gibbs pela espontaneidade do fenômeno que lhe era apresentado. É importante dizer que ambos questionários foram validados antes de serem aplicados, isto ocorreu junto ao grupo de pesquisa ao qual os autores pertencem.

Neste sentido, tomou-se como parâmetro a energia de Gibbs como resposta adequada para indicação da direção espontânea de um fenômeno natural, pois apesar da entropia ser a função termodinâmica que descreve um processo espontâneo (real), esta função é adequada apenas em sistemas isolados ou observando-se as propriedades das vizinhanças, enquanto que a energia de Gibbs é a função termodinâmica que descreve um processo espontâneo baseado apenas nas propriedades do sistema em estudo e obedece as condições mais comumente encontradas, ou seja, temperatura e pressão constante.

Os questionários foram aplicados com alunos do primeiro semestre dos cursos de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará na cidade de Fortaleza e Universidade Estadual do Ceará no município de Itapipoca. A população investigada foi de oitenta e três (83) alunos correspondendo aos alunos das turmas de primeiro semestre dos cursos de Licenciatura participaram das análises (FIGURA 1). A amostragem foi do tipo probabilística, onde todos os indivíduos da população (alunos do primeiro semestre) puderam responder à pesquisa, podemos ver a população, sendo esta escolhida por totalizarem o número de estudantes no primeiro semestre em ambas instituições.

Figura 1 – Número de Alunos Investigados dos cursos de Licenciatura

Curso	Local	Número de Alunos
Licenciatura em Química 1	Itapipoca	34 alunos
Licenciatura em Química 2	Fortaleza	49 alunos

A aplicação dos questionários em dois locais distintos teve como objetivo comparar os resultados obtidos para a Licenciatura em Química da Capital e do Interior. Após a aplicação dos questionários, foi realizado o tratamento dos dados obtidos nas questões objetivas, levando-se em consideração os acertos nos dois questionários.

Com relação à pergunta subjetiva do primeiro questionário foi realizada uma análise de conteúdo seguindo a metodologia de Bardin (1997), conforme a autora a análise de conteúdo pode, através da leitura profunda e compreensão dos enunciados, confirmar ou refutar hipóteses ou ainda esclarecer elementos que permitam uma descrição mais elaborada dos fatos. Metodologicamente, misturam-se a verificação profunda do conteúdo apresentado e a interpretação brilhante tratando-se, portanto, de um tratamento das informações contidas nas mensagens.

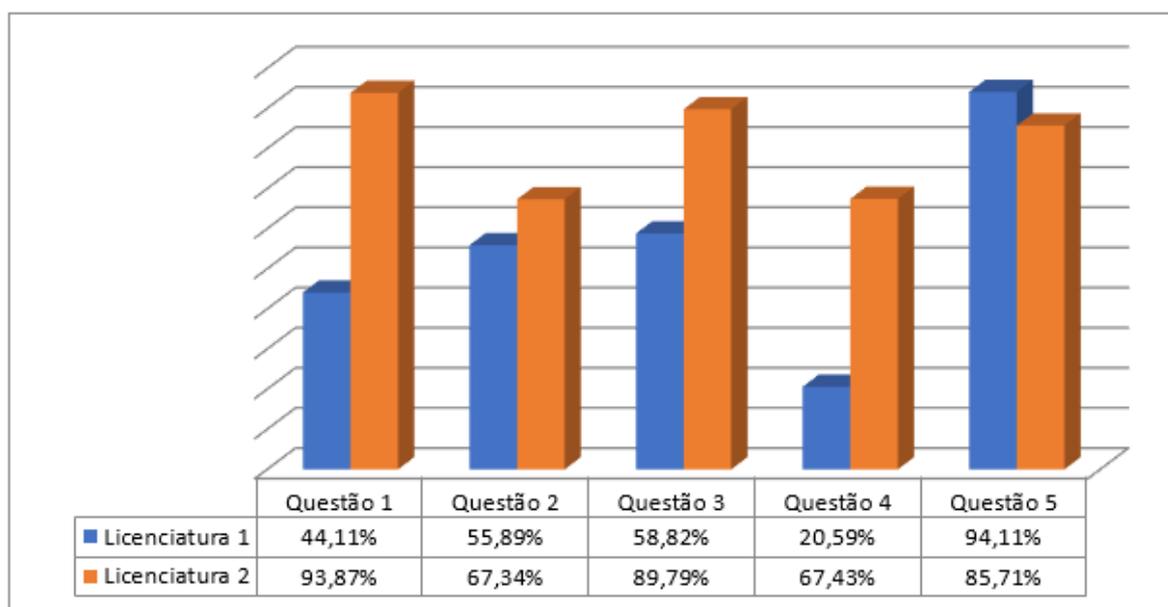
## Resultados e Discussão

De forma global, os alunos a Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará obtiveram um maior percentual de acertos nos dois questionários. Contudo, não foi possível observar uma diferença relevante para que um curso seja apontado como melhor em relação ao outro.

O índice de acertos elevado no primeiro questionário é contrastado com o baixo percentual observado no segundo questionário, este último mais específico exigindo dos alunos o conhecimento científico adequado da energia de Gibbs. As repostas apresentadas pelos alunos para a questão subjetiva apontam para o forte senso comum presente em suas ideias de fenômenos espontâneos.

A partir dos resultados do primeiro questionário aplicado nos cursos de Licenciaturas em Química (FIGURA 2) foi observada a prevalência da Licenciatura 2 (UFC Capital) no índice de questões corretas, das cinco questões a Licenciatura 2 obteve melhor desempenho em quatro delas.

FIGURA 2 – Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Licenciaturas em Química 1 e 2 em relação ao Questionário 1



Da análise da questão subjetiva do primeiro questionário percebe-se que não existem diferenças relevantes entre as respostas apesar dos alunos já terem sido aprovados nos testes de admissão, o que era esperado, pois estes alunos recentemente estavam ainda no Ensino Médio.

Na primeira questão um percentual de 93,87% dos alunos da Capital e 44,11% dos alunos do interior reconheceu como espontânea a transferência de calor entre corpos de diferentes temperaturas. Dos 83 alunos que participaram da pesquisa neste momento 61 deles, (73,49%), responderam de forma adequada. Entretanto, um número considerável de alunos da Licenciatura do Interior não reconheceu este processo como espontâneo.

Na segunda questão, um percentual relativamente alto (37,35%) do total de alunos indagados não reconhece o processo de oxidação de um metal (prego) com sendo espontâneo. Este fato é um

indicativo de que falta um conhecimento efetivo sobre o significado quimicamente adequado para o termo “fenômeno espontâneo”. Novamente o índice de acertos nesta questão foi maior por parte dos alunos da Licenciatura da Capital.

Os alunos possuem uma percepção intuitiva da ocorrência de um processo em determinado sentido, porém não conseguem associar essa intuição a uma descrição que esteja de acordo com os modelos científicos.

A terceira questão, foi a que mostrou maior percentual de alunos que afirmaram não saber a resposta. Apesar do elevado índice total de acertos (75,91%) cinco alunos afirmaram não saber a resposta enquanto 15 alunos não acertaram ao questionamento. Este fato nos indica que o comportamento de uma mistura gasosa não é bem compreendido pelos alunos, apesar deste conteúdo ser cobrado pelo vestibular e pelo ENEM.

A quarta questão reflete a hipótese anteriormente levantada de que os índices de acertos são baseados nas vivências dos alunos, ou seja, é fruto do senso comum. Neste item os alunos da Licenciatura do Interior apresentaram baixos níveis de acertos, e mais preocupante é que, 15 dos 34 alunos aqui indagados não consideram o processo de derretimento de um cubo de gelo no solo de Fortaleza e tampouco o processo de não derretimento do cubo de gelo ao solo da Antártida como sendo fenômenos espontâneos.

Dos 83 de alunos indagados, 40 deles responderam que ambos os processos ocorrem de forma espontânea. Entretanto, 21 deles (25,31%) acreditam que nenhum dos processos é espontâneo, e um percentual de 18,07% acreditam que apenas o primeiro processo ocorra espontaneamente. Os alunos da Licenciatura da Capital apresentaram resultados consideravelmente melhores que os alunos do Interior neste item.

A última questão mostra que o processo de elevação de certa massa de água é compreendido de forma satisfatória, como sendo um processo que não ocorre de forma espontânea, tanto pelos alunos da Capital quanto pelos alunos do Interior. Do total de alunos que participaram deste questionário, 74 deles acertaram ao questionamento.

Na questão subjetiva do primeiro questionário foram encontradas algumas respostas mais bem formuladas, contudo, a maioria ainda engloba concepções errôneas ou com fortes conotações de senso comum. Dos oitenta e três (83) alunos investigados três não responderam ao questionamento e foram agrupados na Categoria D (FIGURA 3).

FIGURA 3 – Distribuição das Respostas em função das Categorias (Licenciaturas em Química)

Categoria	Número de Respostas	% de Respostas
A (Senso Comum)	65	78,31
B (Termos científicos inadequados)	9	10,84
C (Resposta Correta)	6	7,23
D (Em Branco)	3	3,62

Fonte: Próprio Autor

Um total de 65 alunos (78,31%) tiveram suas respostas agrupadas na Categoria A, neste grupo encontramos respostas que descrevem um fenômeno espontâneo como: aquele que acontece de forma natural, sem interferência externa, acontece por si só, como podemos perceber no relato dos alunos.

*“Fenômeno na qual ocorre de forma natural de acordo com as leis químicas, físicas ou biológicas”.*

Aluno da Licenciatura 1

*“Espontâneo é que ocorre sem ajuda humana, simplesmente de forma natural, pelos efeitos do ambiente no qual encontra-se, adaptando-se”.*

Aluno da Licenciatura 2

Na Categoria B foram enquadradas nove (10,84%) respostas, que trazem termos mais científicos como equilíbrio, matéria, mudança de estado, gradiente de concentração. Entretanto, as afirmativas não estão de acordo com o conceito adequado de espontaneidade.

*“Tudo aquilo que irá entrar em equilíbrio ao meio. É caracterizado de forma natural”.*

Aluno da Licenciatura 1

*“Fenômeno espontâneo ocorre continuamente após receber uma energia inicial, chamada de energia de ativação”.*

Aluno da Licenciatura 2

Apenas seis respostas (7,23%) foram classificadas na Categoria C, um percentual muito baixo de alunos que responderam de forma adequada ao questionamento realizado. O que é perceptível ao observarmos os resultados do segundo questionário.

*“É todo fenômeno que não precisa de energia para que ele ocorra”.*

Aluno da Licenciatura 1

*“O que ocorre sem a necessidade de energia externa. Não requer energia para ocorrer”.*

Aluno da Licenciatura 2

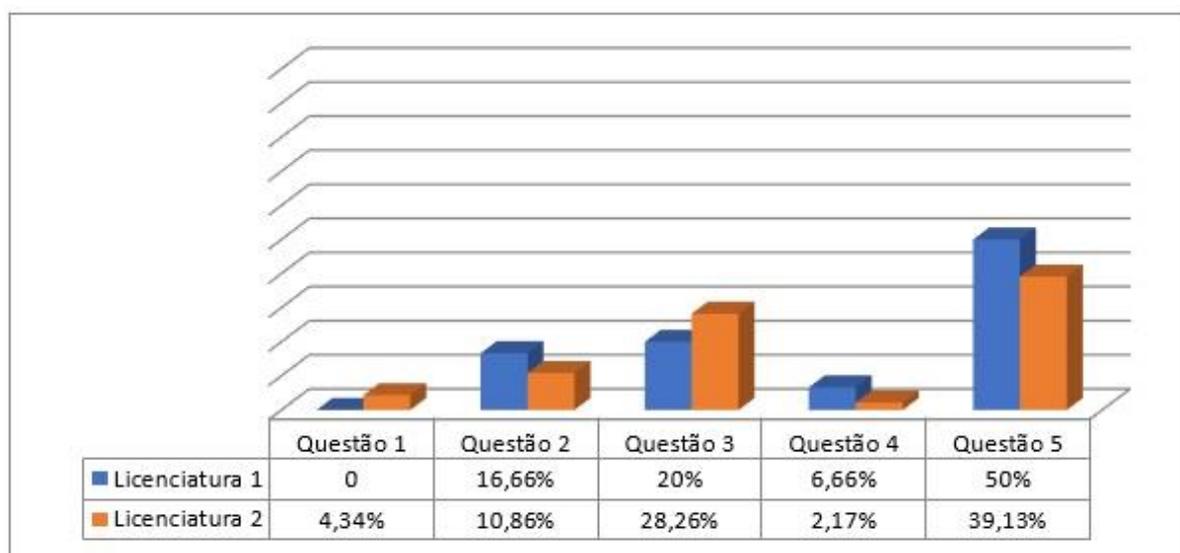
Em relação ao primeiro questionário aplicado, na primeira e quinta questão objetiva altos índices de acertos foram observados, e na terceira e quarta questão foram observadas as principais dúvidas e erros dos alunos. Os processos de transferência espontânea de calor entre corpos de temperaturas diferentes e o processo não espontâneo de elevação de uma massa de água são bem compreendidos pelos alunos.

Contudo, o processo de oxidação de um metal exposto ao ambiente e o comportamento de uma mistura gasosa ainda causam confusões e equívocos nos alunos. A quarta questão, poderia ser analisada como um indício da importância do ensino contextualizado, pois alunos tendem a associar apenas o primeiro processo (o derretimento do cubo de gelo no solo de Fortaleza) como sendo espontâneo, enquanto o não derretimento do cubo de gelo no solo da Antártida apesar de também ser

um fenômeno espontâneo, não é compreendido por um percentual considerável dos alunos. Esses resultados ratificam a hipótese de que o primeiro questionário foi respondido pelos alunos com base nas vivências cotidianas e utilizando-se do senso comum.

A partir dos dados obtidos no segundo questionário (FIGURA 4) percebe-se que mesmo após os alunos passarem pelos exames de admissão para ingresso no Ensino Superior, estes não possuem o conhecimento consolidado em Química sobre o fator determinante da espontaneidade de um fenômeno. O índice de acertos é menor que trinta por cento (30%) na maioria das questões abordadas.

Figura 4 – Distribuição Percentual de Acertos dos Estudantes das Licenciaturas em Química 1 e 2 em relação ao Questionário 2



Fonte: Próprio Autor

Na primeira questão, apesar dos índices satisfatórios de acertos no primeiro questionário, quando é perguntado aos alunos qual o fator responsável pela troca de calor entre os corpos de diferentes temperaturas, 37 dos 76 alunos associaram este processo ao fator temperatura, seguido de 25 alunos que acreditam que esse processo é determinado pelo fator entalpia. Apenas dois alunos da Licenciatura da Capital acertaram ao questionamento e nenhum aluno da Licenciatura do Interior considerou a energia de Gibbs como fator determinante para a ocorrência espontânea deste fenômeno.

A segunda questão aborda o processo de dissolução de um soluto em água, neste quesito há quase um empate entre as opiniões dos alunos. A maioria (28,95%) afirma que o processo é determinado pelo fator entropia, enquanto 26,31% afirmam que é a entalpia que governa o fenômeno, enquanto 16 alunos afirmaram não saber a resposta deste item. A energia de Gibbs foi citada por 10 alunos, 13,15%, do total sendo a quarta opção mais citada. A entropia, apesar de ser o fator preponderante para decidir o sentido de um processo espontâneo, não pode ser considerada a opção correta para esta questão, pois não há informações se o processo ocorre em um sistema isolado, com isto o verdadeiro fator que irá decidir se o fenômeno ocorre espontaneamente é a energia de Gibbs.

Na terceira questão os resultados se mostram similares aos da questão anterior, a maioria dos alunos citam que o fator responsável pelo processo é a entropia (34,21%), seguido da energia de Gibbs (25%) sendo interessante ressaltar que 15,79% dos alunos afirmam não saber qual o fator que determina o processo como sendo espontâneo. Apenas cinco alunos dos 30 da Licenciatura do Interior afirmam que o processo espontâneo de oxidação de um metal exposto ao ambiente é governado pela energia de Gibbs.

A quarta questão apresenta resultados muito abaixo do satisfatório, apenas um aluno da Licenciatura da Capital e dois alunos da Licenciatura do Interior dentre 76 alunos, responderam

corretamente. Novamente a maioria dos alunos (72,37%) associaram os fenômenos apresentados à temperatura do sistema. A opção energia de Gibbs foi apenas à quarta opção dos alunos.

Na questão cinco (5), quando questionado aos alunos o fator decisivo para que um evento ocorra espontaneamente no máximo cinquenta por cento dos alunos (50%) optaram pelo fator correto. A opção energia de Gibbs foi a mais citada pelos alunos, seguida pela opção entalpia e pela opção não sei. Os alunos conseguem determinar o sentido espontâneo de um fato, porém não conseguem associar essa espontaneidade à função de Gibbs.

Ainda que a energia de Gibbs tenha sido citada pela maioria dos alunos como fator determinante para um processo ocorrer de forma espontânea, esse conhecimento não é observável nos outros itens do questionário, pois em nenhuma das outras quatro questões a energia de Gibbs foi a mais citada. Na verdade, a temperatura e a entropia foram as mais citadas nos outros itens dos questionários, além disso, o fator entalpia aparece como o segundo mais citado em quatro das cinco questões, o que evidencia que os alunos acreditam que a entalpia seja um fator preponderante para um processo espontâneo.

Diversos trabalhos descrevem as dificuldades de aprendizagem dos alunos com relação à Termodinâmica, mesmo após ser vista várias vezes ainda é um conteúdo que apresenta entraves na compreensão. Segundo Hassan e Mat (2005) os estudantes mesmo após a instrução retêm concepções errôneas sobre os princípios termodinâmicos.

Estudos de Patron (1997), Junglas (2006), Anderson et al (2005), Meltzer (2004), Cotignola et al (2002) afirmam que os alunos possuem concepções erradas sobre conceitos básicos, tais como: calor, trabalho, energia interna, entalpia, entropia, leis da termodinâmica e suas aplicações concretas.

Ou seja, o reflexo da não abordagem destes temas de maneira adequada desde o Ensino Médio pode ser perceptível nos alunos da graduação, com baixos índices de aprovação nas disciplinas de Físico-Química. Jonassen (2009) cita que o antídoto para esta realidade é o envolvimento dos alunos em atividades construtivistas, intencionais, cooperativas e realizadas em grupos. Essas atividades desenvolvem ambientes de aprendizagem onde são focalizadas a exploração, reflexão e articulação de conteúdo.

## **Considerações Finais**

A partir dos questionários aplicados foi evidenciado que os alunos conseguem com relativa facilidade compreender o sentido espontâneo de diversos processos cotidianos (Questionário 1), entretanto foi perceptível que à medida que o fenômeno apresentado se distanciava do seu cotidiano, confusões e equívocos surgiam nas respostas dos alunos. Ao se analisar as respostas subjetivas dos alunos constatou-se que a descrição de um fenômeno espontâneo dada pelos alunos é predominantemente ligada ao senso comum e não ao conhecimento cientificamente adequado.

A alfabetização científica segundo Chassot (2003) pode ser a ponte que transformará o senso comum em conhecimento científico, possibilitando aos alunos uma visão ampla e adequada das transformações que ocorrem ao seu redor. O que está de acordo com os preceitos estabelecidos nos documentos do MEC, onde o ensino de Química não deve ser apenas pautado nos conteúdos, mas visando acima de tudo a formação de um cidadão crítico e reflexivo acerca dos processos científicos e tecnológicos atuais.

Dos resultados obtidos no segundo questionário verificou-se que quando os alunos são indagados sobre qual o fator que é responsável pela ocorrência de um processo de forma espontânea, diversos equívocos são apresentados. O que nos mostra que os alunos não possuem um conhecimento sólido acerca dos fatores que regem a espontaneidade de um processo físico ou químico.

Segundo Viennot (1998) a persistência de equívocos conceituais pode estar associada às suas concepções prévias, que por sua vez pode ser relacionada à evolução dos conceitos científicos.

Uma possível causa para esse quadro apresentado é o fato de que os livros didáticos de Química que são atualmente recomendados pelo Ministério da Educação em sua maioria não abordam de forma adequada o conteúdo espontaneidade, não citando as funções termodinâmicas entropia e energia de Gibbs como os fatores que indicam adequadamente se um determinado fenômeno ocorre ou não espontaneamente.

## Referências

- ANDERSON, E.E; TARABAN, R; M. P. SHARMA, M.P. **Implementing and assessing computer-based active learning materials in introductory thermodynamics**. Int. J. of Engineering Education, 21, (6) 1168-1176, 2005.
- ALONSO, M. & FINN, E. **An Integrated Approach to Thermodynamics in the Introductory Physics Course**, *The Physics Teacher* **33**, 296–310, 1995.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1997
- BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN<sup>+</sup>) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.
- CHASSOT, A.I. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**, Revista Brasileira de Educação, n° 22, p.89-100, 2003.
- COTIGNOLA, M.I; BORDOGNA. C; PUNTE, G; CAPPANNINI, O.M. **Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of this Field?** Science & Education 11: 279–291, 2002.
- DINIZ, R.E.S. **Concepções e práticas pedagógicas do professor de ciências**. 4a reimp. In: NARDI, R.(org.) **Questões Atuais no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras Editora, pp.27- 33, 2005 (Educação para a ciência).
- GUNTHER, H. **Como elaborar um Questionário (Série: Planejamento de Pesquisas nas Ciências Sociais) N° 1**, UNB, Brasília, 2003.
- HASSAN, O; MAT, R. **A Comparative Study of Two Different Approaches in Teaching Thermodynamics**. 2005 Regional Conference on Engineering Education. Johor. 2005.
- JONASSEN, D.H, **Constructivist learning environments on the web: Engaging students in meaningful learning**. Pennsylvania State University. 2009
- JUNGLAS, P. **Simulation programs for teaching thermodynamics**, Global J. of Engineering Education, 10, (2) 175-180, 2006.
- LEFF, H. & MALLINCKRODT, J. **Stopping Objects with Zero External Work: Mechanics Meets Thermodynamics**, *Am. J. Phys.* 61, 121–127, 1993.
- LE MARECHAL, J.F; BILANI R., **Teaching and Learning Chemical Thermodynamics in School**, International Journal of Thermodynamics, Vol. 11 (No. 2), pp. 91-99, Junho 2008.
- MELTZER, D.E. **Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course**, *Am. J. Phys.* 72 (11) 1432-1446, 2004.
- MORTIMER, E. F. **Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n.1, 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 20/07/2014.

OLIVEIRA, Bruno P. de; FECHINE, Pierre B. A; ROMERO, F. Belmino; SOARES, A. Cury (2019)

PATRON, F. **Conceptual understanding of thermodynamics: A Study of undergraduate and graduate students**. Ph.D Thesis, Purdue University, 1997.

SANTOS, M. E. V. M. **A cidadania na “voz” dos manuais escolares**. Porto: Livros Horizonte, 2001.

SOMMER, B; SOMMER, R. **A practical guide to behavior research: Tools and techniques**. 4 ed. Oxford U Press. Nova Iorque, 1997.

TABER, K. S. **Chemistry lessons for universities? a review of constructivist ideas**. University Chemistry Education, v. 4, n. 2, pp. 63-72, 2000.

VIENNOT, L. **Experimental Facts and Ways of Reasoning in Thermodynamics: Learners' Common Approach**, in A Tiberghien, E.L. Jossem and J. Barojas (eds.), *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*, The International Commission on Physics Education, 1998.

ANEXO A - QUESTIONÁRIO 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
MESTRADO EM QUÍMICA

45

Proposta de Questionário

1. Quando dois corpos de diferentes temperaturas entram em contato o que se observa é que as temperaturas dos corpos mudam até um ponto que irão entrar em equilíbrio. Você considera esse fenômeno espontâneo?  
( ) Sim      ( ) Não      ( ) Não sei
2. Um prego exposto ao ambiente acaba enferrujando. Você considera esse processo como espontâneo?  
( ) Sim      ( ) Não      ( ) Não sei
3. A sua sala de aula contém o ar que é composto de diferentes gases, como oxigênio, nitrogênio e outros, que estão misturados formando uma solução gasosa. A separação destes gases em um canto da sala é um fenômeno espontâneo?  
( ) Sim      ( ) Não      ( ) Não sei
4. Um cubo de gelo deixado no solo de Fortaleza derrete, porém o mesmo cubo de gelo deixado no solo da Antártida não derrete. Qual (is) processo (os) é (são) espontâneo?  
( ) o primeiro      ( ) o segundo      ( ) os dois      ( ) nenhum
5. A água contida numa represa que está situada no alto de morro irá descer caso a represa arrombe. É possível espontaneamente a água voltar a represa?  
( ) Sim      ( ) Não      ( ) Não sei
6. O que você considera um fenômeno espontâneo e como caracterizá-lo?

---

---

---

---

ANEXO B - QUESTIONÁRIO 2



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
MESTRADO EM QUÍMICA

46

Proposta de Questionário

**Para cada questão assinale o fator responsável pelo fenômeno descrito nas afirmações.**

1. Quando dois corpos de diferentes temperaturas entram em contato o que se observa é que as temperaturas dos corpos mudam até um ponto que irão entrar em equilíbrio.  
 Pressão  Temperatura  Entalpia  Entropia  Energia Livre  
 Não sei
2. Quando colocamos uma pequena quantidade de soluto em água, por exemplo, cloreto de sódio, veremos que o soluto se dissolve na água.  
 Pressão  Temperatura  Entalpia  Entropia  Energia Livre  
 Não sei
3. Ao deixarmos um metal exposto ao ambiente vemos que o mesmo sofre oxidação, porém um metal enferrujado não retorna ao seu estado inicial.  
 Pressão  Temperatura  Entalpia  Entropia  Energia Livre  
 Não sei
4. Um cubo de gelo deixado no solo de Fortaleza derrete, porém o mesmo cubo de gelo deixado no solo da Antártida não derrete.  
 Pressão  Temperatura  Entalpia  Entropia  Energia Livre  
 Não sei
5. Um processo espontâneo é aquele que possui um sentido natural enquanto um processo que ocorre no sentido contrário é denominado não espontâneo. Qual fator é responsável pela espontaneidade de um fenômeno?  
 Pressão  Temperatura  Entalpia  Entropia  Energia Livre  
 Não sei